

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



**Efecto del empleo de BESS en centrales solares fotovoltaicas  
en la dinámica del sistema de generación de energía del Perú**

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

**AUTORES:**

Bach. Delgado Vásquez, Hamer Yorly  
Bach. Casahuaman Ángeles, Harold Klein

**ASESOR:**

Mg. Guevara Chinchayan, Robert Fabian  
DNI 32788460  
Código ORCID: 0000-0002-3579-3771

**Nuevo Chimbote-Perú**

**2025**

**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 a los objetivos propuestos y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadrado con las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D: N°580-2022-CU-R-UNS) según la denominación siguiente

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

**Efecto del empleo de BESS en centrales solares fotovoltaicas en la dinámica  
del sistema de generación de energía del Perú**

**AUTORES :**

Bach. Delgado Vásquez, Hamer Yorly  
Bach. Casahuaman Ángeles, Harold Klein

-----  
Mg. Guevara Chinchayan, Robert Fabian  
DNI 327888460  
Código ORCID: 0000-0002-3579-3771



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA E.P. INGENIERÍA EN ENERGÍA

## ACTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

El presente jurado evaluador da la conformidad del presente informe, desarrollado en el cumplimiento del objetivo propuesto y presentado conforme al reglamento General para obtener el grado Académico de Bachiller y Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D N°580-2022-CU-R-UNS); titulado:

Efecto del empleo de BESS en centrales solares fotovoltaicas en la  
dinámica del sistema de generación de energía del Perú

Autores:

Bach. Delgado Vásquez, Hamer Yorly  
Bach. Casahuaman Ángeles, Harold Klein

Revisado y evaluado por el siguiente Jurado Evaluador.

  
.....  
MSc. Calderon Torres, Hugo Rolando  
Presidente  
Código ORCID: 0000-0002-0210-5565  
DNI 32913914

  
.....  
Dr. Aranguri Cayetano, Denis Javier  
Secretario  
DNI 42008679  
Código ORCID: 0000-0002-6119-2072

  
.....  
Mg. Guevara Chinchayán, Robert Fabian  
Integrante  
DNI 32788460  
Código ORCID: 0000-0002- 3579-3771

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 12:00 p.m. del día viernes 03 del mes de enero del año dos mil veinticinco, en el Aula E-3 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, en cumplimiento al Art. 68 del Reglamento General de Grados y Títulos, aprobado con Resolución N° 337-2024-CU-R-UNS de fecha 12.04.24, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 801-2024-UNS-CFI de fecha 05.12.24, integrado por los siguientes docentes:

- M.Sc. Hugo Rolando Calderon Torres : Presidente
- Dr. Denis Javier Aranguri Cayetano : Secretario
- Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayan : Integrante

Y según la Resolución Decanal N° 001-2025-UNS-FI de fecha 03.01.25, se **DECLARA EXPEDITO** al bachiller para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis, titulada: **“EFECTO DEL EMPLEO DE BESS EN CENTRALES SOLARES FOTOVOLTAICAS EN LA DINÁMICA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA DEL PERÚ”** perteneciente a los bachilleres: **DELGADO VÁSQUEZ HAMER YORLY** con código de matrícula N° 0201411001 y **CASAHUAMAN ANGELES HAROLD KLEIN** con código de matrícula N° 0201411015 , teniendo como asesor al docente **Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayan**, según Resolución N° 174-2024-UNS-FI de fecha 16.04.24.

Terminada la sustentación del informe de Tesis, 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 73° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
DELGADO VÁSQUEZ HAMER YORLY	17.0	Buena

Siendo las 12:00 pm del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.

  
M.Sc. Hugo Rolando Calderon Torres  
PRESIDENTE

  
Dr. Denis Javier Aranguri Cayetano  
SECRETARIO

  
Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayan  
INTEGRANTE

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 12:00 p.m. del día viernes 03 del mes de enero del año dos mil veinticinco, en el Aula E-3 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, en cumplimiento al Art. 68 del Reglamento General de Grados y Títulos, aprobado con Resolución N° 337-2024-CU-R-UNS de fecha 12.04.24, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 801-2024-UNS-CFI de fecha 05.12.24, integrado por los siguientes docentes:

- M.Sc. Hugo Rolando Calderon Torres : Presidente
- Dr. Denis Javier Aranguri Cayetano : Secretario
- Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayan : Integrante

Y según la Resolución Decanal N° 001-2025-UNS-FI de fecha 03.01.25, se DECLARA EXPEDITO al bachiller para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis, titulada: “EFECTO DEL EMPLEO DE BESS EN CENTRALES SOLARES FOTOVOLTAICAS EN LA DINÁMICA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA DEL PERÚ” perteneciente a los bachilleres: DELGADO VÁSQUEZ HAMER YORLY con código de matrícula N° 0201411001 y CASAHUAMAN ANGELES HAROLD KLEIN con código de matrícula N° 0201411015 , teniendo como asesor al docente Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayan, según Resolución N° 174-2024-UNS-FI de fecha 16.04.24.

Terminada la sustentación del informe de Tesis, 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 73° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
CASAHUAMAN ANGELES HAROLD KLEIN	14.0	Regular

Siendo las 12:00 pm del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.

  
M.Sc. Hugo Rolando Calderon Torres  
PRESIDENTE

  
Dr. Denis Javier Aranguri Cayetano  
SECRETARIO

  
Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán  
INTEGRANTE



## Recibo digital

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

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: **HAMMER DELGADO VASQUEZ**  
Título del ejercicio: **TESIS**  
Título de la entrega: **Efecto del empleo de BESS en centrales solares fotovoltaicas...**  
Nombre del archivo: **TESIS\_CASAHUAMAN\_DELGADO.pdf**  
Tamaño del archivo: **2.75M**  
Total páginas: **163**  
Total de palabras: **45,174**  
Total de caracteres: **203,734**  
Fecha de entrega: **07-ene.-2025 05:47a. m. (UTC-0500)**  
Identificador de la entrega: **2527204827**



## Efecto del empleo de BESS en centrales solares fotovoltaicas en la dinámica del sistema de generación de energía del Perú

### INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.uns.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>7%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.uchile.cl</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.uncp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>www.kin.energy</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>digibuo.uniovi.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>bibdigital.epn.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>bepebblex.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	

## DEDICATORIA

A Dios por ser el artífice de mi vida y guía.  
Con profundo cariño y respeto  
Para mis Padres: Margarita Vásquez Muñoz y  
Luis Delgado Ramírez.  
Por ser siempre mi inspiración  
Para seguir siempre adelante.

H.Y.D.V

## DEDICATORIA

La presente tesis se lo dedicó principalmente a Dios por siempre  
iluminar mi camino.

A mí padre: EFRAÍN AURELIO CASAHUAMAN MARIÑOS, que ha sido un  
pilar fundamental en mi formación como profesional,  
por brindarme la confianza, la oportunidad y recursos para lograrlo.

A mí hija, ARIANA KHALESSY CASAHUAMAN ZAMORANO  
quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme  
y así poder llegar a ser un ejemplo para ella.

Y a todas esas personas que apostaron por mi,  
que confiaron y me apoyaron, muchas gracias.

C.A.H.K

## RECONOCIMIENTO

Agradecimiento a mi asesor Mg. Robert Guevara Chinchayan  
Quien presto la asesoría de alto nivel acorde al presente trabajo de  
investigación.

Un profundo agradecimiento a mis docentes de la Universidad  
Nacional del Santa y de la Escuela de Ingeniería en Energía por sus  
conocimientos brindados durante mi estancia en mi alma mater.

Agradecimiento a mis compañeros de promoción por su amistad y  
cariño de toda la vida.

H.Y.D.V

## RECONOCIMIENTO

Agradecimiento a mi asesor Mg. Robert Fabian Guevara Chinchayan por su asesoría y sus conocimientos, que fueron fundamentales en la culminación de mi tesis.

Agradezco a mis profesores de la Universidad Nacional del Santa y de la Escuela de Ingeniería en Energía por las enseñanzas invaluable, en realizar de mi persona, un profesional para el servicio de mi país.

Para mis compañeros de promoción y de trabajo que de cierta manera contribuyeron con esta investigación.

C.A.H.K

## INDICE GENERAL

### INDICE RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN.	1
1.1	Realidad Problemática	1
1.2	Antecedentes	2
1.3	Justificación	4
1.4	Hipótesis	5
1.5	Objetivos	5
II.	MARCO TEÓRICO.	6
2.1	Centrales fotovoltaicas.	6
2.2	Sistemas BESS	18
2.3	Cobertura de demanda eléctrica	30
2.4	Dinámica del sistema de generación	37
III.	MATERIAL Y MÉTODO	43
3.1	Material	43
3.2	Método	64
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
4.1	Determinación de la energía media almacenada	67
4.2	Desempeño de un BESS para peak shaving	70
4.3	Efecto de la generación de energía en el sistema de generación. Aplicación de peak shaving.	80
4.4	Ventajas de implementación de BESS	102
4.5	Discusión de resultados	103
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
5.1	Conclusiones	105
5.2	Recomendaciones	106
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
VII.	ANEXOS	114

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama unifilar de CSFV formada por 44 grupos de generación (0,44/34,5 V)	9
Figura 2 Curva de generación de energía de Central SFV Rubí	10
Figura 3 Distribución anual acumulada de la radiación solar anual 2023 Central SFV Rubí	11
Figura 4 Factores de planta solar por región de distribución México	12
Figura 5 Diagrama de generación CSFV Moquegua 2106.2021	14
Figura 6 Comportamiento de Inversión (U\$/kW) Centrales SFV Perú	17
Figura 7 Comportamiento de Costos de operación (U\$/MWh) Centrales SFV Perú	18
Figura 8 Sistemas BESS -Empresa ENGIE 26 MW	20
Figura 9 Sistemas BESS con equipos de enlaces	22
Figura 10 Curva de capacidad del inversor SUNGROW SC2000UD-CSFV Salvador 60 MW.	28
Figura 11 Curva de demanda en el sistema eléctrico interconectado nacional	31
Figura 12 Resumen de aplicaciones BESS en cobertura de energía	32
Figura 13 Gestión del peak shaving	33
Figura 14 Peak shaving aplicado a BESS	35
Figura 15 Peak shaving aplicado a operaciones en horas punta	36
Figura 16 Comparación de Costo Nivelado de Almacenamiento BESS 2024	37
Figura 17 Esquema de líquidos de ingresos de un RER	39
Figura 18 Distribución de módulos FV de Central Solar Rubí	43
Figura 19 Diagrama unifilar Central Solar Rubí	44
Figura 20 Diagrama de carga 03.02.2024 Central Solar Rubí	44
Figura 21 Esquema de distribución de módulos Central Solar Intipampa	45
Figura 22 Diagrama unifilar Central Solar Intipampa	46
Figura 23 Diagrama de carga típico 01.02.2024 Central Solar Intipampa	46
Figura 24 Esquema de distribución de módulos Central Solar Moquegua FV	47
Figura 25 Diagrama unifilar Central Solar Moquegua FV	48
Figura 26 Diagrama de carga 03.02.2024 Central Solar Moquegua FV	48
Figura 27 Instalación de seguidor solar Central Panamericana Solar	49
Figura 28 Diagrama unifilar Central Panamericana Solar	50
Figura 29 Diagrama de carga de Central 03.02.2024 Panamericana Solar	50

Figura 30 Vista panorámica Central Majes Solar 20T	51
Figura 31 Diagrama unifilar Central Majes Solar 20T	52
Figura 32 Diagrama de carga 01.02.2024 Central Majes Solar 20T	52
Figura 33 Vista panorámica Central Tacna Solar	53
Figura 34 Diagrama unifilar Central Tacna Solar	54
Figura 35 Diagrama de carga 04.02.2024 Central Tacna Solar	54
Figura 36 Vista panorámica Central Solar Repartición 20T	55
Figura 37 Diagrama unifilar Central Solar Repartición 20T	56
Figura 38 Diagrama de carga 02.02.2024 Central Solar Repartición 20T	56
Figura 39 Vista panorámica Central Solar Clemesi	57
Figura 40 Diagrama unifilar Central Solar Clemesi	58
Figura 41 Diagrama de carga 01.02.2024 Central Solar Clemesi	58
Figura 42 Resultados estadísticos de la operación de Central Solar Intipampa	67
Figura 43 Histograma de la información de generación de la Central Solar Intipampa	68
Figura 44 Despacho de generación de BESS en horas de máxima demanda del 07.02.2024. Caso: Generación mínima.	83
Figura 45 Despacho de generación de BESS en horas de máxima demanda del 07.02.2024. Caso: Generación percentil P5.	85
Figura 46 Despacho de generación de BESS en horas de máxima demanda del 07.02.2024. Caso: Generación cuartil Q1	87
Figura 47 Despacho de generación de BESS en horas de máxima demanda del 07.02.2024. Caso: Generación Mediana	89
Figura 48 Análisis de la dinámica de la generación -Mes noviembre 2023	90
Figura 49 Análisis de la dinámica de la generación -Mes diciembre 2023	91
Figura 50 Análisis de la dinámica de la generación -Mes enero 2024	92
Figura 51 Análisis de la dinámica de la generación -Mes marzo 2024	93
Figura 52 Análisis de la dinámica de la generación -Mes abril 2024	94
Figura 53 Análisis de la dinámica de la generación -Mes mayo 2024	95
Figura 54 Análisis de la dinámica de la generación -Mes junio 2024	96
Figura 55 Análisis de la dinámica de la generación -Mes julio 2024	97
Figura 56 Análisis de la dinámica de la generación -Mes agosto 2024	98
Figura 57 Análisis de la dinámica de la generación -Mes setiembre 2024	99
Figura 58 Análisis de la dinámica de la generación -Mes octubre 2024	100

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tecnologías de Ion Litio, más empleadas en BESS	27
Tabla 2 Características técnicas de la Central Solar Rubí	43
Tabla 3 Características técnicas de la Central Solar Intipampa	45
Tabla 4 Características técnicas de la Central Solar Moquegua FV	47
Tabla 5 Características técnicas de la Central Panamericana Solar	49
Tabla 6 Características técnicas de la Central Majes Solar 20T	51
Tabla 7 Características técnicas de la Central Tacna Solar	53
Tabla 8 Características técnicas de la Central Solar Repartición 20T	55
Tabla 9 Características técnicas de la Central Solar Clemesi	57
Tabla 10 Evolución histórica de la máxima demanda SEIN (MW)	59
Tabla 11 Evolución de la generación de energía SEIN (GWh)	60
Tabla 12 Centrales de Generación RER conformantes del SEIN	61
Tabla 13 Centrales Hidroeléctricas pertenecientes al SEIN	62
Tabla 14 Centrales Termoeléctricas pertenecientes al SEIN	64
Tabla 15 Análisis estadístico descriptivo	70
Tabla 16 Energía por almacenar (MWh/día)	70
Tabla 17 Características de los sistemas de almacenamiento -Caso: Generación mínima	76
Tabla 18 Características de los sistemas de almacenamiento -Caso: Generación de energía según P5	77
Tabla 19 Características de los sistemas de almacenamiento -Caso: Generación de energía según Q1	78
Tabla 20 Características de los sistemas de almacenamiento -Caso: Generación de energía según la mediana	79
Tabla 21 Fecha de máxima demanda en SEIN (2023-2024)	80
Tabla 22 Contribución de recurso energético en las horas de máxima demanda 07.02.2024	81
Tabla 23 Orden de cobertura de Centrales Termoeléctricas que operaron en la hora de máxima demanda del 07.02.2024	81
Tabla 24 Contribución de recurso energético en las horas de máxima demanda 07.02.2024-Caso Generación mínima	82
Tabla 25 Contribución de recurso energético en las horas de máxima demanda 07.02.2024-Caso Generación percentil P5	84

Tabla 26 Contribución de recurso energético en las horas de máxima demanda 07.02.2024-Caso Generación cuartil Q1	86
Tabla 26 Contribución de recurso energético en las horas de máxima demanda 07.02.2024-Caso Generación con el valor de la mediana	88
Tabla 27 Resumen-Efecto de la inyección de los BESS en el mercado de generación	101
Tabla 28 Resumen-Potencia de inyección de los BESS en el mercado de generación para potencia firme	103

## RESUMEN

En nuestro país las centrales solares fotovoltaicas no operan durante las horas de máxima demanda del sistema eléctrico interconectado nacional, debido a la ausencia del recurso energético en las horas nocturnas del día, lo cual agrava su remuneración al no compensarse por potencia firme. Los sistemas de almacenamiento BESS se han implementado en el país como sistema complementario para regulación de frecuencia y aun no se emplean para peak shaving o cobertura de la demanda.

Se cuenta con una muestra de 8 centrales solares fotovoltaicas que suman una potencia efectiva 396,8 MW siendo la de mayor capacidad del Central Solar Rubí y la de menor capacidad la central solar Moquegua FV, concentrándose entre los departamentos de Arequipa, Tacna y Moquegua. Se plantea almacenar energía eléctrica en forma parcial, para lo cual se han elaborado cuatro casos de estudio, siendo uno de ellos, toma como referencia para el dimensionamiento del Sistema BESS al día de menor generación.

Se evaluó el desempeño de las centrales solares fotovoltaicas almacenando e inyectando energía al SEIN en horas de máxima demanda, donde en el caso del día histórico de máxima demanda que es el 7 de febrero del SEIN el cual presenta una máxima demanda de 7 762 MW, de las cuales 2 963,75 MW son cubiertas por centrales termoeléctricas con gas natural. Para el primer caso, la inserción de 224,798 MW con una energía de 1 123,99 MWh, desplazan de la cobertura de máxima demanda a la Central CC Chilca 1 que operaba en ciclo simple con 2 turbinas de gas. Del mismo modo el costo de generación del mes de febrero disminuye de 43,82 U\$/MWh a 42,82 U\$/MWh.

**PALABRA CLAVE:** Sistema de Almacenamiento, Cobertura de demanda, Central Fotovoltaica.

## ABSTRACT

In our country photovoltaic solar power plants do not operate during peak demand hours of the national interconnected electricity system, due to the absence of energy resource during the night hours of the day, which aggravates their remuneration by not compensating them for firm power. The BESS storage systems have been implemented in the country as a complementary system for frequency regulation and yet they are not employed for peak shaving or demand hedging.

It has a sample of 8 photovoltaic solar power plants totaling an effective power of 396.8 MW being the largest capacity of the Rubi Solar Power Plant and the smallest capacity of the Moquegua FV solar power plant, concentrated between the departments of Arequipa, Tacna and Moquegua. It is proposed to store electrical energy in partial form, for which four case studies have been developed, being one of them, takes as a reference for the sizing of the BESS System to the day of lower generation.

The performance of photovoltaic solar power plants storing and injecting energy into the SEIN during peak demand hours was evaluated, where in the case of the historical peak demand day which is February 7 of the SEIN which presents a peak demand of 7 762 MW, of which 2,963.75 MW are covered by natural gas-fired thermoelectric power plants. For the first case, the insertion of 224.798 MW with an energy of 1 123.99 MWh, displace from maximum demand coverage to Chilca 1 DC Power Plant which operated in simple cycle with 2 gas turbines. Similarly the generation cost for the month of February decreases from U\$43.82/MWh to U\$42.82/MWh.

**KEYWORDS:** Storage System, Demanded Coverage, Photovoltaic Power Plant.

## **I. INTRODUCCIÓN.**

### **1.1 Realidad problemática**

Actualmente el mundo pasa por un grave problema con respecto a su situación energética: por un lado, cada día crece más la demanda energética aparte, existe una mayor demanda de energía eléctrica y, por otra parte, las fuentes de energía convencionales presentan en su mayor parte recursos limitados y su empleo este asociado a la contaminación del medio ambiente. El crecimiento poblacional y económico implica día a día un mayor consumo energético y las fuentes convencionales empleadas derivados de los hidrocarburos, tiene efectos negativos a la salud y al ecosistema. (Pinilla, 2019), Según Maza & Pérez (2021) las centrales solares fotovoltaicas a nivel mundial están limitadas en una operación durante las horas diurnas, con dependencia de las horas sol diarias, contribuyendo en abastecer la demanda de electricidad en horas en las cuales la demanda de energía es inferior a las máximas demandas en horas de la noche dentro del sistema eléctrico peruano. En las horas punta, las centrales térmicas con gas natural operan en periodos de alta demanda, en la cual su costo de operación representa el costo de la generación de la energía en el SEIN, con precios entre 42-38 U\$/MWh. En este caso el costo de la generación de energía es función del costo total de operación de la última central en entrar en operación al 100% de su capacidad.

Temple, J. (2019) las centrales solares y eólicas representan ser fuentes de energía barata, limpia y segura, pero solo hasta que desaparece la luz solar quedando fuera de servicio las centrales solares fotovoltaicas y hasta que varíe la velocidad y dirección del viento, lo cual afecta a la estabilidad de la generación de las centrales eólicas. Esta particularidad de indisponibilidad afecta a su garantía de generación llamada potencia firme. Se esperaba que ambas podrían contribuir en el abatimiento de los picos de demanda nocturno o periodos diurnos de máxima demanda en los cuales se incrementa los costos por efecto de las centrales termoeléctricas, pero hasta ahora no cumplen con las expectativas.

La existencia de tecnologías de almacenamiento en reciente uso, derivado del incremento de su capacidad se presentan como una posible alternativa para poder almacenar energía e inyectarla en horas de máxima demanda. Pero aun su uso se ha limitado a la regulación de frecuencia primaria en la cual las centrales de energía deben comprometer hasta el 5% de su capacidad de generación para actividades de

regulación, por ejemplo, la central termoeléctrica de Ventanilla destina 9 MW para tales fines.

Según lo considerado en la realidad problemática se plantea lo siguiente:

¿Cuál es el efecto del empleo de BESS a implementar en centrales solares fotovoltaicas en la dinámica del sistema de generación de energía del Perú?

## **1.2 Antecedentes:**

Se presentan los antecedentes para el presente informe:

Cherres, A. & Suarez, F. (2022) en su tesis Gestión de la energía con la aplicación de la técnica de Peak Shaving en la empresa “Rhinoplast S.A” Para la universidad Técnica de Cotopaxi en Ecuador concluyen que la técnica del Peak Shaving abarca un amplio de aplicaciones para cubrir picos de máxima demanda o periodos de tiempo que afectan a los costos de generación o de compra de energía para las industrias. Aunque se tiene un esquema tarifario para cada tipo de consumidor, los precios de electricidad no se comparan a los costos de energía producida, por lo tanto la propuesta de "reducción de picos de demanda" empleando sistemas fotovoltaicos tiene como variable principal la potencia límite de almacenamiento, así como los espacios para ubicar las instalaciones dentro de las centrales de generación.

Estrada, L. et al. (2019) en su tesis Diagnóstico, Análisis y Evaluación de los Sistemas de Almacenamiento de Energía con Baterías para su implementación en la regulación primaria de frecuencia para una planta de Ciclo Combinado en el SEIN en la Escuela Superior de Administración de Negocios en Perú, concluyen: el análisis realizado a la operatividad de un BESS para regular la frecuencia primaria permiten cumplir con los compromisos asumidos por las centrales termoeléctricas para el control de la frecuencia como servicio complementario. Se demuestra que un BESS es un componente de alta confiabilidad, más aún se presentan experiencias con grandes resultados en países europeos, Japón y Australia, cuando se utilizan para peak shaving. Guamán, J. (2022) en su tesis Diseño de un sistema “peak shaving” fundamentado energía renovable y almacenamiento en baterías para los usuarios de energía eléctrica en Ecuador, aplicado para un cliente industrial concluye que la propuesta de “peak shaving” con sistemas fotovoltaicos son estrategias viables para reducción de costos de consumo de energía. La optimización del sistema BESS reduce 50% la inversión del proyecto en su etapa primaria y al realizarse teniendo en cuenta la normativa

energética del Ecuador, presenta un periodo de retorno de la inversión en mediano plazo. El sistema permite la disminución de los valores alta demanda, modulando en función a un límite de potencia de consumo fijado para no sobrepasarse.

Gutiérrez, S. & Palacios, J. (2022) en su tesis Reemplazo de una central térmica por una central RER. en el sistema energético del Perú en la Universidad Nacional del Santa, Perú, concluyen que el reemplazo de la operación energética para una central térmica con turbina a gas ciclo simple de 1 038,9 MWh, donde la central solar fotovoltaica inyecta 533,3 MWh a la red reemplazando 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 térmica con turbina a gas. Por otro lado, la restante energía generada por la central solar fotovoltaica se inyecta a la red (489,4 MWh).

Matus, M. (2018) en su tesis Aplicaciones técnicas y económicas de los BESS en centrales eólicas y solares en el sistema energético de Chile en la Universidad de Chile concluye que en Chile se prevé un incremento y promoción de las energías renovables para generación de energía, las que podría producir congestión en las redes de transmisión, incremento de los costos marginales diarios en el mercado spot. Creándose las condiciones para que las unidades de almacenamiento de energía se integren a las centrales convencionales de generación y en los sistemas complementarios. En el mediano plazo entre 2025-2030 se prevé que el porcentaje de participación de los recursos RER será predominante.

Maza, J. & Pérez, M. (2022) en su tesis Almacenamiento de energía eléctrica en la central fotovoltaica de Moquegua y su inyección en horas de máxima demanda del SEIN en la Universidad Nacional del Santa, Perú, concluyeron que al dimensionarse el sistema BESS tomando como referencia la mediana de 113,77 MWh. (para la información de junio 2021) con un valor de generación de 20 MW y 138,88 MWh, con lo cual su operación se efectúa según lo establecido por el contrato elaborado en la 2° subasta RER con una generación de energía en periodos de hora de alta demanda de 80 MWh generando una variación de frecuencia de 0,23 % e inyectándose 113,77 MWh con una variación de frecuencia del 0,35 %, con lo cual es necesario aumentar la potencia de su transformador de salida desde 20 a 30 MVA.

Medina, F. (2021) en su tesis Sistema de almacenamiento de energía en batería (BESS) y su efecto en la demanda diaria de electricidad del sistema de distribución SE0062

para la universidad Nacional del Centro concluye que la máxima demanda del sistema eléctrico SE0062 presenta una disminución considerable de la demanda en horas de 17 a 21 horas, que fluctúa desde 33,2 MW previo a instalarse el sistema de almacenamiento, a 25.9 MW después de instalarse el sistema de almacenamiento de energía, la reducción de la máxima demanda es de 7,3 MW, representando una disminución de 28.2% de su capacidad para generación, esto implica menor problemática en la congestión en las redes y reducción de las horas de racionamiento a las que se sometía la red durante las horas punta.

Siddiq, A. (2021) en su tesis Dimensionamiento y optimización de la batería. Sistemas de almacenamiento de energía para plantas de eólicas y energía solar en una distribución red para la Uppsala Universitat en Suecia concluye El objetivo de la tesis es contribuir al estudio del dimensionamiento del BESS en una red de distribución con o sin generación local a partir de plantas de energía eólica y solar. El sistema eléctrico en un proceso de transición, donde las centrales eléctricas convencionales, centralizadas y más grandes son reemplazadas por centrales eléctricas distribuidas más pequeñas y descentralizadas. El uso de combustibles fósiles para la generación de electricidad, que ha provocado el cambio climático y el aumento de la temperatura global en general, ha impulsado el mundo a investigar en busca de soluciones sostenibles. La electrificación de las industrias y de los sistemas de transporte ha aumentado la demanda de producción de electricidad para abastecer las cargas. Las BESS se puede utilizar para mitigar este problema almacenando la electricidad y suministro de red cuando sea necesario.

### **1.3 Justificación:**

Se justifica por lo siguiente:

La transición energética implica un proceso de cambio y compromiso para optar por el consumo de fuentes de energía limpias en reemplazo de las fuentes convencionales de energía derivadas de hidrocarburos, en donde el carbón ha sido retirado del servicio de generación, quedando aun un importante grupo de unidades de energía que operan con gas natural. Durante el proceso de transición se deben insertar progresivamente normas que permitan el ingreso de centrales de generación principalmente eólicas y solares fotovoltaicos. Pero también este proceso implica el empleo aun de gas natural considerado como el insumo energético de la transición energética. El empleo de la

tecnología de BESS para el almacenamiento de energía se emplean actualmente en el mercado de servicios complementarios para regular la frecuencia operativa primaria, estos equipos son muy versátiles y rápidos en su operación y se encuentran inyectando y retirando la energía según el caso.

Actualmente sistemas BESS de alta capacidad de almacenamiento, la cual las centrales solares pueden almacenar su energía generada para poder inyectar en periodos en los cuales se incrementa, con la finalidad de poder desplazar el funcionamiento de las centrales termoeléctricas, con lo cual se reducirían los costos de la energía generando mayor dinamismo al mercado de generación.

Es importante el estudio de los BESS, al ser una tecnología no contaminante durante operación, permite una mayor presencia de energía limpia a un bajo costo, proporcionando estabilidad a las redes de transmisión, reduce costos de generación y mejora la calidad eléctrica para los consumidores.

## **1.5 Hipótesis:**

El empleo de BESS en centrales solares fotovoltaicas permite tener una mayor dinámica del sistema de generación de energía del Perú implementando el peak shaving.

## **1.6 Objetivos:**

### **Objetivo general**

Analizar el efecto de BESS a implementar en centrales solares fotovoltaicas en la dinámica del sistema de generación de energía del Perú.

### **Objetivos específicos:**

- Estimar el valor de la energía almacenada de un BESS según la curva de producción de energía de una central fotovoltaica.
- Evaluar el desempeño de un BESS en una central solar fotovoltaica con la implementación de un peak shaving.
- Determinar el efecto de los BESS sobre la reducción de costos de generación en el mercado eléctrico peruano.
- Establecer las ventajas de implementar sistemas BESS en centrales solares fotovoltaicas.

## **II. MARCO TEÓRICO.**

### **2.1 Centrales fotovoltaicas.**

El planeamiento y funcionalidad de un sistema eléctrico de generación es el resultado de un conjunto de decisiones, que se planifican primero para el largo plazo (incremento de la capacidad, contratos de combustible), mediano plazo (gestión hidroeléctrica, programación del mantenimiento preventivo), y corto plazo (operación eficiente de las centrales de energía, reservas de generación) y se hacen efectivas en la operación a tiempo real (operación de generación, regulación de frecuencia, respuesta frente a contingencias). Por lo tanto, el estudio en diversas etapas de planificación es variable, pero tiene como meta la reducción y minimización de los costos que se realizan durante la generación de con calidad, segura y sostenible.

En la operatividad de un sistema eléctrico se tiene como función objetivo minimizar el costo de energía, para lo cual es necesario contar con información de las centrales de energía que relacionen el costo del recurso de energía primaria con su capacidad efectiva en bornes del alternador. Esto incluye un indicador de comportamiento o funciones de costo, así como otras restricciones para la funcionalidad de las unidades de generación y de las líneas de transmisión, lo cual se traduce en la redacción de un grupo de ecuaciones que relaciona sus variables intervinientes, y, dada la naturaleza de las mismas, se busca alcanzar la solución del problema de optimización. (Oyanguren, 2014)

El despacho hidrotérmico involucra la operación conjunta de unidades de generación termoeléctrica como hidráulicas y su operación de despachar es más compleja ya que implica un número alto de restricciones que se toman en consideración para optimizar el despacho. El despacho económico de energía tiene por función cubrir la demanda eléctrica entre todas las centrales de generación presentes, de tal forma que el costo total de generación es el menor posible, implicando el cumplimiento de restricciones tal como periodos de arranque, límite mínimo técnico de generación, disponibilidad de recurso energético, entre otros. (Oyanguren, 2014)

En la generación de energía en nuestro país considera un indicador llamado costo variable total de cada central termoeléctrica en operación. De esta manera las empresas de generación no pueden decidir en qué momento generar, sino que operaran cuando se les

convoque a realizarlo. La entidad a cargo del despacho de energía en el Perú es el COES, para lo cual realiza el ordenamiento de la generación, que según normativa las centrales con recursos energéticos renovables tienen la preferencia en el despacho, seguidas luego de las centrales hidroeléctricas combinado y luego las de ciclo simple) y en último caso ingresan las centrales termoeléctricas que operan con petróleo R500 y las de petróleo diesel DB5. El ordenamiento en función a sus costos variables implica que tendrán prioridad en generación las centrales térmicas de menor costo, lo cual está limitado en algunos casos a alguna contingencia que se presente en la generación. (Dammert, 2021)

La energía solar a partir de la radiación produce calor y energía eléctrica de forma directa. Es un tipo de energía que requiere de sistemas de captación o concentración; debido a su estacionalidad diurna requiere de baterías para operar en horarios nocturnos, donde no existe radiación solar. A través de celdas fotovoltaicas que captan la energía solar en superficies oscuras, y se emplea para el calentamiento del agua, para generación de vapor para la producción de electricidad, transforma la radiación solar en energía eléctrica por medio de células fotovoltaicas. Su principal ventaja es que representa ser una fuente de energía inagotable, sin impacto sobre el medio ambiente, no genera residuos nocivos para el ambiente, presenta una elevada intensidad en las zonas tropicales, precios de Capex bajos en operación, una vez instalada, no presenta dependencia de las empresas distribuidoras y es bajo costo de OPEX. (Oyanguren, 2014)

Se define como Energía Renovable a aquella que se obtiene a través de fuentes naturales inagotables, debido a su alta cantidad de energía que contiene o por ser capaces de regeneración de forma natural. En consideración su grado de despegue tecnológico y según su nivel de ingreso en la matriz de energía en los países, las Energías Renovables se clasifican en Convencionales (que incluye grandes hidroeléctricas y todas las centrales termoeléctricas) y No Convencionales. En estas últimas se ubican las centrales eólicas, solares fotovoltaicos, solares térmicos, geotérmicas de diversas tecnologías, biomasa, RSU y las centrales hidroeléctricas menores a 20 MW de menor impacto. (Decreto Legislativo 1002,2008)

La energía solar es una fuente inagotable que se emplea en diversas formas y aplicaciones. Este tipo de energía se emplea de diversas formas, tanto en la generación de energía

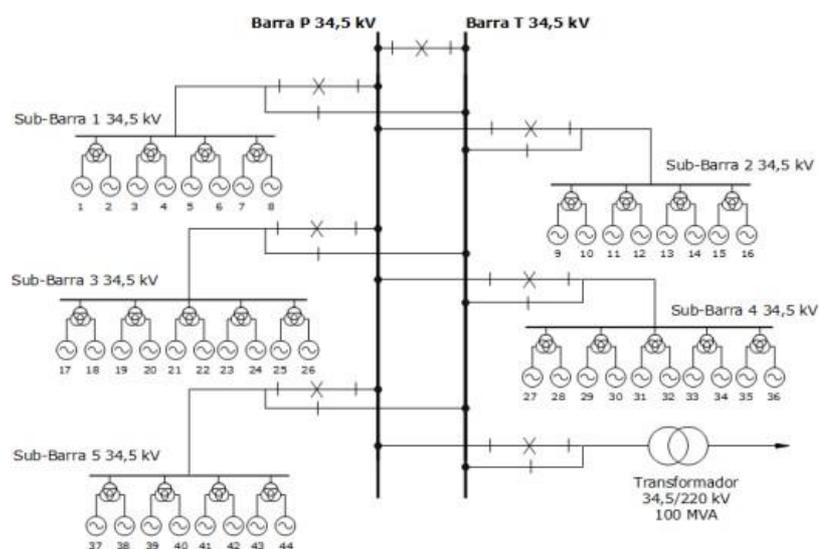
eléctrica para generar energía térmica, pero principalmente en la generación de electricidad, la cual es una tecnología de conversión directa de radiación en electricidad. La energía solar fotovoltaica se fundamenta en la conversión de la radiación solar en electricidad, mediante un efecto fotovoltaico a través de superficies opacas, las cuales su principal componente es el silicio. Las celdas fotovoltaicas se fabrican de materiales semiconductores, y cuando entran en contacto se genera un flujo de electrones. La corriente eléctrica se genera del tipo continuo o directa la que se caracteriza por ser uniforme con respecto al tiempo, esta se transforma a través de inversores en corriente alterna para su empleo. (Gastelbondo, 2019)

Los paneles fotovoltaicos son equipos que están conformados por células solares que tienen 2 placas semiconductoras, tipo N-P, las cuales permiten la transformación de la radiación solar en electricidad. Su fundamento tecnológico es el efecto fotovoltaico, que se define como la capacidad de conversión en electricidad por parte de la energía que los fotones poseen de la radiación solar. El avance tecnológico de los paneles solares depende de las características del material con lo cual se construye una célula fotovoltaica; se han realizado múltiples investigaciones en el área de ciencia de materiales, siendo entre otros el diseleniuro de cobre en indio, el telurio de cadmio, el arseniuro de galio, entre otros materiales de alta capacidad de absorción, quedando el silicio como el material que ha presentado los mejores resultados en cuanto a la producción de energía eléctrica y fácil generación. (Novoa. 2015)

Parque Solar con conexión a la red. Son instalaciones de gran capacidad que aprovechan la energía solar fotovoltaica o radiación solar para poder producir energía eléctrica y es inyectada al sistema principal de electricidad peruano. Estas instalaciones de generación ocupan grandes extensiones de terreno, donde el área a ocupar dependerá de forma principal de su capacidad. Los Parques Solares fotovoltaicas se componen de paneles fotovoltaicos que se configuran en un bus DC común, y por medio de inversores se convierten a corriente alterna y se conectan a un transformador de potencia, que incrementan el voltaje al nivel de transmisión y luego se conecta a la red principal del Perú. (Gastelbondo, 2019)

Figura 1

Diagrama unifilar de CSFV formada por 44 grupos de generacion (0,44/34,5 V)



Nota. Imagen tomada Tesis de Gastelbondo (2019)

En la actualidad, para la generación eléctrica que utiliza como recurso la energía del sol, en el Perú solo considera la instalación de centrales solares las cuales operan primero, cuando la luz solar incide en una célula fotovoltaica de silicio, arseniuro o galio o germanio; luego se producen reacciones químicas que finalmente producen una diferencia de tensión, lo que da paso a la producción de energía eléctrica; ya que esta es generada por una reacción química, la cantidad de tensión de una sola célula es muy pequeña, por lo que se procede a la conexión de celdas en serie para obtener una mayor tensión; la corriente producida es continua, la cual se transforma en alterna para su inyección y su empleo efectivo, para ello se requieren inversores bidireccionales. El principal inconveniente con este tipo de centrales de generación es que no opera durante las horas punta, lo que constituye una limitante muy importante en comparación con otras tecnologías de generación. (Romero, 2021)

En cuanto al estado del arte de la generación en función a tecnología fotovoltaica, se tiene que en muchos países existen sistemas que se encuentran conectados a la red a través de diversas arquitecturas y diversas capacidades, que van desde unos instalaciones desde 100 Wp hasta plantas en MW, ya sea con estructuras estáticas o con seguimiento solar, tanto

de uno como de dos ejes. Las celdas fotovoltaicas de mayor uso son las de tipo Silicio monocristalino y policristalino, siendo una tecnología muy avanzada en materiales y con eficiencias altas con respecto a otras. (Aravena, 2012)

La operación de una Central de Generación Fotovoltaica está directamente relacionada a la disponibilidad del recurso solar, lo cual es horas del día y con el proceso de conversión de energía de la central desde una fuente de energía inicial en otro de nivel secundario. Del mismo modo la eficiencia de planta se obtiene del producto entre las eficiencias de los sistemas que forman parte de las instalaciones de la central de generación de electricidad. Del mismo modo su operación converge a los horarios del día según la disponibilidad de radiación solar en el lugar de instalación de la central solar. Esto último restringe su operación a horas del día. Con factores de carga que varían desde 35 a 28 %. (Gutiérrez & Palacios, 2022)

Figura 2

Curva de generación de energía de Central SFV Rubí



Nota. Imagen obtenida de informe anual 2023 COES-SINAC

El factor de planta o de carga está definida como la relación existente entre la energía real producida durante un período de tiempo, y la energía máxima teórica generada por la central fotovoltaica por el mismo intervalo de tiempo operando a máxima capacidad. (Novoa, 2015)

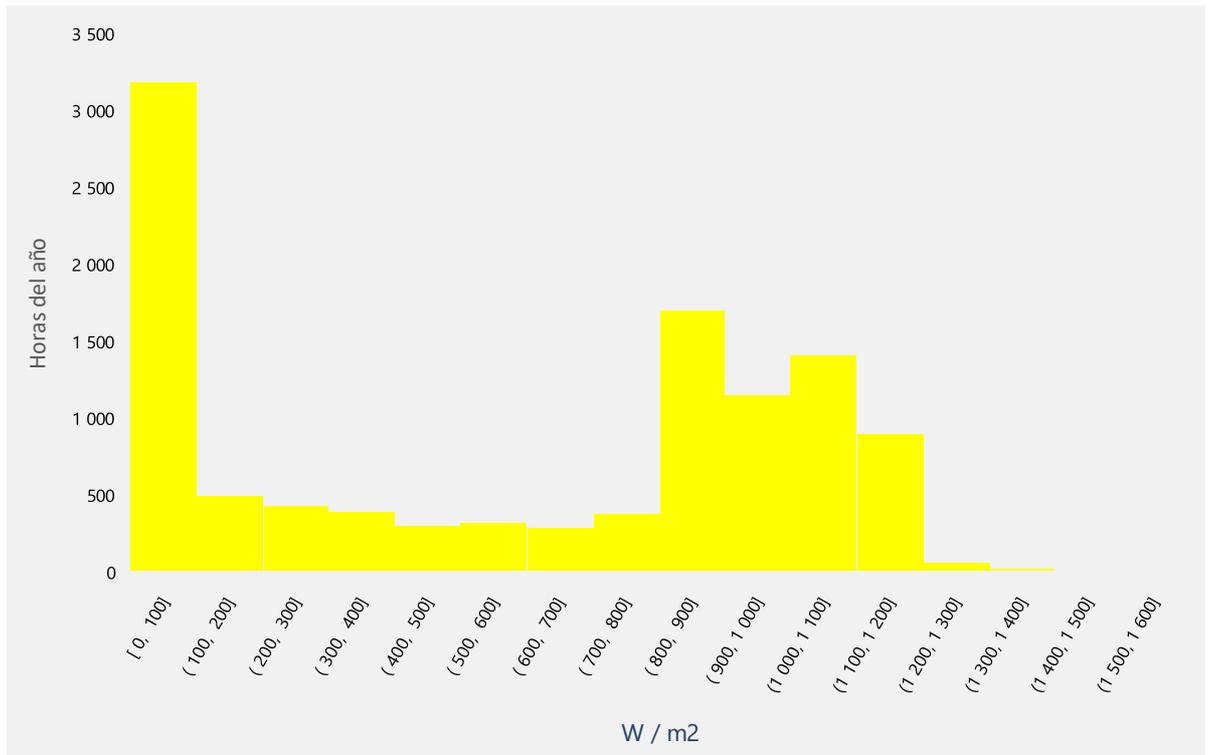
$$F.P = \frac{\text{Energía anual generada (MWh)}}{\text{Potencia efectiva CSFV (MW)} * \text{Total horas año (h)}} * 100\%$$

Un análisis del factor de planta es la siguiente:

- El factor de planta o carga no puede ser mayor a 50% debido a que el recurso solar solo es en horarios diurnos.
- Debido a que la radiancia solar durante el día no es constante, del 50% del factor de planta restante sólo se puede aprovechar el 60% aproximadamente. Con lo cual el factor de planta puede llegar a un valor promedio máximo a 30%. La presencia de nubosidad reduce de forma notable el factor de planta, hasta valores de 15%.
- Para mejorar el factor de planta se selecciona paneles de mejor tecnología y eficiencia, implementación de sistemas de seguimiento solar, realizar labores de operación y mantenimiento con mayor frecuencia. (Novoa, 2015)

Figura 3

*Distribución anual acumulada de la radiación solar anual 2023 Central SFV Rubí*



*Nota.* Imagen obtenida de Informe Anual 2023 COES SINAC.

El factor de planta para centrales fotovoltaicas en España no sobrepasa el 24% para la mayoría de parques solares, siendo el factor de planta un valor preponderante para la disponibilidad y seguridad de la generación, lo cual no es seguro en horas nocturna. Así tenemos un claro ejemplo la Planta Solar Arnedo que con una capacidad de 70 GWh al año opera con un factor de carga promedio de 30% (Aravena, 2012)

En zonas de elevados valores de radiación y con sistemas de seguimiento se alcanzan factores de planta anuales de 30% o mayores. En cambio, un parque solar con paneles fijos alcanza factores de planta anuales del orden del 24%. Mas aun su operación al restringirse a las horas diurnas de mayor concentración de radiación, las excluyen del despacho de generación en horas de máxima demanda. (Núñez, 2015)

Este factor varía en función de la región geográfica en donde se ubique la planta solar. Se presenta el mapa con el factor de planta solar para cada una de las 16 regiones de distribución de México, los cuales oscilan entre 16 a 19,4 %. (Octaviano, et al,2020)

Figura 4

*Factores de planta solar por región de distribución México*



*Nota.* Imagen obtenida de PRODESEN 2019 y factores NREL (Octaviano, et al. 2020)

La producción de energía eléctrica con RER tiene preferencia en el despacho diario realizado por el COES, por lo cual se le considera con costo variable de producción igual a cero, solo para el despacho, lo cual en realidad se cubre a través de la prima de energía RER. (Dammert, 2012)

La determinación geográfica de una planta solar depende de la evaluación de diversos factores como:

- Radiación incidente: Un valor alto de radiación es proporcional a la generación realizada.
- Condiciones del clima del lugar: La mayor hora de horas sol en un año generan una mayor producción de energía solar, en el caso peruano las centrales solares se concentran en los departamentos de Arequipa, Tacna y Moquegua, al existir un mayor número de horas sol al día durante el año, con respecto a otras zonas. Del mismo modo un valor de temperatura ambiental afecta superficialmente al panel solar. Los vientos muy fuertes implican que los seguidores, por seguridad, adopten una posición horizontal reduciéndose la generación de electricidad. Las tormentas de arena y el polvo en suspensión provocan una mayor suciedad sobre los paneles por lo que su producción se reduce. (Aravena, 2012)
- Cercanía a los sistemas de transmisión y zonas de distribución. Es relevante la ubicación de una unidad de generación cerca de redes de transmisión permite una menor pérdida por transmisión por efecto joule con lo cual se reduce el componente del peaje de transmisión.
- Disponibilidad de terreno: Se debe contar con terrenos disponibles (grandes áreas de terreno) con vías de acceso o comunicación de fácil acceso para la construcción y la operación posterior de la central solar. (Aravena, 2012)

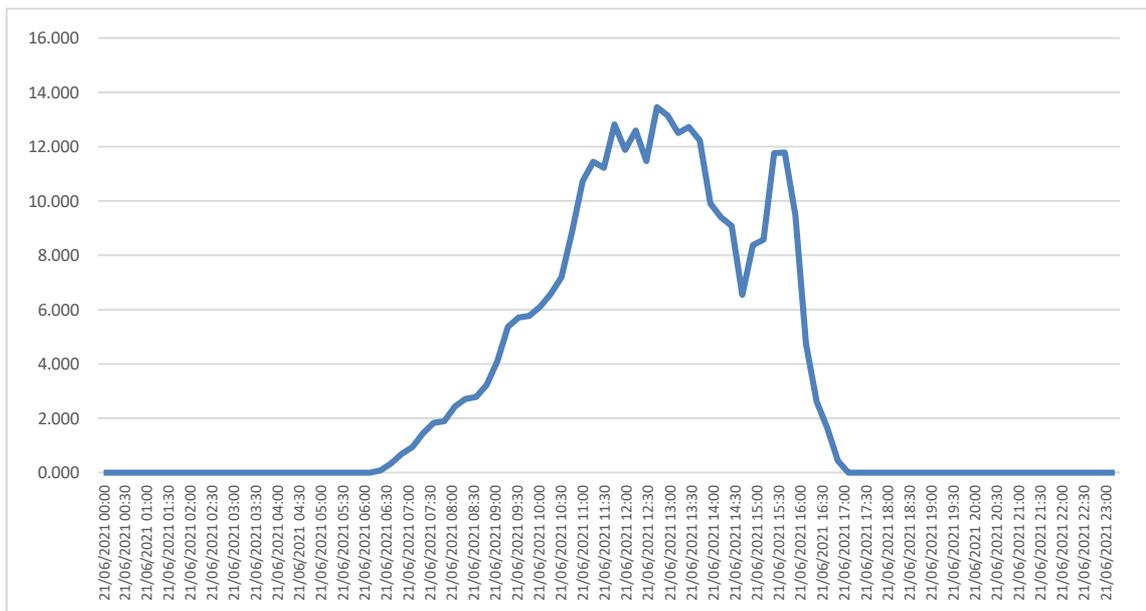
Según las especificaciones técnicas de los paneles, la arquitectura de la planta y la estimación de la radiación de la zona geográfica, se realiza una simulación de la producción de la unidad de generación. Esta estimación se efectúa considerando el rendimiento de los paneles, las condiciones de operación nominal y reales, la radiación a lo largo de los 365 días del año, el sistema de seguimiento solar y los diferentes tipos de pérdidas que afectan a la producción de electricidad. La Energía eléctrica producida al

año por una planta fotovoltaica de 30 MW es aproximadamente en 87,5 GWh al año con seguimiento solar de doble eje. Con estos valores de generación anual, se obtiene un factor de planta cercano al 33%. (Aravena, 2012)

En el Perú, en las regiones del sur y zonas andinas, se presenta un gran potencial de generación de energía solar que hace seguro y confiable la operatividad de centrales solares, aun así las mayores plantas solares se ubican en Arequipa, Moquegua y Tacna. El Atlas de Energía Solar del Perú por Senamhi el 2023 se presenta que a nivel nacional se presenta un alto potencial de energía solar con un valor de 5,2 kW.h/m<sup>2</sup>, e indica una elevada radiación solar anual en la sierra y costa sur de aproximadamente 5,0 a 7.5 kW.h/m<sup>2</sup>, en la costa y selva de aproximadamente 4,5 a 5,0 kW.h/m<sup>2</sup>. Esto es un indicador del alto potencial de energía del Perú con respecto a otros países de la región. (Zanabria, 2020)

Figura 5

Diagrama de generación CSFV Moquegua 2106.2021



Nota. Imagen obtenida de Tesis de Maza & Pérez (2022)

Un dato importante a tomar en cuenta en la generación de electricidad a través del sol es la potencia pico que es igual a 1 kW/m<sup>2</sup> = 1000 W/m<sup>2</sup>. Así, tenemos si un día cualquiera del año, en un lugar determinado, se ha recibido 5 kW.h/m<sup>2</sup>, es posible afirmar que ese día se han recibido 5 horas pico, es decir, 5 h x 1kW = 5 kW.h/m<sup>2</sup> = 5 x 1000 Wh/m<sup>2</sup>. A

estas horas se les denomina hora pico. En el Atlas de Energía Solar del Senamhi aparece el mapa de radiación para el departamento de Moquegua, donde, sobre la base de colores, se identifica la radiación solar incidente para los distintos meses de un año. Para el mes de noviembre la radiación solar media diaria (promedio de los valores recibidos los 30 días del mes) es 7,5 kW.h/m<sup>2</sup>, esto corresponde a 7,5 horas pico. Estos mapas mensuales se utilizan por empresas concesionarias que han implementado y proyectan nuevas centrales solares del país independientemente de la capacidad. (Zanabria, 2020)

Durante el invierno (mayo-agosto), las horas de sol promedio son de 6 horas (horas pico), entre las 10:00 h hasta las 16:00 horas, mientras que en la primavera y verano, esta región recibe 7 u 8 horas pico (entre las 08:00 horas hasta las 17:00 horas). En este periodo, las centrales solares generan energía eléctrica. Considerándose esta información, se adjudicó 7 proyectos; el más grande es la central solar RUBI, adjudicada en la cuarta subasta que tiene una potencia de 180 MW, para obtener esta potencia, los paneles solares deberán tener una radiación solar que generen la mencionada potencia, las cuales deben encontrarse a una temperatura de 25 °C y AM=1,5 (transparencia de la atmósfera). (Zanabria, 2020)

Para calcular la energía producida por la Central Solar RUBI, empleándose el mapa solar para el mes de noviembre se multiplica el número de días (31) x las horas pico de sol (6,0 h) x la potencia pico de planta (180 W) = 33.480 MWh/mes. Para otros meses, procediendo de la misma forma se obtiene 40.500 MWh/mes, y así sucesivamente. Si se suma el total anual se obtiene: 440.460 MWh; si se aproxima queda 440.000 MWh = 440 x 10<sup>3</sup>x10<sup>6</sup> W.h = 440 x 10<sup>9</sup> Wh = 440 GWh. (Zanabria, 2020)

Corroborando lo anterior, en las fichas técnicas, publicada por Osinergmin (supervisión de contratos de proyectos de generación y transmisión de energía eléctrica en operación, marzo 2018), para las centrales fotovoltaicas instaladas consideran un factor de planta entre 20,5 a 30 %, con lo cual asumiendo un factor de 30 % para Rubí, la energía producida anual es de 379,7 GWh/año. Este dato es diferente al indicado anteriormente, porque en este se ha tomado como potencia efectiva el valor de 180 MWp. (Zanabria, 2020)

Del mismo modo debe tomarse en consideración que la electricidad producida por una central solar, al igual que las centrales eólicas, no presentan sistemas de almacenamiento, por lo que se despacha en horas de disponibilidad del recurso energético. Estas plantas solo producen energía en horas diurnas y son función de la disponibilidad del recurso (ubicación geográfica), si tenemos en cuenta un factor de planta típico de 30 %, el resto de la energía se pierde por efecto de sombras, nubosidad, contaminación, polvo en la superficie de los paneles, ángulo de inclinación de los paneles, sistemas de seguimiento, etc. En el Perú, en las regiones del sur (Puno, Arequipa, Moquegua y Tacna), tiene un gran potencial de energía solar (6 a 8 kW.h/m<sup>2</sup> día, promedio diario anual, con ligeras variaciones según la estación), estas zonas privilegiadas se convierten en los polos energéticos de generación solar el cual es compartido con la zona norte de Chile. La planta solar de mayor antigüedad es la Central Majes Solar ubicada en Arequipa, que inició sus operaciones el año 2012, a la fecha, cuentan 13 años de producción ininterrumpida, cubriendo con la demanda en la zona sur del país, sin dañar al medio ambiente. (Zanabria, 2020)

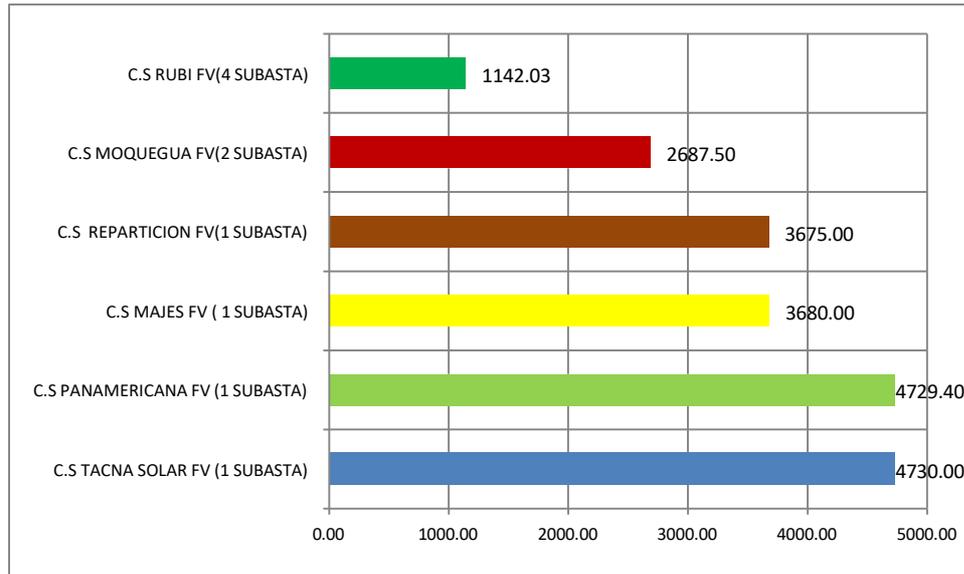
Realizando un comparativo entre los costos específicos de CAPEX entre centrales solares fotovoltaicas aplicadas durante las subastas implementadas en el Perú, en el cual en la 1 subasta se presentaron indicadores entre 4,730 a 3,675 U\$/KW para el año 2,010. La Central Tacna Solar FV se caracteriza por utilizar 76,824 módulos fotovoltaicos YINGLI 290W del tipo monocristalino de silicio “tipo-n”, con alta sensibilidad frente a las impurezas metálicas, y con un alto rendimiento de elevada eficiencia de luz infrarroja en corriente y un menor periodo de degradación. Sumado al uso de un cristal de alta transmisión, el resultado es un panel solar de alto rendimiento, de última generación, que ofrece una eficiencia de 20.5 %. (Muñoz, 2021)

La Central Solar FV Rubí ha instalado paneles fotovoltaicos monocristalinos de altísima pureza de silicio, con alta sensibilidad y eficiencia 21 % de la marca REISEN 320 Wp. En el mercado internacional los costos unitarios han disminuido en cerca de 75% en los últimos 6 años, tomando en cuenta el informe de la Consultora Unión Española Fotovoltaica, con el cual las subastas de RER realizadas en Chile, Perú, Colombia y México han presentado costos menores para el ingreso de los sistemas de generación de

energía fotovoltaico. En el Perú los costos de inversión se han reducido en 76 % (Muñoz, 2021)

Figura 6

Comportamiento de Inversión (U\$/kW) Centrales SFV Perú

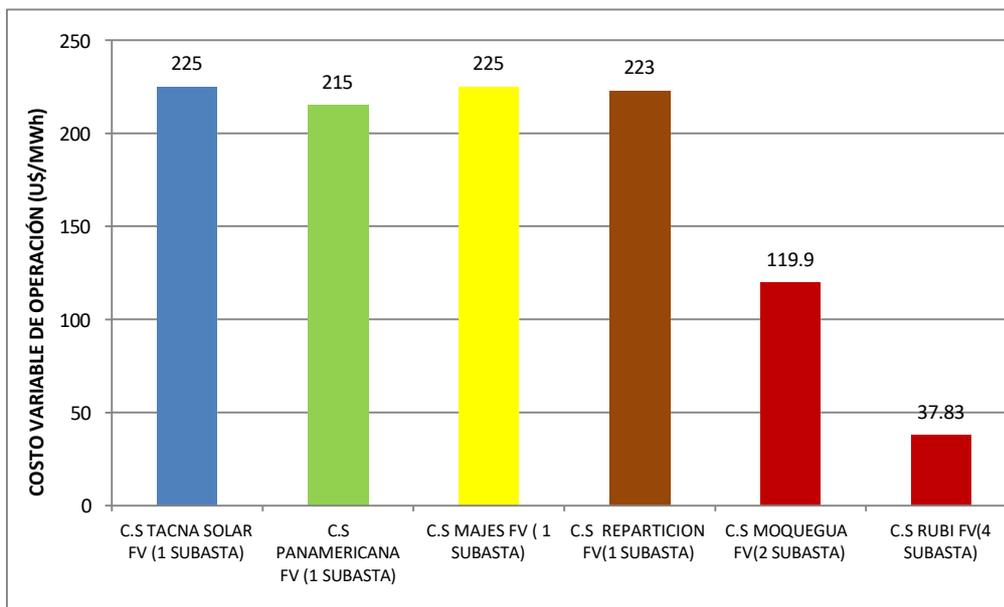


Nota. Imagen obtenida de Muñoz (2021)

Con respecto a los costos de operación OPEX estos han sido declarados en las subastas RER entre los años 2,010 al 2,016 con una disminución del 83.0 %. desde un valor inicial de 225 U\$/MWh ofertado por la Central Solar Tacna hasta llegar al valor de 37,83 U\$/MWh, inferior al costo de operación de una central Termoelectrica de ciclo simple con turbina a gas que opera con gas natural que opera en horas de máxima demanda, con el inconveniente de que las centrales solares no pueden operar en esas horas debido a falta de recurso solar en horas nocturnas. (Muñoz, 2021)

Figura 7

Comportamiento de Costos de operación (U\$/MWh) Centrales SFV Perú



Nota. Imagen obtenida de Muñoz (2021)

Potencia firme en las Energías Renovables no Convencionales: Sobre la base del criterio de seguridad y garantía de entrega de potencia al usuario para definir a la “potencia firme”, teniendo en cuenta que la energía eólica y solar “no generarían” esa garantía, el Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas dispuso en su artículo 110° “Para las centrales RER que utilizan tecnología eólica, solar o mareomotriz, la Potencia Firme será calculada por el COES”. Este procedimiento de cálculo está vigente desde el 2013, por ello se sigue tomando como potencia firme de las RER “igual a cero”. Asimismo, el Reglamento de la LCE dispone en su artículo 101° que “ningún integrante del COES podrá contratar con sus usuarios, más potencia y energía firme que las propias, y las que tenga contratada con terceros, pertenezcan o no al COES”, es decir, para contratar con usuarios libres, mercado spot o distribuidoras a través de licitaciones es necesario contar con potencia firme, tomada en cuenta en los horarios nocturnos. (Zanabria, 2020)

## 2.2 Sistemas BESS.

Los Sistemas de Almacenamiento de Energía son instalaciones relevantes para el proceso de descarbonización de los sistemas eléctricos, ya que son una herramienta muy versátil para proveer flexibilidad a los sistemas de generación. Una mayor preponderancia en la generación de las energías renovables implica una mayor producción solar fotovoltaica y

la eólica. En este sentido los SAE juegan un papel muy importante, gracias a que pueden actuar como una carga o como una fuente de electricidad de manera alterna, para compensar las variaciones tanto de la generación como de la demanda. Son indispensables para la cobertura de energía en horas de alta demanda, arbitraje de energía y servicios complementarios. (Maza & Acosta, 2022)

La energía eléctrica no puede almacenarse y para ello debe primero transformarla en otro tipo de energía, generalmente química, potencial, entre otras. Los sistemas de almacenamiento pueden aportar valor en todos y cada uno de los eslabones de la cadena de suministro. Un sistema de almacenamiento se emplea en la acumulación de energía que luego será consumida, en el corto o largo plazo, de forma continua o intermitente; diferenciándose según el mecanismo de almacenamiento e inyección de energía. El almacenamiento, es función de la capacidad y se clasifica en:

- Sistemas de almacenamiento de alta capacidad. (GW)
- Sistemas de almacenamiento de media capacidad. (MW)
- Sistemas de almacenamiento pequeña capacidad(kW) (Maza & Acosta, 2022)

El sistema de almacenamiento de energía de batería Battery Energy System Storage (BESS) es un sistema químico que permite el almacenamiento de energía mediante un acumulador, para su uso. El sistema de almacenamiento de energía es empleado para dar garantía al flujo constante de electricidad e incluso cuando la red de transmisión está indisponible. El término BESS representa a un conjunto diverso de tecnologías de baterías de diversos materiales. Los sistemas de almacenamiento en baterías presentan una configuración modular y se acomodan según los diversos requerimientos de demanda dentro de un sistema de potencia. Según el tipo de fabricante se ofertan arreglos integrados donde contienen a todos los componentes del BESS de forma conjunta. Los equipos necesarios dependerán, de diversos factores tal como condición ambiental, tecnología del sistema de acumulación, nivel de tensión de la barra de conexión, capacidad de la red de retiro de la energía. (Estrada, et al., 2019)

Los BESS en su mayoría emplean baterías de ion litio para el almacenamiento de energía. Se pueden utilizar de forma independiente o en conjunto con centrales RER, pues este tipo de sistemas pueden capturar energía de diversas fuentes, almacenando dicha energía

en baterías recargables para su uso futuro. Actualmente los sistemas de almacenamiento en baterías son los más usados para la acumulación energética, esto por las diversas ventajas que ofrecen: no requieren mucho mantenimiento regular y tienen una mayor densidad de energía, es decir, pueden almacenar más energía en un espacio pequeño. Teniendo en cuenta que la electricidad es el tránsito de electrones, el litio, por la facilidad que tiene de desprenderse de sus electrones, encaja perfecto para producir energía. Estos sistemas operan como unidades complementarias en la operación de centrales de energía con energías renovables, del mismo modo permiten regular la frecuencia de un sistema eléctrico de potencia, suprimiendo las intermitencias de la red eléctrica, operando de forma confiable y segura. (Enlight, 2022)

Dentro de las ventajas de los BESS, tenemos los siguientes:

- Con el aumento del uso de energía renovable, las soluciones de almacenamiento de energía de la batería proporcionan un equilibrio sobre las fluctuaciones provocadas por esta nueva inyección de energía.
- Proporcionan estabilidad en la red aumentando su confiabilidad.
- Proporcionan alimentación eléctrica fotovoltaica de alta fiabilidad. (Estrada, et al., 2019)

Figura 8

*Sistemas BESS -Empresa ENGIE 26 MW*



*Nota.* Imagen obtenida de ENGIE

Un sistema BESS está compuesta por un conjunto de baterías acopladas en serie o paralelo, las cuales operan en común para almacenar y suministrar energía eléctrica. Estas baterías pueden ser de diversos materiales como de ion-litio, plomo-ácido, níquel-cadmio, entre otras. Cada tipo de batería tiene sus propias características y ventajas, por lo que la elección del tipo de batería que necesitamos instalar dependerá de las necesidades y requerimientos específicos del sistema. La principal ventaja de un sistema BESS es que puede almacenar energía eléctrica en periodos de baja demanda para inyectarla en periodos de alta demanda, lo que ayuda a disminuir los picos de demanda de energía y a optimizar el uso de la energía. Además, un sistema BESS también se emplea en el suministro de electricidad en condiciones de emergencia. (Carpio, 2023)

El mercado mundial de almacenamiento de energía se triplicó en un año: de 33 GWh/17 GW adicionales en 2022 a más de 100 GWh/42 GW en 2023, según la Agencia Internacional de la Energía. Se estima que la tendencia de crecimiento de la capacidad de los sistemas de almacenamiento de energía en batería (BESS, por sus siglas en inglés) continuará en 2024 –estimulada por los menores costes por kW debido a la caída de los precios del litio, el cobalto y el níquel, y a que la producción supera ahora la demanda–, lo que podría convertirlo en un nuevo año récord. Los sistemas de almacenamiento de energía desempeñan un papel clave para garantizar la flexibilidad y adecuación del sistema eléctrico. Los BESS equilibran la entrada y salida de energía y facilitan la gestión de la congestión y la sobre generación, además de ayudar a cubrir los picos de demanda. (Enel, 2024)

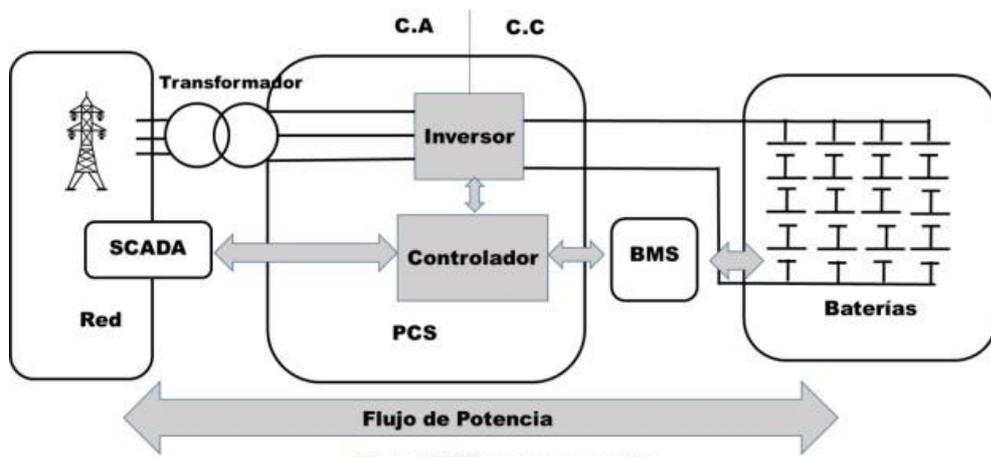
Así, las tecnologías de almacenamiento aumentan la capacidad de acogida del sistema eléctrico -es decir, la capacidad de acomodar energía renovable- y reducen sus riesgos de mercado, garantizando flujos de caja más estables de las centrales renovables, ya que pueden ayudar a mitigar la volatilidad de los precios de la energía en el mercado.

Los sistemas de almacenamiento con BESS son modulares y se adaptan a las necesidades y aplicaciones que les dará el usuario. Dependiendo del fabricante se venden sistemas integrados donde vienen todos los equipos necesarios para entregar la potencia y energía requerida. Los equipos necesarios dependen entre muchas cosas de: condiciones ambientales; tecnología de las baterías; nivel de voltaje de la subestación de potencia. Los componentes esenciales de un BESS son: baterías; inversor; sistema de gestión de baterías

en inglés Battery Management System; controladores master; y un sistema de protección y seguridad. El BESS en ciertos casos llevan un sistema de gestión térmico para supuestos casos de temperaturas extremas; filtros de armónicos; inversores tipo chopper; tableros de potencia para los servicios auxiliares; sistemas de comunicación y algún otro sistema según los requerimientos especiales de cada caso. (Parada, 2018)

Figura 9

*Sistemas BESS con equipos de enlaces*



*Nota.* Imagen obtenida de Tesis de Parada (2018)

Las características técnicas requeridas para el dimensionamiento óptimo de un sistema BESS incluye lo siguiente:

- Capacidad de almacenamiento: Referida a la energía almacenada en los BESS para su posterior inyección.
- Duración del almacenamiento.
- Ciclo de vida/vida útil: Referido al periodo de tiempo o ciclos de almacenamiento que una batería, asociado a una carga y una descarga.
- Eficiencia de carga-descarga: Expresado en porcentaje. Es una relación entre la energía cargada y descargada de una batería, considerando la eficiencia total del BESS, las pérdidas por autodescarga y otras pérdidas eléctricas. de baterías, los convertidores y la profundidad de descarga.
- Energía de ciclo de vida efectiva (effective energy throughput): energía global que el sistema de almacenamiento puede inyectar. (Maza & Acosta, 2022)

Capacidad de almacenamiento. Referido a la cantidad de energía disponible en el sistema de almacenamiento luego de realizarse su carga completa y está definida en base a la energía total almacenada, la energía a utilizar está limitada por el DOD que representa el límite de profundidad de descarga (estado mínimo de la descarga). La capacidad es el producto de la intensidad por el tiempo (Ah). Según el tipo de fabricante se tendrá una determinada tecnología y la fabricación de los elementos que la constituyen, así como de los materiales empleados. Hay que tener en cuenta que este parámetro no indica cuánta energía podrá almacenarse dentro de la batería. Para ello se emplea los kWh o MWh del BESS. (Delta Veltron, 2024)

La capacidad de la batería no representa un valor constante. De tal modo que un sistema sin haberse utilizado pierde sus parámetros técnicos de operación luego de un tiempo determinado y su capacidad de almacenamiento se reduce significativamente. Los factores que afectan a su duración, están detallados en cada ficha o dossier de cada BESS la cual es entregada durante su venta. Los factores relevantes son la temperatura de funcionamiento en rangos distintos a los detallados por el fabricante, número de ciclos de carga/descarga efectuados para su vida útil, descarga por debajo del voltaje permitido, sobrecarga del BESS, descarga con corrientes demasiado elevadas a las permitidas. (Delta Veltron, 2024)

Profundidad de descarga (DOD) En los sistemas de almacenamiento no se puede realizar una descarga en su totalidad por completo, debido a los efectos nocivos sobre la batería, por lo tanto, la profundidad de descarga determina el porcentaje de la energía real a suministrar. En el caso de que la batería tenga un DOD del 25%, la carga solo puede emplear el 25% de la batería, es ese sentido la energía real que se puede extraer de la batería es mucho menor que la capacidad nominal o máxima, una batería de plomo ácido con un DOD de del 20% presenta una vida útil de 2 800 ciclos de carga/descarga, mientras si la misma batería trabaja con un DOD del 80% la vida útil es de unos 500 ciclos de carga/descarga. (Medina, 2021)

La vida útil de un BESS está determinada por los ciclos de carga, los cuales se producen cuando la batería se carga del 0 al 100% y luego se descarga completamente. En el caso de las baterías modernas, tanto las de LFP como las NMC, utilizadas en sistemas de

almacenamiento de energía BESS, pueden durar entre 4000 y 6000 ciclos de carga, dependiendo de varios factores como la temperatura, la profundidad de la descarga y la corriente de carga. En el caso del modelo NMC de Pixii Powershaper, cada unidad de la batería en condiciones de +25° tiene una vida útil de 6000 ciclos, a pesar de que se podrá seguir utilizando a una menor capacidad, mientras que el LFP tendrá 4000 ciclos. (Pebblex Energy, 2023)

En general, las baterías LFP (fosfato de hierro y litio) suelen tener menos ciclos de carga en comparación con las NMC (níquel, manganeso y cobalto) lo que supone una mayor vida útil para estas últimas. Esto se debe a que, a pesar de su mayor costo inicial, la mayor densidad de energía y la prolongación de la vida útil suelen ofrecer un mejor costo en términos de ciclo de vida. Las baterías LFP suelen ser para aplicaciones más orientadas a la potencia, con el nivel más bajo de cobalto o níquel, y las baterías NMC proporcionan el nivel más alto de densidad energética. (Pebblex Energy, 2023)

La profundidad de la descarga (DOD) se refiere a cuánta energía se ha extraído de una batería en comparación con su capacidad total. Las baterías de litio o LFP tienen una vida útil más larga siempre que se mantienen en un rango de DOD más bajo, generalmente entre el 20% y el 80%. Descargar la batería por debajo del 20% o cargarla por encima del 80% con frecuencia puede acortar significativamente su vida útil. La corriente de carga también desempeña un papel crucial. Las baterías se desgastan menos cuando se cargan a una corriente más baja y se descargan a una corriente más baja. Cargar a una velocidad más baja permite que las celdas de la batería se equilibren correctamente, lo que reduce el desgaste desigual. (Medina, 2021)

Cargar la batería al 100%: Esto maximiza la capacidad total de la batería y reduce el número de ciclos de carga/descarga. Adecuado para dispositivos que se usan solo unas pocas veces al mes o al año. Cargar la batería al 80%: Esto prolonga significativamente el número de ciclos de carga. Ideal para sistemas que experimentan ciclos de carga/descarga frecuentes o continuos debido a condiciones híbridas o de red inestable. (Pebblex Energy, 2023)

Las baterías que cuentan con un porcentaje bajo de DoD del total de energía almacenada tienen una energía neta disponible menor, dado que no pueden ser descargadas de forma completa. El ciclo profundo a menudo se define como un 80% o más. Mantenerse dentro del DoD máximo recomendado es importante para un rendimiento y una vida útil óptimos de la batería. Por ejemplo, si el fabricante de una batería de 10 000 kilowatts-hora (kWh) recomienda una DoD máxima del 80%, no se deberían usar más de 8 000 kWh de la batería sin recargar. (Enlight, 2022)

Tiempo de descarga. Es la duración máxima de energía de la batería,  $\tau = Wst/Pmax$ , que depende del DOD y las condiciones operativas del sistema, potencia constante o no. Es una característica del sistema para determinadas aplicaciones, este indicador se suele denominar tasa C o tasa E, la tasa C es un indicador de descarga de la batería en función de su capacidad máxima. Una tasa 1C significa que descargará la batería en una hora, para una batería de 100 Ah, esto equivale a una corriente de carga de 100 A, una tasa de 5C para esta batería sería 500 A y una tasa de carga de C/2 sería 50 A. de manera similar es el indicador de tasa E pero en este caso representa la descarga de energía, por ejemplo, una tasa 1E es la potencia de descargas toda la energía en 1 hora. (Medina, 2021)

Eficiencia Todas las transformaciones energéticas están sujetos a pérdidas, de la misma manera las baterías tienen eficiencia de carga y descarga en un estudio más detallado de la eficiencia de BESS se podría desglosar en eficiencia del rectificador, inversor, almacenamiento y auto descarga de almacenamiento. Las baterías de plomo – ácido es del 85% mientras que la eficiencia de las baterías de ion de litio es de 95%. (Medina, 2021)

Estado de carga (SOC). El indicador SOC representa el estado actual de la energía disponible dentro de la batería en función de la capacidad nominal, si el SOC indica 100% entonces la batería tiene carga completa, mientras que si el SOC indica 0% entonces la batería se encuentra descargada, a medida que las baterías empiezan a envejecer el SOC máximo empieza a disminuir, es decir que para una batería vieja un SOC del 100% equivale al 75% o 80% de una batería nueva. (Medina, 2021)

Tasa de carga/descarga La tasa de descarga está representada por capacidad de la batería entre la cantidad de horas que se tarda en cargar/descargar la batería, por ejemplo una

batería de 500 kWh que se carga en veinte horas, entonces la tasa de carga de batería es de  $500/20 = 25$  kW, la batería tiene una tasa de carga de 25 kW por hora, en este punto debemos tener en cuenta que la máxima tasa de carga es de 25kW por hora, ya que la operación del sistema podemos tomar una tasa de carga por ejemplo de 15kW hora en un determinado intervalo de tiempo. (Medina, 2021)

Dentro de sus componentes tenemos:

Baterías Son el elemento funcional del BESS, y por lo general son el componente más caro por lo que representan gran porcentaje de la inversión. Como ya se explicó en la sección correspondiente las baterías están compuestas de celdas conectadas en arreglos de serie y paralelo para formar un módulo con una tensión y capacidad determinada. La disposición o conexión de las baterías depende del nivel de tensión que se necesite, que por lo general varía en tensiones DC entre 400 V y 1 200 V. Las tensiones máximas dependen de la tecnología escogida y sus respectivos valores de seguridad. Por ejemplo, en un sistema que utilice plomo-acido se permiten tensiones máximas de 2.000 [Vdc]; en sistemas NiCd se puede usar tensiones de 4 000 V. La cantidad de energía almacenada también depende de la cantidad, configuración y tecnología de baterías a utilizar. Sin embargo, la relación no es lineal debido a que bajo altas corrientes de descarga la capacidad disminuye por lo que se necesitan más celdas para mantener al nivel necesario la potencia de descarga. Esto se debe al efecto Peukert que tiene mayor relevancia en tecnologías como el plomo-ácido y mucha menor importancia en tecnología de ion-litio. (Parada, 2017)

Dado que cada tecnología de baterías de litio-ion se basa en el empleo de diferentes combinaciones de materiales, exhibe diferentes prestaciones en términos de tensión de celda, energía específica, eficiencia y vida útil. En la actualidad, se están utilizando en los BESS tres de estas tecnologías: níquel manganeso-cobalto (NMC), litio-hierro-fosfato (LFP) y litiotitanatos (LTO). Esto se debe fundamentalmente a su mayor rendimiento y vida útil. Las baterías de NMC destacan por ser las que tienen mayor tensión nominal por celda y mayor energía específica, aunque su vida útil puede ser corta, en especial si se fuerza la batería fuera de sus límites de funcionamiento. Entre los principales fabricantes se encuentran Samsung y Kokam. Por otro lado, las baterías de LFP tienen menor tensión

y energía específica, pero son más seguras y su vida útil es mayor. Los principales fabricantes son BYD, Alfen y A123, entre otros. (Alonso, et al., 2022)

Finalmente, las baterías de LTO tienen una tensión nominal muy baja y una energía específica también baja, pero su vida útil es muy alta y pueden funcionar adecuadamente a temperaturas extremadamente bajas. Los principales fabricantes son Toshiba, Altamirano y Leclanché. (Alonso, et al., 2022)

*Tabla 1*

Tecnologías de Ion Lítio, más empleadas en BESS

Tecnología	Tensión nominal (V)	Energía específica (Wh/kg)	Vida útil (ciclos)	Temperatura de Trabajo (°C)
NMC	3,6-3,7	175-240	500	0-45
LFP	3,2-3,3	60-110	1 000	0-45
LTO	2,3-2,4	70	4 000	20-45

*Nota.* Información obtenida de la Universidad de Oviedo. (2022)

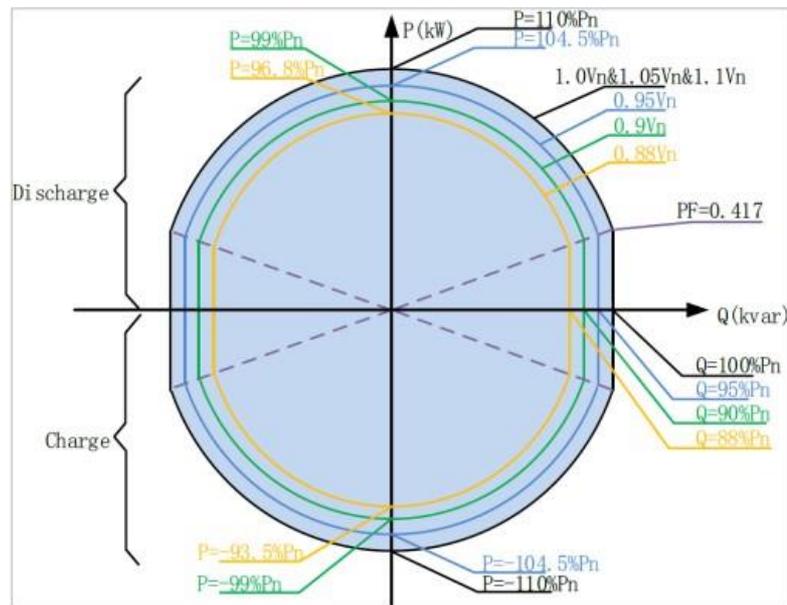
Aunque las baterías de litio-ion tienen el rendimiento necesario para utilizarse en las aplicaciones más exigentes de los BESS, aún se desconoce cómo responden a largo plazo y en condiciones de temperatura extremas. Por un lado, si bien los fabricantes pueden garantizar el funcionamiento correcto de sus baterías a temperaturas de entre 0 y 40°C, ciertos mecanismos de envejecimiento se aceleran a temperaturas extremas, tanto altas como bajas. Un factor a tener en cuenta es la estrategia que se sigue para preservar la vida útil del sistema sin incrementar demasiado el coste inicial de la inversión. La estrategia más común consiste en sobredimensionar el sistema de baterías, reduciendo los regímenes de corriente de carga y descarga a nivel de celda individual, para extender la vida de servicio del BESS. (Alonso, et al., 2022)

**Inversor:** El inversor bidireccional permite que la energía fluya en ambas direcciones para cargar y descargar las baterías, de este modo, la batería puede cargarse y suministrar la energía cuando es necesario. El inversor de corriente permite convertir la corriente de directa a alterna y viceversa para poder hacer la carga y descarga de la batería. Este mecanismo posibilita servicios auxiliares como la reducción de picos en la demanda, el

desplazamiento de carga y la gestión de excedentes de energías renovables, como la fotovoltaica, evitando desperdicios de energía. (Enlight, 2022)

Figura 10

Curva de capacidad del inversor SUNGROW SC2000UD-CSFV Salvador 60 MW.



Nota. Informe de determinación de mínimo técnico – BESS PSFV Salvador (2024)

Un sistema de gestión de baterías o BMS (Battery Management System) está compuesto por un hardware y un software que controlan la carga y descarga de una batería garantizando al mismo tiempo una operación confiable y segura. Esto implica el control de los niveles de corriente y tensión, de las condiciones de carga y descarga, de la limitación de la ventana de operación respecto al SOC y/o la temperatura, de la gestión térmica, del balance en tensión entre las celdas, etc. Un BMS no solo ayuda a aumentar la vida útil, eficiencia y seguridad de la operación, sino que también entrega una precisa estimación del estado de la batería para la gestión energética. Por lo tanto, los BMS cuentan con dos importantes enfoques operacionales, monitoreo y control, que no pueden ser separados durante la operación, por ejemplo, para garantizar un apropiado, rápido y preciso control de la carga y descarga de las baterías es necesario un sistema de monitoreo que analice el voltaje, la corriente, la temperatura interna, SOC y SOH, y así se proteja la batería contra situaciones peligrosas como sobrecargas y descargas profundas. (Parada, 2017)

Controlador Es un elemento muy importante dentro del BESS ya que se encarga del buen funcionamiento de este. Se encarga de diferentes funciones, entre ellas es comunicarse con el BMS y poder actuar en caso de que algún factor de importancia se encuentre fuera de los valores permitidos, ya sea temperatura y así activar los sistemas de control de temperatura o la tensión en celdas para activar interruptores y sistemas de protección y evitar fallas permanentes en los equipos. Además, manda señales moduladoras a las válvulas de inversores y poder controlar la cantidad de potencia activa y reactiva inyectada. El controlador puede incluir un sistema de comunicación para poder tener interacción con el usuario, permitiendo así llevar una gestión de la potencia inyectada de modo automático y manual. (Parada, 2017)

Sistemas de Protección El sistema de protección es primordial para cuidar los equipos, ya que en caso de fallas el BESS quedará aislado sin salir dañado por una sobretensión o sobre corriente en la barra. El sistema incluye relés de protección; Transformadores de tensión (TT. PP); Transformadores de corriente (TT. II). Con estos equipos nombrados están midiendo variables como corriente, tensión y Angulo en las barras para luego accionar interruptores y fusibles. Generalmente se tiene interruptores en el lado AC y DC del inversor. Puede incluir sistemas de sobrecarga, refrigeración, cortocircuitos y sistemas de extinción de incendios (Parada, 2017)

El BESS presenta varias ventajas en comparación con otros sistemas de respaldo de energía, entre las que se incluyen:

Mayor flexibilidad: El BESS es más flexible que otros sistemas de respaldo, ya que puede ser utilizado para una amplia variedad de aplicaciones, como el almacenamiento de energía renovable, la regulación de frecuencia, el pico de demanda y la reserva de capacidad. Además, puede ser utilizado tanto en aplicaciones a pequeña como a gran escala.

Alta eficiencia: Los sistemas BESS tienen una alta eficiencia energética, lo que significa que pueden almacenar y liberar energía con una pérdida mínima. Esto se debe a que las baterías utilizadas en los sistemas BESS son cada vez más eficientes y tienen una mayor vida útil.

Bajo costo: A medida que la tecnología de las baterías ha evolucionado, el costo de los sistemas BESS ha disminuido significativamente en los últimos años. Esto hace que sean cada vez más económicos y competitivos en comparación con otros sistemas de respaldo. (Kinenergy Consultoría, 2023)

Mayor confiabilidad: Los sistemas BESS pueden proporcionar un suministro de energía más confiable en comparación con otros sistemas de respaldo, ya que no están sujetos a las limitaciones de los combustibles fósiles. Además, pueden proporcionar energía instantáneamente sin tener que esperar la llegada de combustible o la activación de un generador.

Reducción de emisiones: El uso de estos sistemas puede reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero al permitir una mayor integración de fuentes de energía renovable en la red eléctrica. Esto se debe a que los sistemas BESS pueden almacenar energía renovable generada durante los momentos de baja demanda y liberarla durante los momentos de alta demanda, reduciendo así la necesidad de usar combustibles fósiles para generar energía. (Kinenergy Consultoría, 2023)

El uso de baterías se ha convertido en una de las formas más efectivas de ayudar a la integración de energías renovables en la red eléctrica, a través de dos tipos de aplicaciones: desfase energético y estabilización de capacidad. El desfase energético consiste en almacenar energía cuando la demanda es menor que la generación y suministrar energía a la red cuando hay una demanda alta. Por otro lado, la función de las baterías en sistemas de energía renovable es estabilizar (uniformizar) su capacidad de aportar energía a la red, reduciendo el problema de la intermitencia en la generación. Ambas aplicaciones requieren niveles de potencia relativamente bajos y el tiempo de respuesta no es crítico, por lo que el esfuerzo a nivel de celda en el sistema de baterías no es particularmente elevado. (Alonso, et al, 2022)

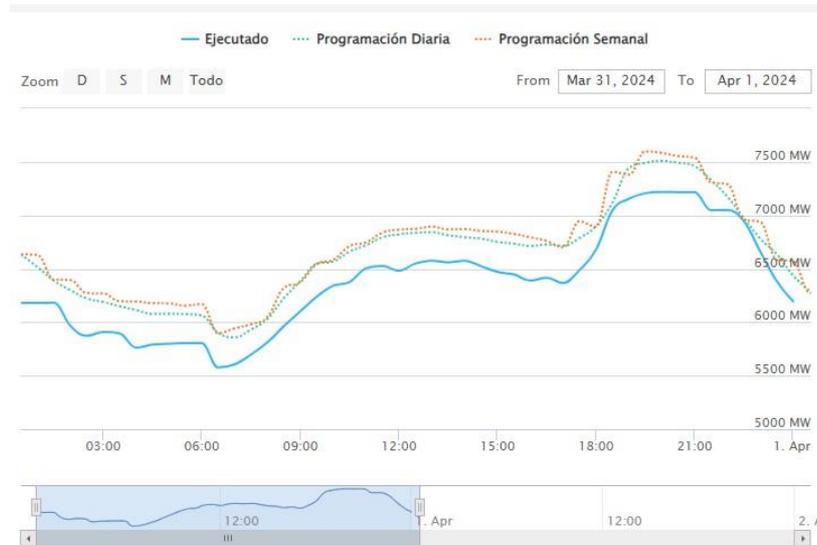
### **2.3 Cobertura de demanda energética.**

La cobertura de la demanda de un sistema eléctrico está ligada al equilibrio existente entre la oferta brindada por las centrales de generación y la demanda instantánea requerida por un conjunto de usuarios (país, zona geográfica, región, etc). La demanda se caracteriza según el comportamiento del consumo, la existencia de horas de máxima demanda en las

cuales deben operar centrales de energía de alto costo variable. Estas horas se presentan por lo general entre las 18 a 10 horas de la noche. (Guevara, 2023)

Figura 11

*Curva de demanda en el sistema eléctrico interconectado nacional*



*Nota.* Imagen obtenida de COES-SINAC

La demanda o carga de electricidad del SEP varía a lo largo del día. Satisfacer la demanda que varía con el tiempo, especialmente en el período pico, representa un desafío clave para la empresa de servicios eléctricos. La demanda máxima aumenta día a día como resultado del aumento de usuarios y de carga. El crecimiento continuo de la carga máxima aumenta la posibilidad de fallas en el suministro eléctrico y eleva el costo marginal del suministro. Por lo tanto, el equilibrar la oferta, es decir la producción de energía eléctrica y la demanda que es el consumo de electricidad para satisfacer la carga máxima, se ha convertido en uno de los principales puntos de interés para las empresas de servicios públicos. (Guamán, 2022)

Los sistemas BESS tienen una amplia gama de aplicaciones, que van desde el respaldo de energía hasta la gestión de la demanda. Algunas de las aplicaciones más comunes incluyen:

**Almacenamiento de Energía Renovable:** Los sistemas BESS pueden almacenar el exceso de energía generada por fuentes renovables, como la energía solar y eólica, para su uso en momentos de baja generación.

**Respaldo de Energía:** Los BESS se utilizan para proporcionar energía de respaldo durante cortes de energía, garantizando la continuidad de las operaciones críticas en instalaciones comerciales e industriales.

**Gestión de la Demanda:** Los sistemas BESS pueden liberar energía durante las horas pico de demanda, reduciendo los costos de electricidad para los consumidores y aliviando la tensión en la red eléctrica.

**Mejora de la Calidad de la Energía:** Los sistemas BESS pueden proporcionar energía de alta calidad durante fluctuaciones o interrupciones en la red, lo que es esencial en aplicaciones sensibles, como centros de datos. (Choque, 2023)

Se presenta el siguiente resumen de aplicaciones de los BESS.

Figura 12

*Resumen de aplicaciones BESS en cobertura de energía*

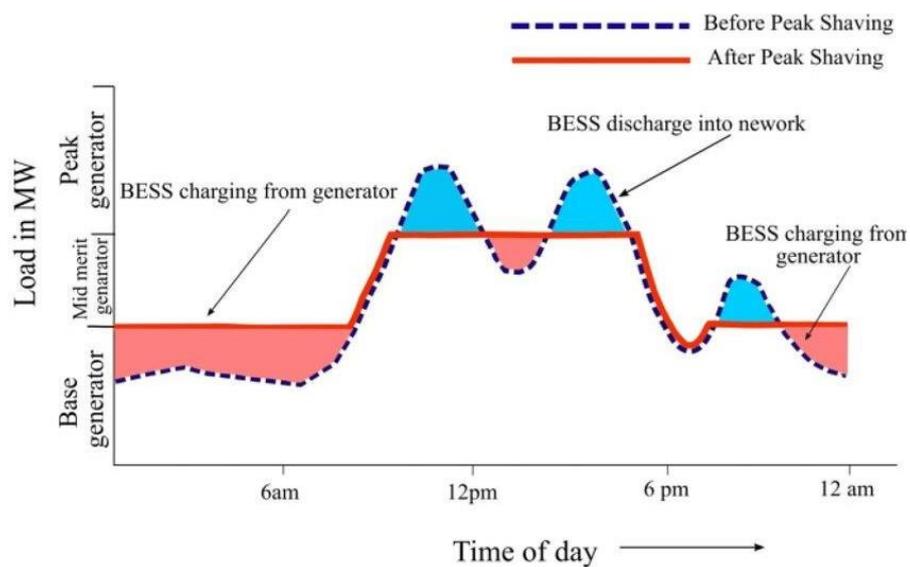


*Nota.* Imagen obtenida de Tesis de Parada (2018)

El peak Shaving, también conocido como “Gestión de la demanda”, se refiere principalmente al proceso de reducir los picos de demanda de electricidad para usuarios comerciales e industriales, generando así ahorros económicos importantes.

La reducción de la demanda durante el bloque de horas se realiza planificando la operación y despacho de las centrales de energía disponibles con la finalidad de poder reducir la demanda eléctrica del sistema eléctrico. La reducción de la demanda permite la disminución del consumo de energía en las horas de máxima demanda y en la facturación final. Existen varias formas de hacer peak shaving, desde las más simples hasta soluciones tecnológicas que involucran controladores digitales avanzados. (Maza & Pérez, 2022)

Figura 13  
*Gestión del peak shaving*



*Nota.* Imagen obtenida de informe de Young (2023)

El Peak Sheaving es una función importante que permite reducir los picos de demanda eléctrica en la red. Esto se logra almacenando energía en las baterías durante los períodos de baja demanda y liberando esta energía durante los períodos de alta demanda. Durante los períodos de baja demanda, el sistema BESS carga sus baterías utilizando la energía generada por la red eléctrica o por fuentes de energía renovable como la solar o eólica. Luego, durante los períodos de alta demanda, el sistema BESS descarga la energía almacenada en sus baterías en la red para satisfacer la demanda eléctrica. Esta estrategia de Peak Sheaving puede reducir los costos de energía y mejorar la estabilidad del sistema eléctrico. Además, el uso de un sistema BESS para Peak Sheaving puede reducir la necesidad de construir nuevas centrales eléctricas o de ampliar las infraestructuras

existentes, lo que puede resultar en un ahorro significativo de costos a largo plazo. (Kinenergy Consultoría, 2023)

**Arbitraje:** consiste en el almacenamiento de energía a un menor precio durante períodos de baja demanda para posteriormente ser vendida en momentos de mayor consumo donde los precios son mayores. Esto permite obtener un beneficio económico por parte de la empresa generadora y reducir la presión ejercida sobre el sistema eléctrico en períodos de baja demanda. Los sistemas BESS pueden ser una alternativa atractiva para esta aplicación. Si la diferencia entre los precios de la energía en horas punta y no punta, sumado al ahorro de la reducción de los cargos por demanda máxima logran compensar las pérdidas del sistema de baterías y los costos del sistema de almacenamiento (inversión, operación, mantenimiento y reemplazo), el uso del sistema BESS será rentable para el propietario del almacenamiento. (Santibañez, 2021)

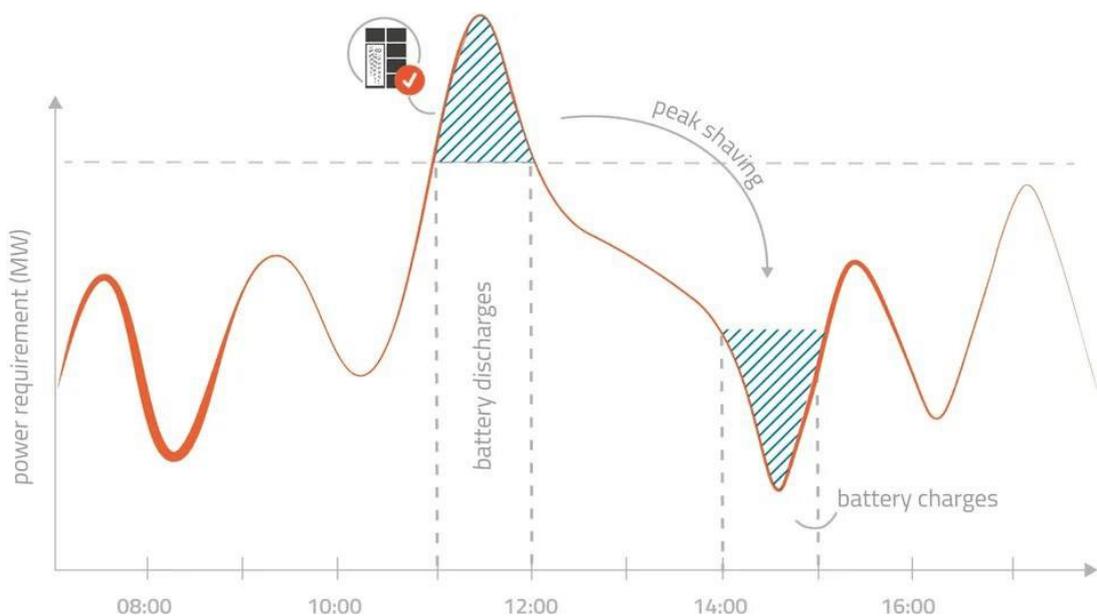
**Integración de energías renovables y energía firme:** la energía firme de un sistema eléctrico se refiere a aquella energía que se encuentra garantizada en todo momento, sin importar las condiciones propias del sistema eléctrico factores externos. En este sentido, las fuentes de energías renovables variables como la solar y eólica se consideran fuentes de energía no firme, ya que dependen fuertemente de las condiciones climáticas, lo que hace que la generación de electricidad sea más variable y menos predecible. El acoplamiento de una fuente de generación de energía renovable variable específica con un sistema BESS reduce la variabilidad de la potencia de salida en el punto de interconexión a la red, lo que facilita una mejor integración de energías renovables al sistema eléctrico. (Santibañez, 2021)

**Regulación de frecuencia:** un desequilibrio entre la generación de energía y la demanda, puede provocar desviaciones de los valores permitidos para la frecuencia de operación del sistema. Tradicionalmente las centrales térmicas han sido las encargadas de proporcionar servicios de control de frecuencia. Sin embargo, esto puede resultar costoso, ineficiente y aumentar los costos de electricidad. A diferencia de las plantas convencionales, que pueden tardar de varios segundos a minutos en responder a los requerimientos de los operadores del sistema, la rapidez de respuesta de los sistemas BESS los convierte en una tecnología adecuada para aplicar control primario de frecuencia. (Santibañez, 2021)

Se pueden desarrollar programas de respuesta del lado de la demanda conocidos por sus siglas en inglés como Demand Response, DR, con el objetivo de trasladar parte de la carga a periodos valle, para que esta carga absorba el exceso de generación renovable, obtenido desde una instalación de nueva generación. La condición de sobre generación generalmente ocurre cuando la generación de energía a partir de fuentes de energía renovables y variables es alta, las cargas son relativamente bajas y hay una porción significativa de generación convencional no despachables en la base. En estas situaciones, es probable que la energía renovable se reduzca o se “filtre”, lo que representa un costo de pérdida de ingresos en los generadores de energía renovable. (Guamán, 2022)

Alternativamente, en estas situaciones también podría optarse por reducir la potencia de los generadores base, lo que resultaría en mayores costos de mantenimiento y problemas operativos. Particularmente, los programas de cambio de carga son importantes para la generación eólica y fotovoltaica, que generalmente tienen una característica de pico-inversa con la demanda: alta generación de energía en los períodos de menor demanda y baja generación en los períodos de mayor demanda. El cambio de carga también tiene el beneficio adicional de mejorar la eficiencia de la red, ya que la curva de carga diaria se vuelve más plana. (Guamán, 2022)

Figura 14  
*Peak shaving aplicado a BESS*

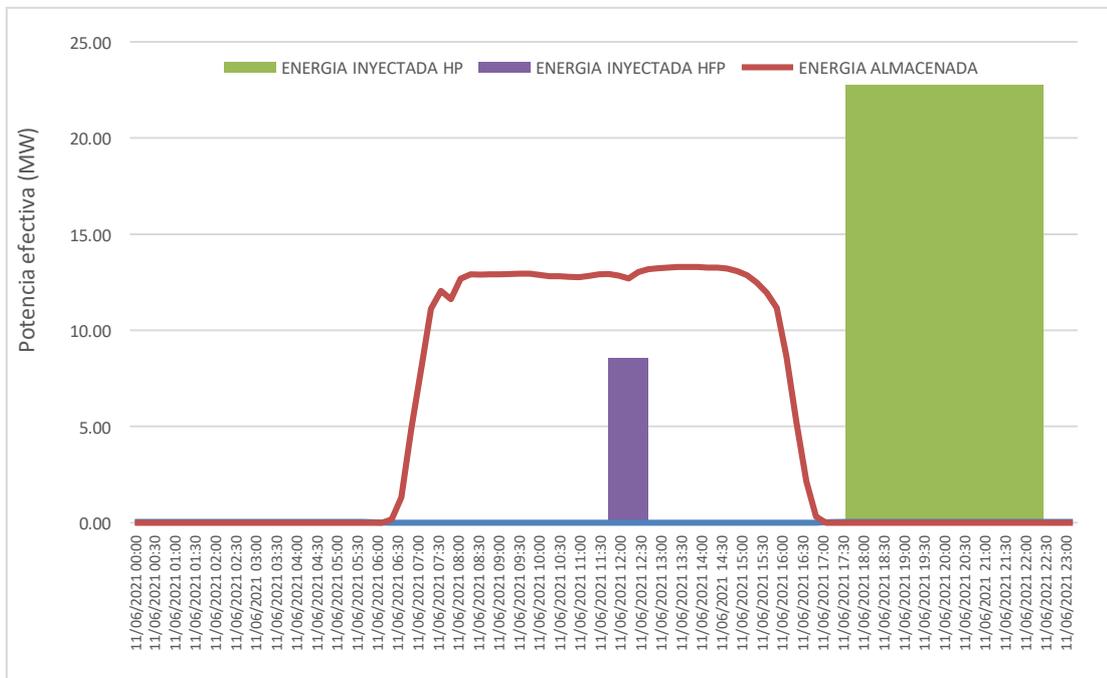


Nota. Imagen obtenida de Kinenergy Consultoría (2023)

La energía almacenada en los BESS es inyectada en los periodos de máxima demanda de los Sistemas Eléctricos, con la finalidad de desplazar en la operación a las centrales termoeléctricas de alto costo variable de operación. Dependiendo de la capacidad de sus instalaciones una fracción restante puede inyectarse en bloque o alisada en distintas horas del día. (Maza & Acosta, 2022)

Figura 15

*Peak shaving aplicado a operaciones en horas punta*



*Nota.* Imagen obtenida de Tesis de Maza & Acosta (2022)

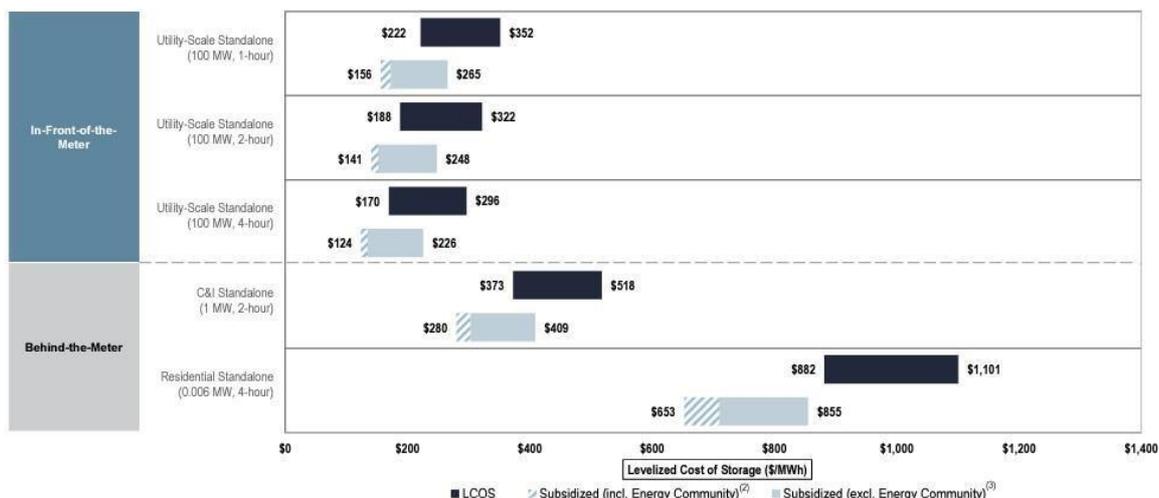
El último análisis de Lazard sobre el Costo Nivelado de la Energía (LCOE) y el Costo Nivelado del Almacenamiento (LCOS) arroja luz sobre esta evolución, destacando el creciente papel de las baterías como tecnología de respaldo competitiva en el mercado energético. El informe revela que, si bien las tecnologías de energía renovable continúan liderando en términos de LCOE más bajo, las baterías están demostrando una fuerte competitividad en términos de costos de almacenamiento. Esto se evidencia en la disminución significativa del LCOS de sistemas de almacenamiento de energía con baterías (BESS) de gran escala. (Acosta, 2024)

Figura 16

*Comparación de Costo Nivelado de Almacenamiento BESS 2024.*

**Levelized Cost of Storage Comparison—Version 9.0 (\$/MWh)**

Lazard's LCOS analysis evaluates standalone energy storage systems on a levelized basis to derive cost metrics across energy storage use cases and configurations<sup>(1)</sup>



*Nota.* Informe de Periódico de la Energía Junio 2024

Por ejemplo, un sistema BESS de 100 MW a escala de servicios públicos, con una duración de 4 horas, ahora puede tener un LCOS que oscila entre \$170/MWh y \$296/MWh sin subsidios. Sin embargo, con el apoyo de incentivos fiscales, este rango puede reducirse a tan solo \$124/MWh, lo que lo hace altamente competitivo en el mercado. Estas cifras reflejan una disminución significativa en los costos en comparación con años anteriores, lo que demuestra el rápido avance tecnológico y la maduración del mercado de almacenamiento de energía. (Acosta, 2024)

**2.4 Dinámica del sistema de generación.**

**2.4.1 Subastas**

Las subastas son mecanismos competitivos de amplia utilización a lo largo de la historia y para una gran diversidad de transacciones económicas. Desde esclavos hasta campos petrolíferos, pasando por obras de arte y una gran variedad de bienes públicos y privados, se han comprado y vendido mediante subastas. a Subasta RER puede definirse como un mecanismo de asignación, en la cual compiten varios oferentes (proyectos RER) por una cuota de energía que debe ser suministrada al sistema interconectado nacional obteniéndose, al final, un contrato para el suministro de electricidad por un periodo entre 20 a 30 años, al precio que resulte adjudicado en la subasta. (Mitma, 2015)

Las subastas por el suministro de energía con RER serán adjudicadas a los postores que ofrezcan recibir la menor tarifa adjudicada por su producción, hasta completar la cantidad que se tenía como objetivo de energía a licitar, lográndose introducir mecanismos de competencia. El precio que reciben los generadores con RER es el precio spot o costo marginal de corto plazo a cambio de su energía producida y vendida (adjudicada), y cada vez que el precio spot sea menor que la tarifa de adjudicación, se les brindará una compensación (prima). (Dammert, 2021)

Antes de llevar a cabo la subasta, la primera tarea a realizar es saber qué cantidad de energía con RER se va a licitar, esto se calcula en función del consumo nacional de electricidad, luego se estima la participación de la generación con RER, se multiplica el consumo nacional de electricidad estimado por el porcentaje objetivo que fija el MINEM. Al resultado se le deberá restar la energía subastada de RER en el año anterior y el resultado será la energía requerida. Se debe señalar que en el caso de la primera subasta no existe una producción anterior. El porcentaje objetivo que fija el MINEM debe ser establecido con una anticipación de por lo menos seis meses. Dicho porcentaje objetivo no podrá ser menor al vigente en el momento de la nueva fijación. (Dammert, 2021)

#### **2.4.2 Medidas de promoción.**

La actividad de generación eléctrica en base a recursos hídricos o RER goza del régimen especial de depreciación acelerada para efectos del impuesto a la renta. La tasa especial de depreciación será no mayor al 20% como tasa anual global, lo que significa que podrán depreciar sus activos en cinco años. Esta medida permite colaborar con las finanzas de las RER y las centrales hidráulicas, y por lo tanto incrementar la factibilidad de los proyectos. (Dammert, 2021)

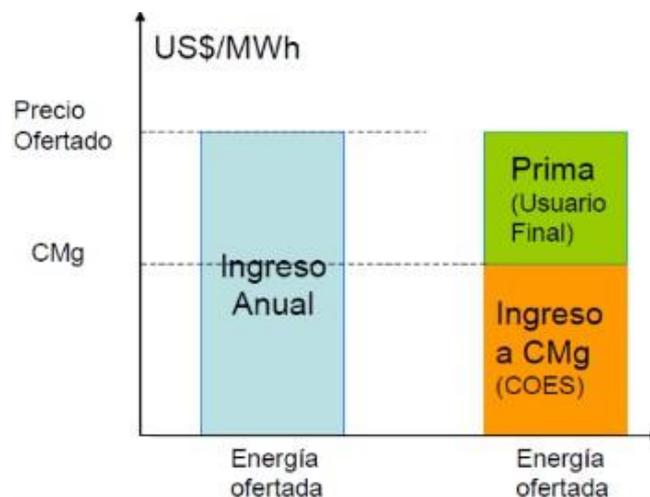
Los generadores RER que son adjudicatarios y se encuentran conectados al SEIN, deben vender parte o la totalidad de su energía eléctrica producida en el Mercado de Corto Plazo. Los ingresos anuales por concepto de venta de energía de los generadores RER adjudicatarios están compuestos por: Los ingresos producto de las inyecciones netas de su energía valorizada al costo marginal de corto plazo o precio spot; más el pago de la prima, que es determinado como la diferencia entre los ingresos al precio spot y la tarifa

de adjudicación, cuando el precio spot sea menor que la tarifa de adjudicación. (Dammert, 2021)

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. (Gutiérrez & Palacios, 2022)

Figura 17

*Esquema de líquidos de ingresos de un RER*



*Nota.* Imagen tomada de tesis de Gutiérrez & Palacios (2022)

### 2.4.3 Contratos PPA.

En cuanto a la venta de energía y potencia, la central tiene dos posibilidades: realizar un contrato a largo plazo (con algún cliente libre, distribuidora u otro generador) sobre toda o parte de su generación, o simplemente vender sus excedentes de energía y potencia al

mercado eléctrico. Los contratos de largo plazo proporcionan más estabilidad en cuanto a los precios en tanto que los precios en el mercado pueden variar en el corto plazo debido principalmente a las variaciones de los precios de los combustibles, situación que puede ser favorable para las plantas eléctricas con costos de operación y mantenimiento bajos, mientras los precios de los combustibles se mantienen altos. (Aravena, 2012)

Un PPA (Power Purchase Agreement) es un acuerdo de compraventa de energía limpia a largo plazo desde un activo concreto y a un precio prefijado entre un desarrollador renovable y un consumidor —por lo general, empresas que necesitan grandes cantidades de electricidad— o entre un desarrollador y un comercializador que revenderá la energía. La firma de un PPA podría entenderse como la venta de un proyecto y sus atributos medioambientales (Garantías de Origen): es un compromiso que permite al desarrollador renovable tomar una decisión de inversión bajo criterios de rentabilidad vs. riesgo y/o conseguir la financiación necesaria para ejecutar el proyecto. (Iberdrola, 2024)

#### Tipologías de PPA

Existen diversos tipos de PPA en función del punto de inyección de la energía:

Un PPA Onsite es un contrato para el suministro de energía eléctrica desde una instalación fotovoltaica montada ad hoc en las instalaciones del cliente y conectada a su red interior. El desarrollador renovable realiza la inversión, diseña, monta, opera y mantiene la instalación. La energía generada por los paneles es energía que el cliente deja de demandar de la red y el desarrollador la ofrece a un precio más competitivo.

Un PPA Offsite es un contrato asociado a un parque eólico o instalación de energía fotovoltaica utility scale conectado a la red de transporte o distribución del sistema eléctrico del país para llevar la energía desde su punto de origen al de consumo. (Iberdrola, 2024)

#### **2.4.4 Despacho de energía.**

La planificación del sistema en operación se fundamenta en el comportamiento progresivo y dinámico de la demanda de suministro eléctrico y la dependencia directa con la capacidad e infraestructura de las unidades de generación provenientes de las diferentes fuentes de energía, cuya optimización resulta en un suministro de energía seguro, confiable y equilibrado económicamente. Frente a estas condiciones el sistema de energía

debe tener la capacidad de cambiar su estructura para satisfacer a la carga, y mitigar o controlar riesgos, tales como:

- Disponibilidad de los recursos: combustibles, condiciones climáticas, etc.
- Crecimiento y ubicación de la demanda.
- Tecnología, capacidad y ubicación de las unidades de generación.
- Extensión y capacidad de las líneas de transmisión.
- Evolución de los costos en cada una de las etapas del sistema de potencia. (Vargas, 2023)

La planeación es un estudio continuo para establecer modelos pertinentes de optimización matemática que deben tomar en consideración las restricciones del sistema, considerar los posibles eventos ajenos y las propias limitaciones de operación; este proceso de planificación considera un despacho que se realiza hora a hora en un horizonte que se extiende a un periodo de días y varios casos hasta pocas semanas con el objetivo de abastecer la demanda proyectada en ese mínimo plazo con las unidades de generación que óptimamente ingresen a operar, y a pesar de que el tiempo es corto pueden existir picos imprevistos de demanda por lo que es indispensable también contar con un tanto de reserva de energía, todo este proceso se denomina predespacho. (Vargas, 2023)

Para la producción de energía en el sector eléctrico en el Perú se toma en cuenta el costo variable de cada una de las centrales eléctricas. De este modo los generadores eléctricos no deciden cuando producir, sino que sólo producirán cuando son llamados a hacerlo. El organismo encargado de ordenar el despacho (producción) es el COES, llamando primero a la producción a las centrales hidroeléctricas que tienen bajos costos variables, luego a las centrales de carbón, en seguida a las centrales de gas a ciclo simple, inmediatamente después a las centrales de gas a ciclo combinado y en último lugar a las centrales que funcionan con diesel o residual. El llamado al despacho depende además de los costos variables de la demanda. Así, por ejemplo, en horas de baja demanda no producen las centrales que tienen los costos variables más altos (centrales de punta), ya que basta con la producción de las centrales de costos variables bajos para cubrir los requerimientos del mercado. (Dammert, 2021)

Se ha decretado que la generación de energía eléctrica con RER tiene prioridad en el despacho diario efectuado por el COES, por lo que se le considera con costo variable de producción igual a cero. Este hecho permitirá que las primeras tecnologías en ser despachadas (producir energía) sean las que estén sustentadas con RER. (Dammert, 2021)

La oferta de generación de energía eléctrica es igual a la sumatoria de las Potencias Efectivas de las Centrales de Generación acopladas a un Sistema Eléctrico. Mientras que la Máxima Demanda es igual a la sumatoria de las demandas coincidentes en un mismo instante de tiempo en un sistema eléctrico de potencia. Según los bloques horarios del día, Horas Fuera de Punta desde las 23.00 horas de un día hasta las 18.00 horas del día siguiente y Horas punta desde las 18.00 horas a 23.00 horas de un mismo día. La disponibilidad de una reserva de generación de energía eléctrica en un sistema eléctrico depende de la capacidad de respuesta de cada planta a los cambios de carga. Las plantas hidráulicas reaccionan rápidamente, mientras que las térmicas son mucho más lentas, por esta razón se hace necesario clasificar los posibles tipos de reserva con que el sistema debe contar para satisfacer las necesidades que se puedan presentar. (Guevara & Muñoz, 2018)

### III. MATERIAL Y MÉTODO

#### 3.1 Material:

##### 3.1.1 Inventario de Centrales Solares fotovoltaicas.

###### Central Solar Rubí.

Tabla 2

*Características técnicas de la Central Solar Rubí*

Características técnicas	
Operador	Orygen Perú S.A.C
Potencia efectiva	144,8 MW
N° 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
N° de centros de transformación	41
Potencia de transformación	3,524 MVA
Relacion de transformación (kV)	0,4/33
N° 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\$

*Nota.* Información obtenida Osinergmin (2024)

Figura 18

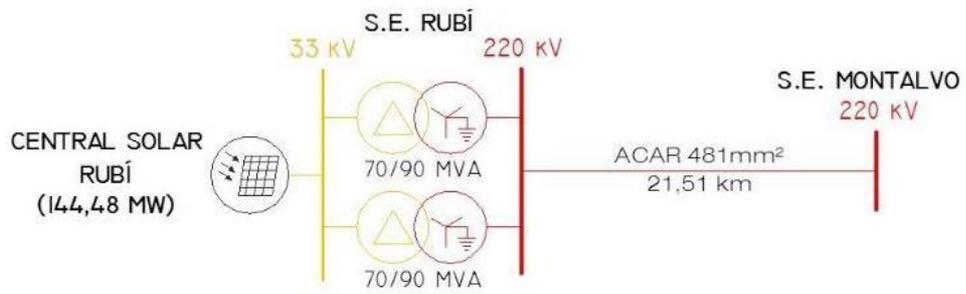
*Distribución de módulos FV de Central Solar Rubí*



*Nota.* Imagen tomada de Osinergmin (2023)

Figura 19

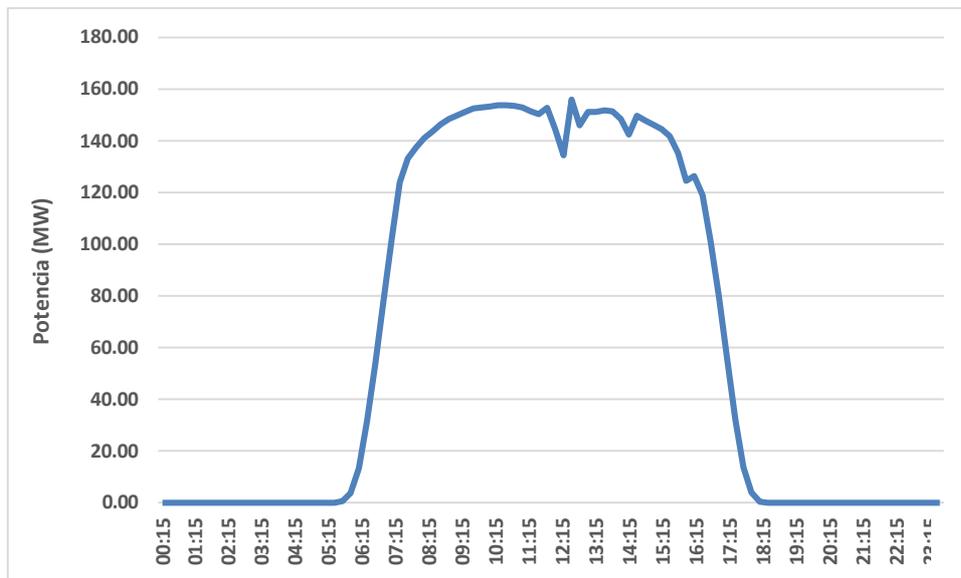
Diagrama unifilar Central Solar Rubí



Nota. Imagen tomada de Osinergmin (2023)

Figura 20

Diagrama de carga 03.02.2024 Central Solar Rubí



Nota. Informacion tomada de COES SINAC (2024)

## Central Solar Intipampa.

Tabla 3

### *Características técnicas de la Central Solar Intipampa*

Características técnicas	
Operador	Engie
Potencia efectiva	40 MW
Nº de módulos	138 320
Tipo	JKM330PP-72-V Silicio Policristalino
Potencia de módulos	320 Wp
Tipo de estructura	Seguidor Horizontal de 1 eje con Angulo de seguimiento de 55°
Numero de inversores	18
Potencia de inversores	2,35 MVA
Nº de centros de transformación	10
Potencia de transformación	4,7 MVA
Relacion de transformación (kV)	0,66/22,9
Nº de transformadores de potencia	1 de 50 MVA
Relacion de transformación (kV)	22,9/138
Marca	Siemens
Características comerciales	
Energía anual ofertada	108,4 GWh/año
Precio de la energía ofertada	48,5 U\$/MWh
Inversión	52,3 MMU\$

*Nota.* Informacion obtenida Osinergmin (2024)

Figura 21

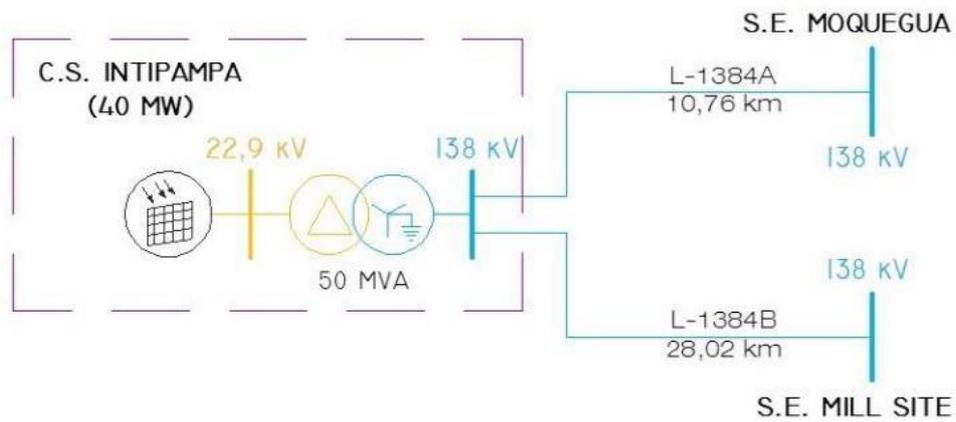
### *Esquema de distribución de módulos Central Solar Intipampa*



*Nota.* Imagen tomada de Osinergmin (2023)

Figura 22

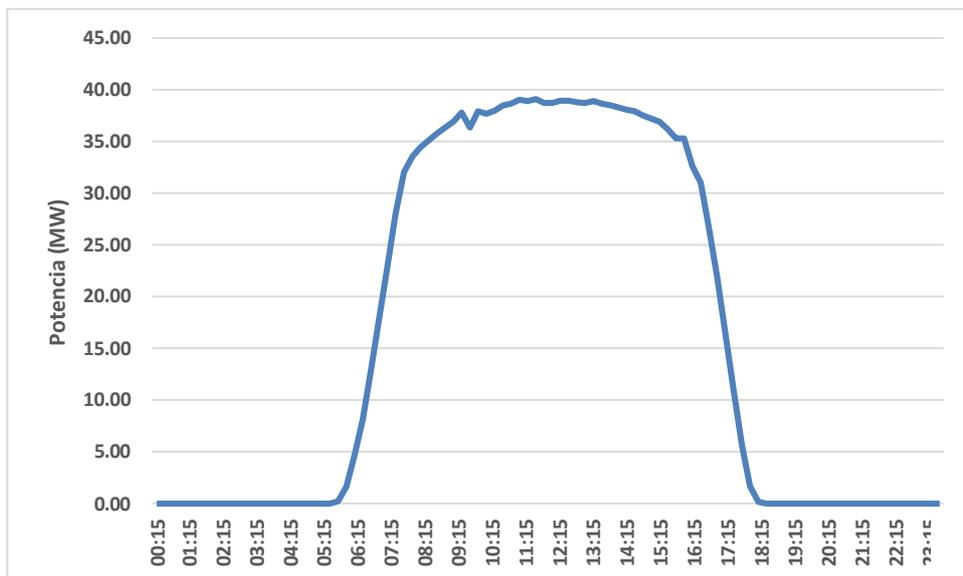
Diagrama unifilar Central Solar Intipampa



Nota. Imagen tomada de Osinergmin (2023)

Figura 23

Diagrama de carga típico 01.02.2024 Central Solar Intipampa



Nota. Informacion obtenida de COES SINAC (2024)

## Central Solar Moquegua FV

Tabla 4

*Características técnicas de la Central Solar Moquegua FV*

Características técnicas	
Operador	MOQUEGUA FV S.A.C.
Potencia efectiva	16 MW
N° de módulos	63 480
Marca	YL305P-35b Silicio policristalino
Potencia de módulos	280 Wp
Tipo de estructura	Seguidor Horizontal de 1 eje con Angulo de seguimiento de 45°
Numero de inversores	26 (24 x 625 kW + 2 x 500 kW)
Tipo de inversores	Fimer R11015TL NGECON SUN 880TL X345
N° de centros de transformación	16 (1 250 kVA c/u)
Marca de transformadores	Ormazábal
Relacion de transformación (kV)	0,3/23 kV

Características comerciales	
Energía anual ofertada	43 GWh/año
Precio de la energía ofertada	119,9 U\$/MWh
Inversión	43 MMU\$

*Nota.* Información obtenida Osinergmin (2024)

Figura 24

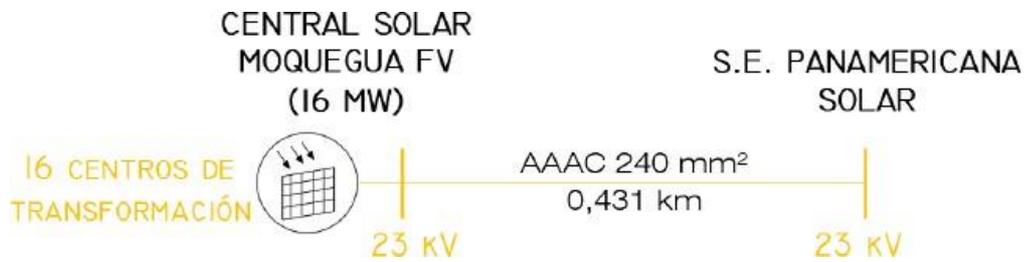
*Esquema de distribución de módulos Central Solar Moquegua FV*



*Nota.* Imagen tomada de Osinergmin (2023)

Figura 25

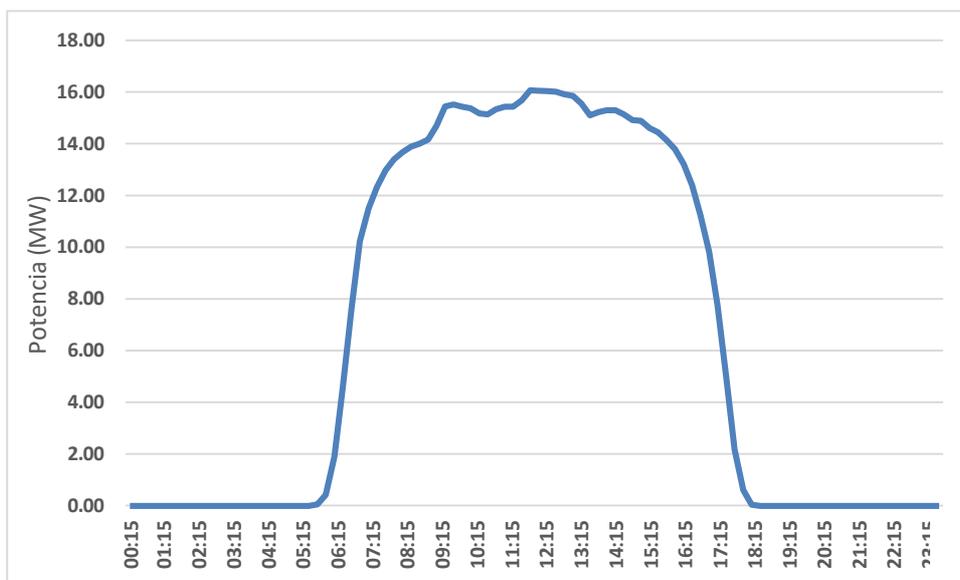
Diagrama unifilar Central Solar Moquegua FV



Nota. Imagen tomada de Osinergmin (2023)

Figura 26

Diagrama de carga 03.02.2024 Central Solar Moquegua FV



Nota. Informacion obtenida COES SINAC (2024)

## Central Solar Panamericana FV

Tabla 5

### *Características técnicas de la Central Panamericana Solar*

Características técnicas	
Operador	PANAMERICANA SOLAR SAC.
Potencia efectiva	20 MW
N° de módulos	71 334
Marca	YGE290 NH silicio policristalino
Potencia de módulos	290 Wp
Tipo de estructura	Seguimiento del Sol 1 eje horizontal
Numero de inversores	32 (625 kW c/u)
Tipo de inversores	Greenpower Technologies PV500
N° de centros de transformación	16 (1,25 MW c/u)
Potencia de transformación	1,25 MVA
Relacion de transformación (kV)	0,3/23
N° de transformadores de potencia	1 de 36 MVA
Relacion de transformación (kV)	23/138
Marca	Chint Delcrosa
Características comerciales	
Energía anual ofertada	50,67 GWh/año
Precio de la energía ofertada	215,0 U\$/MWh
Inversión	94,6 MMU\$

*Nota.* Información obtenida Osinergmin (2024)

Figura 27

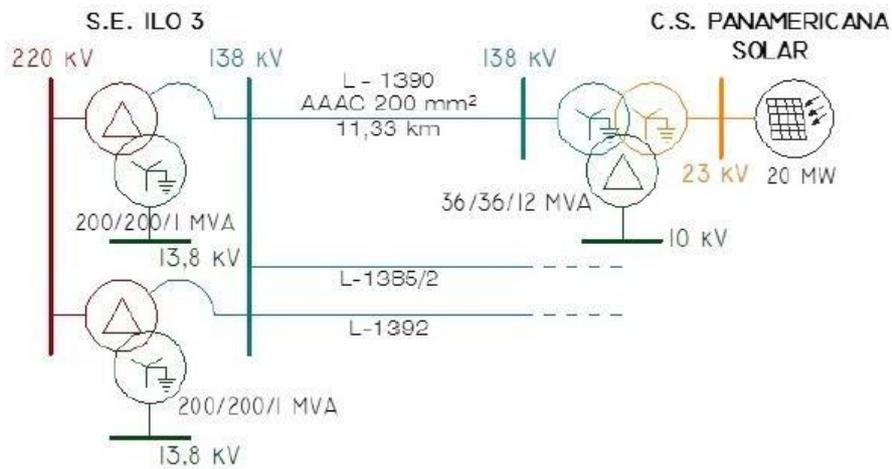
### *Instalación de seguidor solar Central Panamericana Solar*



*Nota.* Imagen tomada de Osinergmin (2023)

Figura 28

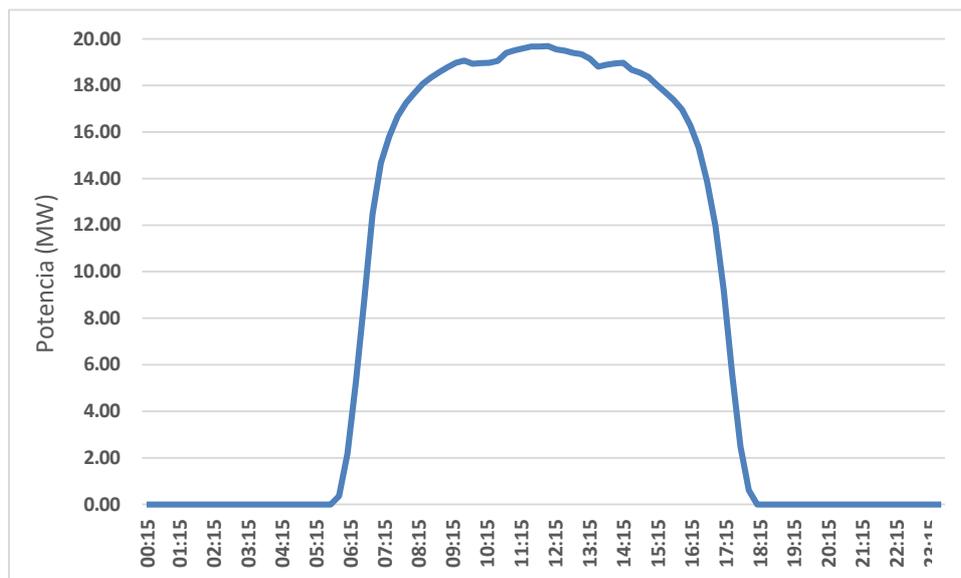
Diagrama unifilar Central Panamericana Solar



Nota. Imagen tomada de Osinergmin (2023)

Figura 29

Diagrama de carga de Central 03.02.2024 Panamericana Solar



Nota. Informacion obtenida COES SINAC (2024)

## Central Majes Solar 20T

Tabla 6

### *Características técnicas de la Central Majes Solar 20T*

Características técnicas	
Operador	MAJES ARCUS S.A.C.
Potencia efectiva	20 MW
N° de módulos	55 704
Marca	TS350/370/390/410_TSM-PE14A
Potencia de módulos	350, 370, 390 y 410 Wp
Tipo de estructura	Fijos
Numero de inversores	32 (625 kW c/u)
Tipo de inversores	GREEN POWER PV625 S2
N° de centros de transformación	16 (1 250 kW c/u)
Potencia de transformación	1,4 MVA
Relacion de transformación (kV)	0,3/23
N° de transformadores de potencia	1x20 MVA
Relacion de transformación (kV)	23/138
Marca	HYUNDAI
Características comerciales	
Energía anual ofertada	37,36 GWh/año
Precio de la energía ofertada	222,5 U\$/MWh
Inversión	73,6 MMU\$

*Nota.* Información obtenida Osinergmin (2024)

Figura 30

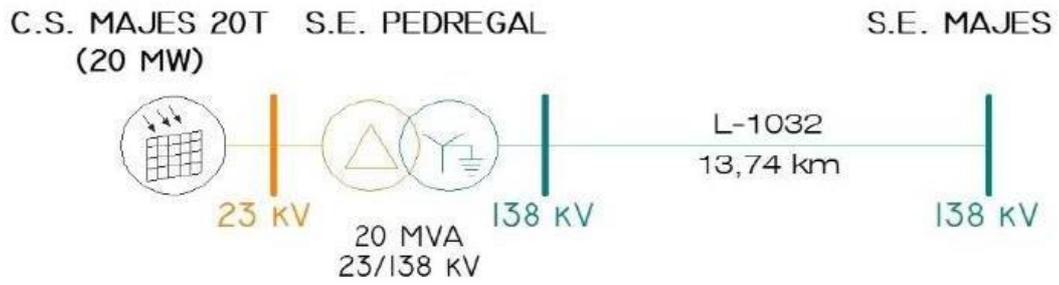
### *Vista panorámica Central Majes Solar 20T*



*Nota.* Imagen tomada de Osinergmin (2023)

Figura 31

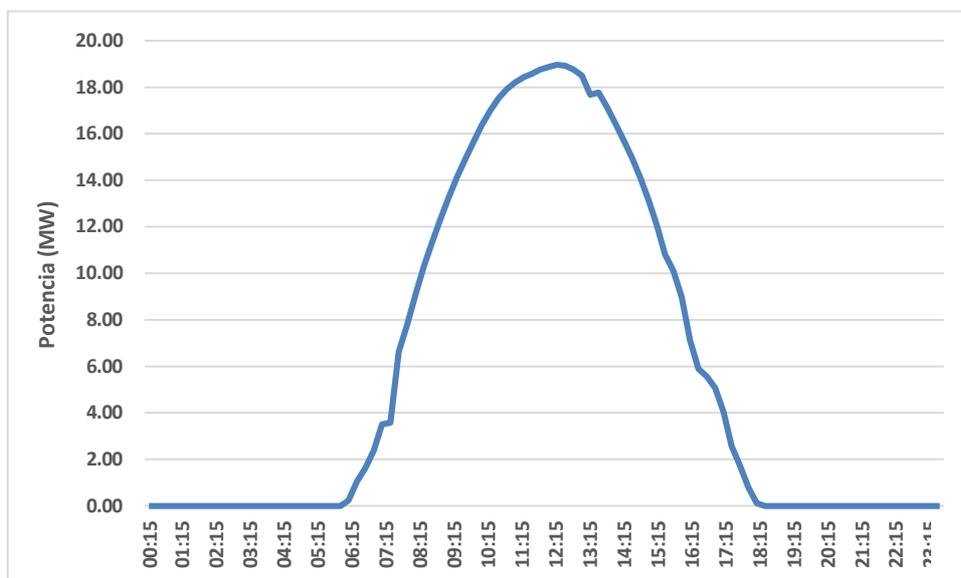
Diagrama unifilar Central Majes Solar 20T



Nota. Imagen tomada de Osinergmin (2023)

Figura 32

Diagrama de carga 01.02.2024 Central Majes Solar 20T



Nota. Informacion tomada de COES SINAC (2024)

## Central Tacna Solar

Tabla 7

### Características técnicas de la Central Tacna Solar

Características técnicas	
Operador	TACNA SOLAR S.A.C.
Potencia efectiva	20 MW
N° de módulos	74 988
Marca	YGE290 NH silicio policristalino
Potencia de módulos	290 Wp
Tipo de estructura	Seguimiento del Sol 1 eje horizontal
Numero de inversores	32 (625 kW c/u)
Tipo de inversores	Greenpower Technologies PV 500
N° de centros de transformación	16 (1,25 MW c/u)
Potencia de transformación	1,25 MVA
Relacion de transformación (kV)	0,3/23
N° de transformadores de potencia	1 de 20 MVA
Relacion de transformación (kV)	23/66
Marca	Delcrosa
Características comerciales	
Energía anual ofertada	47,19 GWh/año
Precio de la energía ofertada	225,0 U\$/MWh
Inversión	94,6 MMU\$

*Nota.* Información obtenida Osinergmin (2024)

Figura 33

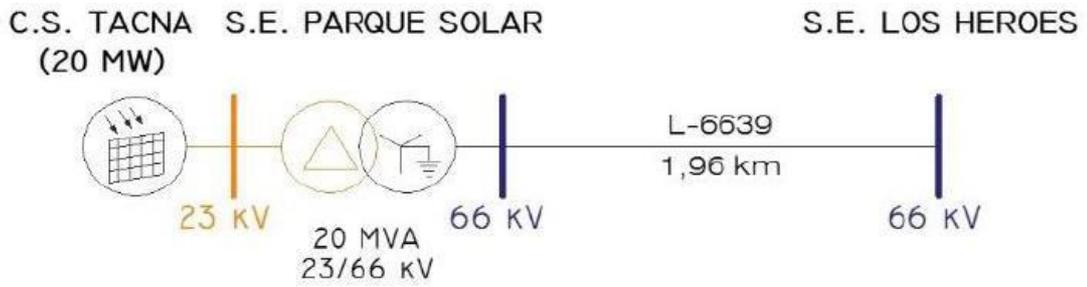
### Vista panorámica Central Tacna Solar



*Nota.* Imagen tomada de Osinergmin (2023)

Figura 34

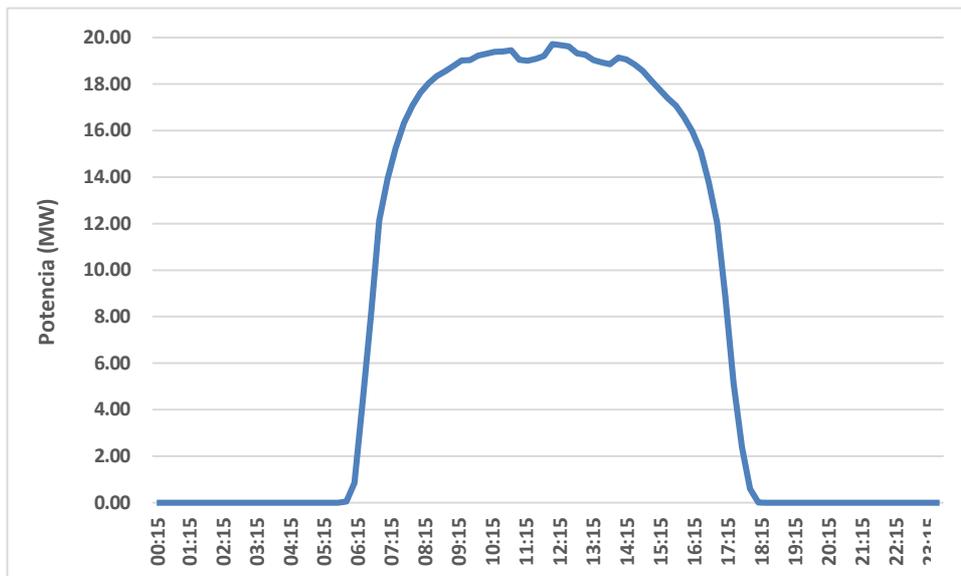
Diagrama unifilar Central Tacna Solar



Nota. Imagen tomada de Osinergmin (2023)

Figura 35

Diagrama de carga 04.02.2024 Central Tacna Solar



Nota. Informacion tomada de COES SINAC (2024)

## Central Solar Repartición 20T

Tabla 8

### *Características técnicas de la Central Solar Repartición 20T*

Características técnicas	
Operador	GRUPO T SOLAR GLOBAL S.A.
Potencia efectiva	20 MW
N° de módulos	55 704
Marca	TS350/370/390/410_TSM-PE14A Silicio amorfo com capa policristalina
Potencia de módulos	Módulos de 350, 370, 390 y 410 Wp
Tipo de estructura	Tecnología del seguimiento del sol: fijo
Numero de inversores	32 (625 kW c/u)
Tipo de inversores	PV625 S2
N° de centros de transformación	16 (1 250 kW c/u)
Potencia de transformación	1,4 MVA
Relacion de transformación (kV)	0,3/23
N° de transformadores de potencia	1 de 20 MVA
Relacion de transformación (kV)	23/138
Marca	HYUNDAI
Características comerciales	
Energía anual ofertada	37,44 GWh/año
Precio de la energía ofertada	223,0 U\$/MWh
Inversión	73,5 MMU\$

*Nota.* Información obtenida Osinergmin (2024)

Figura 36

### *Vista panorámica Central Solar Repartición 20T*



*Nota.* Imagen tomada de Osinergmin (2023)

Figura 37

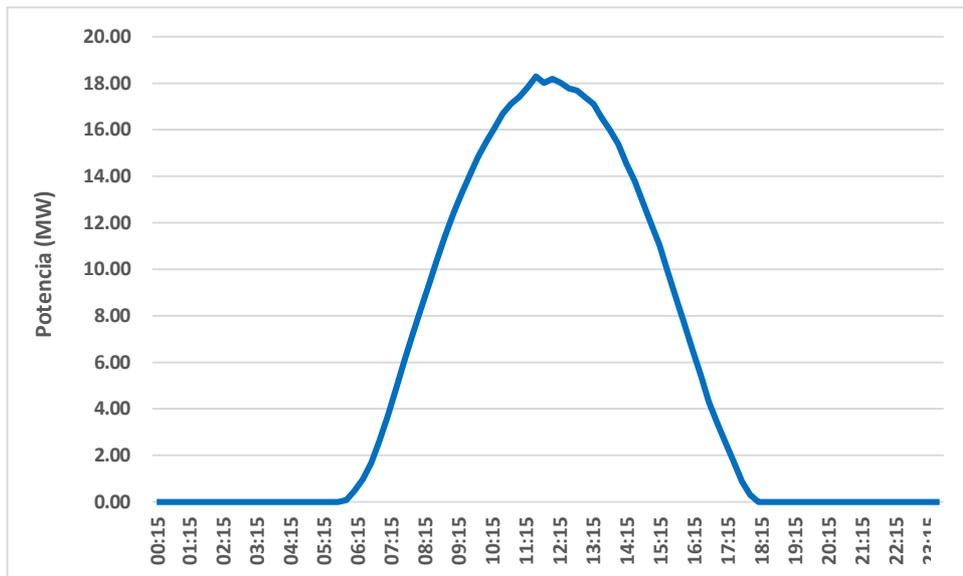
Diagrama unifilar Central Solar Repartición 20T



Nota. Imagen tomada de Osinergmin (2023)

Figura 38

Diagrama de carga 02.02.2024 Central Solar Repartición 20T



Nota. Información tomada de COES SINAC (2024)

## Central Solar Clemesi

Tabla 9

### *Características técnicas de la Central Solar Clemesi*

Características técnicas	
Operador	ORYGEN PERU S.A.A.
Potencia efectiva	116 MW
N° de módulos	229 140
Marca	JKM535M-72HL4-BDV bifaciales
Potencia de módulos	395 Wp
Tipo de estructura	Tecnología de seguimiento 60°
Numero de inversores	132
Tipo de inversores	SG3125HV-30
N° de centros de transformación	33
Potencia de transformación	6,8 MVA
Relacion de transformación (kV)	0,6/33
N° de transformadores de potencia	3 de 70 MVA
Relacion de transformación (kV)	23/220
Marca	CHINT
Características comerciales	
Energía anual ofertada	220,16 GWh/año
Precio de la energía ofertada	38,0 U\$/MWh
Inversión	80,7 MMU\$

*Nota.* Información obtenida Osinergmin (2024)

Figura 39

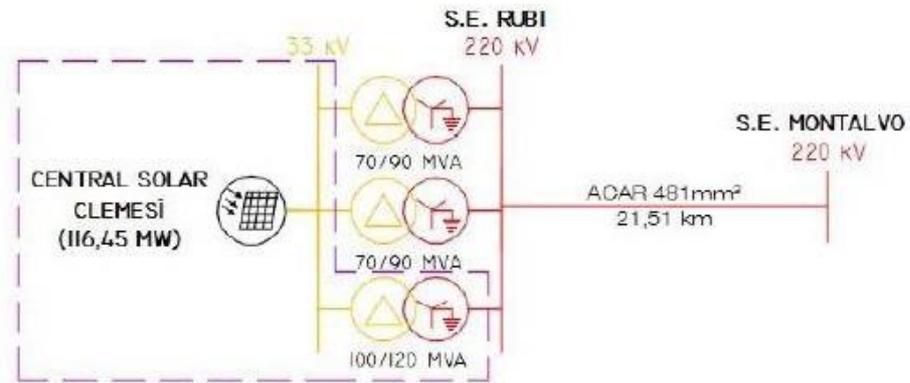
### *Vista panorámica Central Solar Clemesi*



*Nota.* Imagen tomada de Osinergmin (2024)

Figura 40

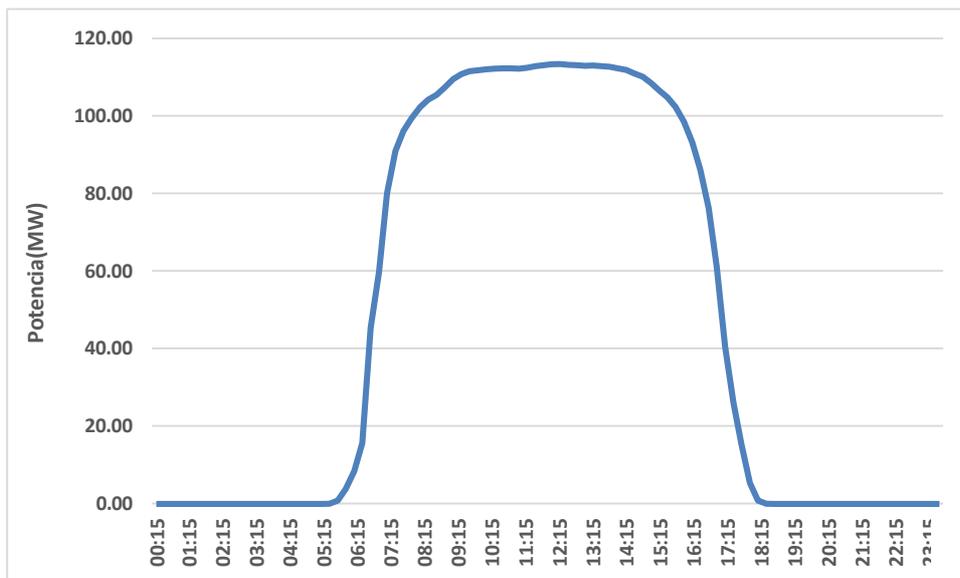
Diagrama unifilar Central Solar Clemesi



Nota. Imagen tomada de Osinergmin (2023)

Figura 41

Diagrama de carga 01.02.2024 Central Solar Clemesi



Nota. Informacion tomada de COES SINAC (2024)

### 3.1.2 Operación de la generación.

Tabla 10

*Evolución histórica de la máxima demanda SEIN (MW)*

MESES	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ENE	6573,25	6489,04	6876,29	7070,63	6909,64	7070,28	7294,24
FEB	6529,49	6576,97	6950,00	7125,30	6778,38	7146,76	7397,05
MAR	6595,58	6639,69	6990,67	7116,79	6832,66	7065,42	7583,37
ABR	6449,99	6710,67	6917,74	5173,49	6808,85	7024,30	7605,51
MAY	6427,46	6616,68	6884,75	5682,04	6869,71	6961,37	7342,70
JUN	6400,77	6542,24	6793,77	6101,78	6903,84	7069,91	7314,60
JUL	6312,86	6421,01	6739,28	6383,09	6855,78	7113,76	7280,21
AGO	6303,86	6519,27	6728,48	6550,73	6927,99	7073,72	7290,04
SET	6341,49	6554,19	6672,28	6607,53	6904,85	7315,80	7374,16
OCT	6341,24	6657,62	6840,57	6835,64	6973,07	7309,36	7354,21
NOV	6425,46	6785,79	6928,23	6836,60	7078,52	7426,57	7489,35
DIC	6462,40	6884,59	7017,57	6960,10	7173,03	7467,45	7545,01

*Nota.* Información obtenida COES SINAC

Tabla 11

*Evolución de la generación de energía SEIN (GWh)*

MESES	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ENE	4271,93	4255,25	4497,08	4603,82	4557,44	4683,97	4890,67
FEB	3851,71	3919,54	4140,24	4397,79	4154,35	4321,24	4526,44
MAR	4164,51	4315,87	4589,86	3999,06	4619,30	4718,93	5105,78
ABR	3963,74	4207,90	4346,36	3041,61	4326,83	4430,66	4829,06
MAY	4164,07	4287,98	4485,25	3344,72	4528,81	4594,95	4894,22
JUN	3999,39	4134,92	4289,36	3756,71	4438,20	4544,47	4772,72
JUL	4042,55	4200,01	4397,94	4139,42	4483,17	4697,05	4805,62
AGO	4116,77	4221,87	4401,60	4279,35	4571,39	4714,24	4905,69
SET	4013,13	4143,36	4269,94	4190,85	4468,15	4686,59	4826,36
OCT	4141,86	4354,59	4482,57	4464,68	4618,90	4847,26	4962,34
NOV	4052,90	4279,41	4397,73	4385,37	4,536,55	4832,06	4831,08
DIC	4210,71	4496,08	4591,22	4583,26	4687,26	5012,26	5043,41

*Nota.* Información obtenida COES SINAC

Tabla 12

*Centrales de Generación RER conformantes del SEIN*

Central	Operador	Potencia Efectiva (MW)	Recurso	Energía 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	Tacna Solar S.A.C	20	Solar	47,2
CS Majes 20T	Majes Arcus S.A.C	20	Solar	37,63
CS Panamericana 20T	Panamericana Solar S.A.C	20	Solar	50,68
CS Moquegua FV	Moquegua Fotovoltaico S.A.C	16	Solar	43
CS Rubí	Orygen Perú S.A.C	144,8	Solar	415
CS Intipampa	Engie	44,54	Solar	108,40
CS Yarucaya	Colca Solar S.A.C	1,29	Solar	1,1
CS Clemesi	Orygen Perú S.A.C	114,9	Solar	
CS Carhuaquero	Kondu	0,55	Solar	
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	Orygen Perú S.A.C	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
CE Punta Lomitas	Engie	260	Viento	
<b>TOTAL</b>		<b>1 139,91</b>		

*Nota.* Informacion obtenida de OSINERGMIN

Tabla 13

*Centrales Hidroeléctricas pertenecientes al SEIN*

	Central	Operador	Potencia Efectiva (MW)	Energía Media (GWh)
1	Mantaro	ELECTROPERU	678,7	5 126,6
2	Restitución	ELECTROPERU	219,4	1 628,6
3	Callahuanca	Enel Generación	84,4	582,1
4	Huampani	Enel Generación	30,9	230,6
5	Huinco	Enel Generación	277,9	1 127,8
6	Matucana	Enel Generación	137	828,8
7	Moyopampa	Enel Generación	69,2	502,1
8	Cañón del Pato	Orazul Energy	265,6	1342,5
9	Carhuaquero	Orazul Energy	94,5	79,3
10	Carhuaquero IV	Orazul Energy	10	67,2
11	Caña Brava	Orazul Energy	5,7	36,0
12	Cahua	Statkraft	45,4	243,1
13	Malpaso	Statkraft	48,5	209,6
14	Oroya	Statkraft	9,1	50,7
15	Pachachaca	Statkraft	9,7	31,5
16	Yaupi	Statkraft	113,7	782,6
17	Gallito Ciego	Statkraft	35,3	185,4
18	Pariac	Statkraft	4,8	17,7
19	Misapuquio	Statkraft	3,9	23,7
20	Cheves	Statkraft	179,6	709,2
21	San Antonio	Statkraft	0,6	2,5
22	San Ignacio	Statkraft	0,4	1,9
23	Huayllacho	Statkraft	0,2	1,2
24	Yuncan	Engie	136,7	788,9
25	Quitaracsá	Engie	117,8	448,8
26	Platanal	CELEPSA	227,1	1 041,3
27	Marañón	CELEPSA	19,9	139,1
28	Yanango	Chinango	43,1	205,6
29	Chimay	Chinango	152,3	713,9
30	Cerro del Aguila	Kallpa Generación	582,5	2 754,6
31	MCH Cerro del Aguila	Kallpa Generación	10,4	50,8
32	Santa Teresa	Inland Energy	89,9	638,4
33	Charcani I	Egasa	1,6	14,4
34	Charcani II	Egasa	0,6	4,8
35	Charcani III	Egasa	4,7	40,2
36	Charcani IV	Egasa	15,4	108,6
37	Charcani V	Egasa	146,6	691,7
38	Charcani VI	Egasa	8,9	64,6
39	Machupichu	Egamsa	168,8	1 172,7
40	San Gabán	San Gaban	115,7	742,2
41	Curumuy	Sinersa	12,5	53,6
42	Chancay	Sinersa	20,3	144,7

*Nota.* Información obtenida de OSINERGMIN

Nº	Central	Operador	Potencia Efectiva (MW)	Energía media (GWh)
43	Poechos I	Sinersa	14,6	61,2
44	Poechos II	Sinersa	9,6	51
45	Chaglla	Emp. Generación Huallaga	470,4	1 643,3
46	PCH Chaglla	Emp. Generación Huallaga	6,4	52,6
47	Huanchor	Hidroeléctrica Huanchor	19,8	149,3
48	Aricota I	Egesur	22,1	55,9
49	Aricota II	Egesur	12,2	35
50	Her I	Enel Generación	0,7	2,7
51	Patapo	Hydro Patapo	0,9	3,3
52	Carhuac	Andean Power	20,4	118,5
53	Zaña	Electro Zaña	13,2	73
54	El Carmen	Generación Andina	8,6	41,6
55	8 de agosto	Generación Andina	20,6	106
56	Manta	Peruana de Inversiones en Energías Renovables	20,8	70,2
57	La Virgen	La Virgen	62,1	348
58	Renovandes H1	Santa Ana	20,9	158,3
59	Ángel I	GEPSA	20,1	88,7
60	Ángel II	GEPSA	20	97,5
61	Ángel III	GEPSA	20,1	92,3
62	La Joya	GEPSA	9,1	45,6
63	Yanapampa	Eléctrica Yanapampa	3,9	24,4
64	Nueva Imperial	Hidrocañete	4	26,8
65	Rucuy	Generación Eléctrica Rio Baños	20,3	119,5
66	Yarucaya	Huaura Power	18,1	132,8
67	Potrero	Agua azul	20,2	92,8
68	Pías	Aguas y energía	12	59,3
69	Purmacana	Atria Energía	1,8	2,7
70	Canchayllo	Emp. Generación Canchayllo	5,2	26,3
71	Huanza	Emp. Generación Huanza	98,3	362,1
72	Runatullo III	Emp. Generación Junin	20	96,1
73	Runatullo II	Emp. Generación Junin	20	78,8
74	Pizarras	Eléctrica Rio Doble	19,2	98,6
75	Santa Rosa I	Eléctrica Santa Rosa	1,0	5,9
76	Huasahuasi	Hidroeléctrica Santa Cruz	9,9	41
77	Huasahuasi II	Hidroeléctrica Santa Cruz	10	43,6
78	Santa Rosa II	Eléctrica Santa Rosa	1,6	9,9
79	Santa Cruz I	Hidroeléctrica Santa Cruz	6,6	28,8
80	Santa Cruz II	Hidroeléctrica Santa Cruz	6,5	32,5
81	Roncador	Maja Energía	3,7	15,8
TOTAL			5 274,0	28 699,40

*Nota.* Informacion obtenida de OSINERGMIN

Tabla 14

*Centrales Termoeléctricas pertenecientes al SEIN*

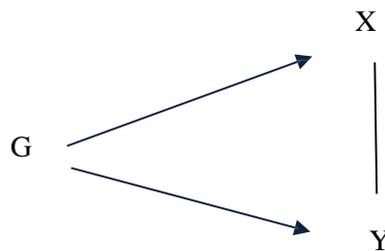
N <sup>o</sup>	Central	Operador	Potencia efectiva (MW)	Combustible	Heat Rate (Unid/kWh)
1	Turbo Gas Natural Malacas TG6	Enel generación Piura	49,6	Gas Natural	9,951
2	Turbo Gas Natural Malacas 4A	Enel generación Piura	91,6	Gas Natural	11,227
3	Turbo Gas Natural Oquendo	SDF Energía	32,2	Gas Natural	9,800
4	Turbo Gas Natural Santa Rosa UTI 6	Enel generación Perú	53,7	Gas Natural	12,622
5	Turbo Gas Natural Santa Rosa UTI 5	Enel generación Perú	47,9	Gas Natural	12,829
6	Turbo Gas Natural Santa Rosa TG7	Enel generación Perú	110,7	Gas Natural	11,502
7	Turbo Vapor de Shougesa	SHOUGESA	61,8	Residual 500	0,326
8	Grupo Diesel Shougesa	SHOUGESA	1,2	Diesel B5	0,218
9	Turbo Gas Natural Aguaytía TG1	TERMOSELVA	90,1	Gas Natural	11,464
10	Turbo Gas Natural Aguaytía TG2	TERMOSELVA	90,0	Gas Natural	11,474
11	GN CC TG3 Ventanilla (S/f/a)	Enel generación Perú	224,4	Gas Natural	7,084
12	GN CC TG3 Ventanilla (c/f/a)	Enel generación Perú	12,9	Gas Natural	7,122
13	GN CC TG4 Ventanilla (S/f/a)	Enel generación Perú	225,3	Gas Natural	7,156
14	GN CC TG3 Ventanilla (c/f/a)	Enel generación Perú	14,0	Gas Natural	7,186
15	Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	Enel generación Perú	191,2	Gas Natural	10,188
16	GN CC Las Flores	Kallpa generación	321,8	Gas Natural	6,505
17	Chilina GD N° 1 al 2	Egasa	10,3	Diesel B5	0,222
18	Chilina Turbo gas	Egasa	12,2	Diesel B5-S50	0,360
19	Mollendo 1 GD	Egasa	24,5	Diesel B5-S50	0,202
20	Independencia GD (Ex Calana)	Egesur	23,1	Gas Natural	8,859
21	GN CC Santo Domingo	Termochilca	297,3	Gas Natural	6,931
22	GN CC Kallpa	Kallpa generación	896,3	Gas Natural	6,840
23	GN CC Fénix	FENIX POWER	572	Gas Natural	6,682
24	GN CC Chilca 1	Engie	803,4	Gas Natural	6,752
25	GN Chilca 2	Engie	114	Gas Natural	6,976
26	Reserva Fría Talara	Enel generación Piura	184,9	Diesel B5-S50	0,238
27	Reserva Fría Ilo	Engie	502,8	Diesel B5-S50	0,230
28	Reserva Fría Puerto Eten	COBRA	225,1	Diesel B5-S50	0,237
29	Nodo Energético Puerto Ilo	Engie	618,6	Diesel B5-S50	0,230
30	Reserva Fría Pucallpa	I&E del Perú	44,1	Diesel B5-S50	0,260
31	Reserva Fría Puerto Maldonado	I&E del Perú	17,4	Diesel B5-S50	0,254
32	Nodo Energético del Sur Puerto Bravo	SAMAY	723,6	Diesel B5-S50	0,234
33	RECKA TG1	Minera Cerro Verde	179,4	Diesel B5-S50	0,240
34	GD Tumbes	Electroperú	17,4	Diesel B5-S50	0,18
TOTAL			6 854,4		

*Nota.* Información obtenida de OSINERGMIN

### 3.2 Método.

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

**3.2.2** El diseño de la investigación es no experimental, en la cual se observan los fenómenos o acontecimientos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. En un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes. Y de tipo longitudinal, porque son aquellos donde los datos se recolectan en varias ocasiones a lo largo de un período de tiempo, con el objetivo de hacer descripciones o inferencias sobre los cambios que van sufriendo las variables de estudio a través del tiempo.



Donde:

G: Centrales solares fotovoltaicas.

X: Almacenamiento de energía en BESS

Y: Dinámica del sistema de generación

### **3.2.4 Metodología de cálculo:**

Se detalla la secuencia de cálculo en la determinación de resultados y discusión realizado del presente informe se tuvo en cuenta el siguiente procedimiento metodológico.

- Estimación del volumen de energía almacenada de un BESS según la curva de producción de energía de una central fotovoltaica.

Se identifica el valor medio de la energía generada por las centrales solares fotovoltaicas que se toman en cuenta en el presente estudio. No se toman en cuentas las Centrales Solares Yarucaya y Carhuaquero porque ya tienen instalado dentro de la planta sus BESS.

Para ello se determina el factor de carga medio de cada Central Solar, con la cual se identificó la energía media generada garantizada a inyectar por los BESS.

- Dimensionamiento de los sistemas BESS. Según el valor de la energía media generada por las centrales solares se dimensiono la capacidad del sistema de almacenamiento de tal forma que pueda inyectar sus excedentes de generación no almacenada en horas fuera de punta durante el día. El valor determinante de la capacidad del BESS es la potencia máxima de salida de su unidad de transformación conectada al SEIN, la cual limita la máxima potencia a inyectar.

La capacidad del BESS se determinó según la siguiente ecuación:

$$Capacidad\ BESS\ (MWh) = \frac{Potencia\ requerida\ (MW) * Duracion\ de\ descarga(h)}{Profundidad\ de\ descarga * Eficiencia\ de\ la\ Bateria} \dots (2)$$

- Evaluación del desempeño de los BESS en las centrales solares fotovoltaica con la implementación de un peak shaving. El desempeño de la almacenamiento y de la inyección se determina en función a la capacidad de poder cubrir los valores de máxima demanda en las horas punta del SEIN

$$Potencia\ efectiva\ a\ almacenar_{CE} = Potencia\ efectiva\ real\ producida_{CE}\ para\ un\ i-dia - Potencia\ efectiva\ real\ a\ inyectar_{CE} \dots \dots \dots (3)$$

- Determinación del efecto de los BESS sobre la reducción de costos de generación en el mercado eléctrico peruano.  
Se realizo un supuesto de reemplazo de la potencia generada en los BESS en la potencia inyectada por las centrales termoeléctricas que operan en la cobertura de la máxima demanda, estimándose la potencia y la energía desplazada con generación Termoelectrica producto de la inyección de la energía almacenada en los BESS.
- Se propone mecanismos de promoción para los sistemas BESS en centrales solares fotovoltaicas.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

##### 4.1 Determinación de la energía media almacenada.

a. Para la Central Solar FV Intipampa.

Se presentan los resultados de su evaluación estadística:

Figura 42

*Resultados estadísticos de la operación de Central Solar Intipampa*

N	Válido	363
	Perdidos	30
Media		304,1337
Error estándar de la media		3,17316
Mediana		302,3500
Moda		90,92 <sup>a</sup>
Desviación estándar		60,45678
Asimetría		-,383
Error estándar de asimetría		,128
Curtosis		,216
Error estándar de curtosis		,255
Rango		319,48
Mínimo		90,92
Máximo		410,40
Suma		110400,52
Percentiles	5	199,1704
	10	242,2900
	15	253,9742
	20	257,1480
	25	263,0440
	30	269,6646
	35	274,4282
	40	282,4914
	45	292,7120
	50	302,3500
	75	347,7610
	95	395,4976

*Nota.* Elaboracion propia.

Análisis:

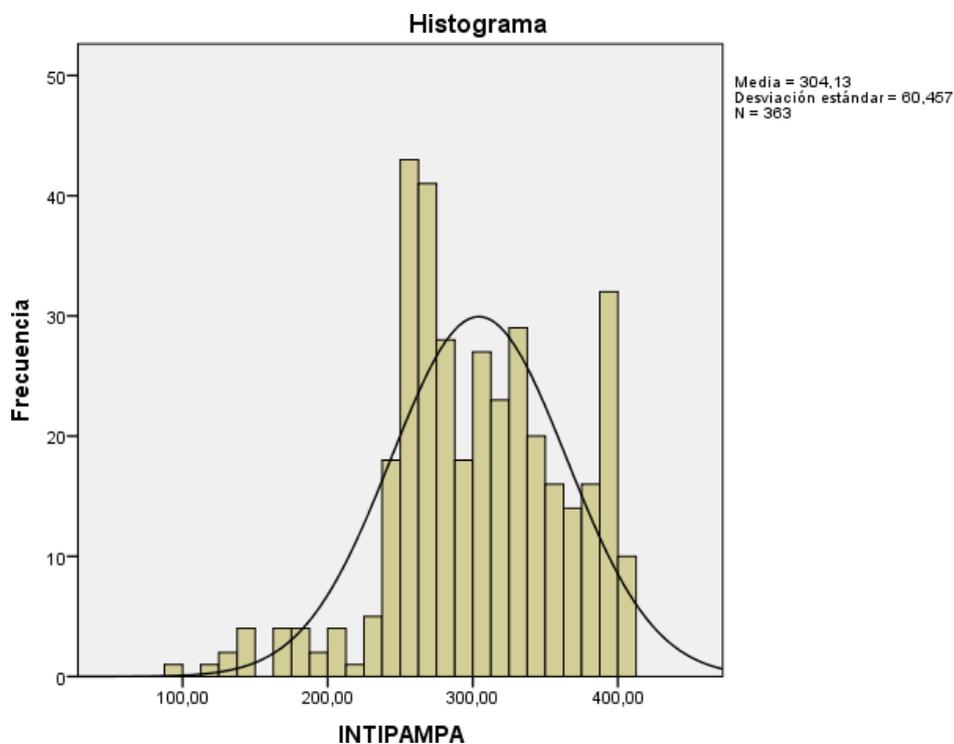
El valor de la mediana es igual 302,35 MWh/día y es menor al valor promedio (304,13 MWh/día), mostrando una asimetría positiva con un valor de -0,383, con lo cual la mayor parte de los datos de generación diaria de energía son menores al valor promedio. Del mismo modo se tiene un valor de curtosis igual 0,216, con lo cual la tendencia de la curva de distribución es leptocúrtica, que indica que la mayor parte de los datos de generación diaria de energía se concentran cerca del valor de la mediana.

Con respecto al valor de la desviación estándar es de 60,45 MWh/día, la cual representa la desviación de la generación producida con respecto al valor medio.

Para el percentil P5 se tiene un valor de 199,17 MWh/día, lo que significa que tan solo el 5% de los días del año la generación de energía es de hasta 199,17 MWh. Del mismo modo con respecto a los cuartiles, para el cuartil Q1, el 25 % de los datos diarios de generación alcanzan una generación máxima de hasta 263 MWh/día. Con lo cual podemos afirmar que es un valor significativo, ya que el 75% de los días de operación se superan el valor de 263 MWh/día.

Figura 43

*Histograma de la información de generación de la Central Solar Intipampa*



Nota. Elaboración propia.

Al ser una distribución no normal, es más relevante el empleo de la mediana sobre el valor medio. Por lo tanto, se tomarán en cuenta dos alternativas para seleccionar los sistemas BESS:

Caso 1: Dimensionamiento según el valor mínimo 90,92 MWh/día. Con un factor de planta de generación de:

$$\text{Factor de planta} = \frac{90,92 \text{ MWh}}{40 \text{ MW} * 24\text{h}} * 100\% = 9,47\%$$

$$\text{Días de operación del BESS} = 365 \text{ días}$$

Caso 2: Dimensionamiento según el valor percentil 5 P5: 199,17 MWh/día. Con un factor de planta de generación de:

$$\text{Factor de planta} = \frac{199,17 \text{ MWh}}{40 \text{ MW} * 24\text{h}} * 100\% = 20,75\%$$

$$\text{Días de operación del BESS} = 365 * (1 - 0.05) = 346,75 = 346 \text{ días}$$

Caso 3: Dimensionamiento según el cuartil Q1 : 263,05 MWh/día. Con un factor de planta de generación de:

$$\text{Factor de planta} = \frac{263,05 \text{ MWh}}{40 \text{ MW} * 24\text{h}} * 100\% = 27,40\%$$

$$\text{Días de operación del BESS} = 365 * (1 - 0.25) = 273,75 = 273 \text{ días}$$

Caso 4: Dimensionamiento según el Q2 o la mediana: 302,35 MWh/día. Con un factor de planta de generación de:

$$\text{Factor de planta} = \frac{302,35 \text{ MWh}}{40 \text{ MW} * 24\text{h}} * 100\% = 31,50\%$$

$$\text{Días de operación del BESS} = 365 * 0,5 = 182,5 = 182 \text{ días}$$

Seguidamente se presenta el resumen de los análisis estadísticos para el dimensionamiento de los sistemas BESS de las centrales SFV del Perú.

Tabla 15

*Análisis estadístico descriptivo*

N°	CSFV	Potencia (MW)	Media (MWh/día)	Mediana (MWh/día)	Dif. Abs. (%)	Asimetría	Curtosis
1	Rubí	144,8	1 246,25	1 227,72	1,48	-0,179	-0,133
2	Clemesi	116	924,38	912,65	1,26	-0,292	0,097
3	Intipampa	40	304,13	302,35	0,58	-0,383	0,216
4	Panamericana Solar	20	157,49	156,09	0,88	-0,605	1,132
5	Majes Solar	20	125,40	127,58	1,73	-2,878	16,341
6	Tacna Solar	20	144,47	146,56	1,44	-0,426	-0,067
7	Repartición	20	123,09	124,96	1,51	-2,299	8,193
8	Moquegua FV	16	129,69	129,37	0,24	-0,516	0,487

Para la asimetría: Si es (+) entonces es sesgado a la izquierda, si es (-) es sesgado a la derecha

Para la curtosis: Si es (+) es leptocúrtica o centrada en la mediana. Si es (-) es platicúrtica o sus datos no están espaciados en sus dos extremos de la curva de distribución.

*Nota.* Elaboración propia.

Tabla 16

*Energía por almacenar (MWh/día)*

N°	CSFV	Potencia (MW)	Mínimo	P5	Q1	Mediana
1	Rubí	144,8	494,95	937,59	1 088,83	1 227,72
2	Clemesi	116	380,66	693,60	818,82	912,65
3	Intipampa	40	90,92	199,17	263,04	302,35
4	Panamericana Solar	20	29,06	107,88	141,13	156,09
5	Majes Solar	20	12,48	105,53	119,84	127,58
6	Tacna Solar	20	32,72	80,53	120,57	146,56
7	Repartición	20	50,63	102,59	116,51	124,96
8	Moquegua FV	16	32,57	87,09	116,79	129,37

*Nota.* Elaboración propia.

## 4.2 Desempeño de un BESS para peak shaving.

a. Dimensionamiento de BESS.

Para la Central Solar FV Intipampa.

**Caso: Energía mínima generada.**

Potencia máxima de inyección del BESS entre las 18.00 a 23.00 horas:

$$Potencia\ maxima\ de\ inyeccion = \frac{90,92\ MWh}{5\ h} = 18,184\ MW$$

Energía almacenada BESS: 90,92 MWh. (Disponible para ser inyectada)

Siendo los valores de diseño:

Energía almacenada BESS: 90,92 MWh.

Dimensionamiento del sistema BESS.

Capacidad máxima de carga de batería a1 80% de su capacidad nominal

Capacidad mínima de descarga de batería a1 20% de su capacidad nominal.

Se requiere un total de 90,92 MWh, lo que representa el 80% de la capacidad del BESS para una descarga máxima en la cual quede 20%.

Con lo cual el 100% de la capacidad del BESS representa un total de:

$$Capacidad\ BESS\ (MWh) = \frac{90,92\ MWh * 100\%}{80\%} = 113,65\ MWh$$

Aplicando una eficiencia del 90%

$$Capacidad\ BESS\ (MWh) = \frac{113,65\ MWh}{0,9} = 126,28\ MWh$$

Por lo tanto, el 100% de la capacidad del BESS será de 126,28 MWh.

La capacidad del BESS es función a la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad BESS (MWh)} = \frac{\text{Potencia requerida (MW)} * \text{Duracion de descarga(h)}}{\text{Profundidad de descarga} * \text{Eficiencia de la Bateria}}$$

Duración de la descarga: 3 horas (valor típico de los sistemas BESS)

Profundidad de descarga: 80%

Eficiencia de la Batería: 90%, (de Ion Litio)

$$\text{Capacidad BESS (MWh)} = \text{Potencia requerida (MW)} * \text{Duracion de descarga(h)}$$

$$126,28 \text{ MWh} = \text{Potencia requerida (MW)} * 3 \text{ h}$$

$$\text{Potencia requerida} = 42,09 \text{ MW}$$

Generalmente la relación de potencias y energía almacenada para sistemas BESS comerciales varía entre:

$$\frac{\text{Energía}}{\text{Potencia}} = [0,5 - 3,0]$$

De los catálogos de la Empresa Sungrow Power Supply Co., Ltd. (la cual es la empresa que ha comercializado BESS en el Perú a las Empresas Engie, Kallpa y Orygen), se selecciona el modelo ST3727KWH(L)-D1250HV+SG3125HV-MV

Cuya potencia nominal es de 1 250 kW.

Capacidad de 3 727 kWh

Para una relación:

$$\frac{3\ 727}{1\ 250} = 2,98 \in [0,5 - 3,0]$$

Se tiene el siguiente resultado.

$$N^{\circ} \text{ de Unidades} = \frac{126,28 \text{ MWh}}{3,727 \text{ MWh/unidad}} = 33,88 = 34 \text{ unidades}$$

Se seleccionan 34 unidades BESS de 1,25 MW y 3,727 MWh de capacidad nominal en el año 0 (Beginning of Life - BoL). Con un total de 42,5 MW y 126,718 MWh.

Agrupadas en 4 circuitos de:

Circuito 1: 9 Unidades de 1,25 MW x 3,727 MWh.

Circuito 2: 9 Unidades de 1,25 MW x 3,727 MWh.

Circuito 3: 8 Unidades de 1,25 MW x 3,727 MWh.

Circuito 4: 8 Unidades de 1,25 MW x 3,727 MWh.

Cada BESS cuenta con 1 inversor bidireccional con una tensión de 1 500 voltios

Del mismo modo un transformador elevador de 1,5 kV/22,9 kV, con un factor de potencia de 0,9, acoplados a una barra de potencia de 22,9 kV. Empleando el S.E.P. Intipampa de 22,9/138 kV.

Según la figura 21 se podrá acoplar al S.E.P Moquegua 138 kV o S.E.P Mill Site 138 kV en horarios punta entre las 18.00 a 23.00 horas, no requirieron ampliación del actual sistema de transformación de potencia ni de la red de transmisión secundaria L-1384A o L-1384B.

#### **Caso: Energía inyectado según P5.**

Potencia máxima de inyección del BESS entre las 18.00 a 23.00 horas:

$$Potencia\ maxima\ de\ inyeccion = \frac{199,17\ MWh}{5\ h} = 39,834\ MW$$

Energía almacenada BESS: 39,834 MWh. (Disponible para ser inyectada)

Siendo los valores de diseño:

Potencia del BESS: 39,834 MW.

Energía almacenada BESS: 199,17 MWh.

Dimensionamiento del sistema BESS.

Capacidad máxima de carga de batería a1 80% de su capacidad nominal

Capacidad mínima de descarga de batería a1 20% de su capacidad nominal.

Se requiere un total de 199,17 MWh, lo que representa el 80% de la capacidad del BESS para una descarga máxima en la cual quede 20%.

Con lo cual el 100% de la capacidad del BESS representa un total de:

$$\text{Capacidad BESS (MWh)} = \frac{199,17 \text{ MWh} * 100\%}{80\%} = 248,96 \text{ MWh}$$

Aplicando una eficiencia del 90%

$$\text{Capacidad BESS (MWh)} = \frac{249,96 \text{ MWh}}{0,9} = 276,62 \text{ MWh}$$

Por lo tanto, el 100% de la capacidad del BESS será de 276,62 MWh.

La capacidad del BESS es función a la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad BESS (MWh)} = \frac{\text{Potencia requerida (MW)} * \text{Duracion de descarga(h)}}{\text{Profundidad de descarga} * \text{Eficiencia de la Bateria}}$$

Duración de la descarga: 3 horas (valor típico de los sistemas BESS)

Profundidad de descarga: 80%

Eficiencia de la Bateria: 90%, (de Ion Litio)

$$\text{Capacidad BESS (MWh)} = \text{Potencia requerida (MW)} * \text{Duracion de descarga(h)}$$

$$276,62 \text{ MWh} = \text{Potencia requerida (MW)} * 3 \text{ h}$$

$$\text{Potencia requerida} = 92,20 \text{ MW}$$

Generalmente la relación de potencias y energía almacenada para sistemas BESS comerciales varía entre:

$$\frac{\text{Energía}}{\text{Potencia}} = [0,5 - 3,0]$$

De los catálogos de la Empresa Sungrow Power Supply Co., Ltda, se selecciona el modelo ST3727KWH(L)-D1250HV+SG3125HV-MV

Cuya potencia nominal es de 1 250 kW.

Capacidad de 3 727 kWh

Para una relación:

$$\frac{3\,727}{1\,250} = 2,98 \in [0,5 - 3,0]$$

Se tiene el siguiente resultado.

$$N^{\circ} \text{ de Unidades} = \frac{276,62 \text{ MWh}}{3,727 \text{ MWh/unidad}} = 74,22 = 75 \text{ unidades}$$

Se seleccionan 75 unidades BESS de 1,25 MW y 3,727 MWh de capacidad nominal en el año 0 (Beginning of Life - BoL). Con un total de 93,75 MW (calculado requerido 92,20 MW) y 279,52 MWh (calculado requerido 276,22 MWh)

Agrupadas en 4 circuitos de:

Circuito 1: 19 Unidades de 1,25 MW x 3,727 MWh.

Circuito 2: 19 Unidades de 1,25 MW x 3,727 MWh.

Circuito 3: 19 Unidades de 1,25 MW x 3,727 MWh.

Circuito 4: 18 Unidades de 1,25 MW x 3,727 MWh.

Cada BESS cuenta con 1 inversor bidireccional con una tensión de 1 500 voltios

Del mismo modo un transformador elevador de 1,5 kV/22,9 kV, con un factor de potencia de 0,9, acoplados a una barra de potencia de 22,9 kV. Empleando el S.E.P. Intipampa de 22,9/138 kV.

Según la figura 21 se podrá acoplar al S.E.P. Moquegua 138 kV o S.E.P. Mill Site 138 kV en horarios punta entre las 18.00 a 23.00 horas, no requirieron ampliación del actual sistema de transformación de potencia ni de la red de transmisión secundaria L-1384A o L-1384B, debido a que la capacidad de flujo actual es para 40 MW, siendo la potencia inyectada en horas punta de 39,834 MW.

Para los siguientes Q1 y Mediana, será necesario el reforzamiento de la red de transmisión secundaria desde S.E.P. Intipampa de 22,9/138 kV hacia el S.E.P. Moquegua 138 kV o S.E.P. Mill Site 138 kV para poder operar en horas punta.

- b. Seguidamente se presenta las matrices soluciones para los casos mínimo, P5, Q1 y Mediana para las 08 Centrales Solares fotovoltaicas.

Tabla 17

*Características de los sistemas de almacenamiento -Caso: Generación mínima*

Central SFV	Potencia (MW)	Energía inyectada (MWh/día)	Potencia inyectada (MW)	Capacidad BESS (MWh/día)	Potencia requerida BESS (MW)	N° de BESS	Energía BESS real (MWh/día)	Potencia real BESS (MW)	Detalle
Rubí	144,8	494,95	98,990	687,43	229,14	185	689,495	231,25	No requiere reforzamiento de red de transmisión secundaria ni S.E.P de salida
Clemesi	116	380,66	76,132	528,69	176,23	142	529,234	177,5	
Intipampa	40	90,92	18,184	126,28	42,09	34	126,718	42,5	
Panamericana Solar	20	29,06	5,812	40,36	13,45	11	40,997	13,75	
Majes Solar	20	12,48	2,496	17,33	5,78	5	18,635	6,25	
Tacna Solar	20	32,72	6,544	45,44	15,15	13	48,451	16,25	
Repartición	20	50,63	10,126	70,32	23,44	19	70,813	23,75	
Moquegua FV	16	32,57	6,514	45,24	15,08	13	48,451	16,25	
Total	396,8	1 123,99	224,798	1561,09	520,36	422	1 572,945	527,5	

*Nota.* Elaboracion propia.

Tabla 18

*Características de los sistemas de almacenamiento -Caso: Generación de energía según P5*

Central SFV	Potencia (MW)	Energía inyectada (MWh/día)	Potencia inyectada (MW)	Capacidad BESS (MWh/día)	Potencia requerida BESS (MW)	N° de BESS	Energía BESS real (MWh/día)	Potencia real BESS (MW)	Detalle
Rubí	144,8	937,59	187,518	1 302,21	434,07	350	1 304,45	437,5	Requiere Ampliación
Clemesi	116	693,6	138,72	963,33	321,11	259	965,293	323,75	Requiere Ampliación
Intipampa	40	199,17	39,834	276,63	92,21	75	279,525	93,75	No requiere ampliación
Panamericana Solar	20	107,88	21,576	149,83	49,94	41	152,807	51,25	Requiere Ampliación
Majes Solar	20	105,53	21,106	146,57	48,86	40	149,08	50	Requiere Ampliación
Tacna Solar	20	80,53	16,106	111,85	37,28	31	115,537	38,75	No requiere ampliación
Repartición	20	102,59	20,518	142,49	47,5	39	145,353	48,75	Requiere ampliación
Moquegua FV	16	87,09	17,418	120,96	40,32	33	122,991	41,25	Requiere ampliación
Total	396,8	2 313,98	462,796	3 213,87	1 071,29	868	3 235,036	1085	

*Nota.* Elaboracion propia.

Tabla 19

*Características de los sistemas de almacenamiento -Caso: Generación de energía según Q1*

Central SFV	Potencia (MW)	Energía inyectada (MWh/día)	Potencia inyectada (MW)	Capacidad BESS (MWh/día)	Potencia requerida BESS (MW)	N° de BESS	Energía BESS real (MWh/día)	Potencia real BESS (MW)	Detalle
Rubí	144,8	1 088,83	217,766	1 512,26	504,09	406	1 513,162	507,5	Requiere reforzamiento de red de transmisión secundaria y del S.E.P de salida
Clemesi	116	818,82	163,764	1 137,25	379,08	306	1 140,462	382,5	
Intipampa	40	263,04	52,608	365,33	121,78	99	368,973	123,75	
Panamericana Solar	20	141,13	28,226	196,01	65,34	53	197,531	66,25	
Majes Solar	20	119,84	23,968	166,44	55,48	45	167,715	56,25	
Tacna Solar	20	120,57	24,114	167,46	55,82	45	167,715	56,25	
Repartición	20	116,51	23,302	161,82	53,94	44	163,988	55	
Moquegua FV	16	116,79	23,358	162,21	54,07	44	163,988	55	
<b>Total</b>	<b>396,8</b>	<b>2 785,53</b>	<b>557,106</b>	<b>3 868,78</b>	<b>1 289,6</b>	<b>1042</b>	<b>3 883,534</b>	<b>1302,5</b>	

*Nota.* Elaboracion propia.

Tabla 20

*Características de los sistemas de almacenamiento -Caso: Generación de energía según la mediana*

Central SFV	Potencia (MW)	Energía inyectada (MWh/día)	Potencia inyectada (MW)	Capacidad BESS (MWh/día)	Potencia requerida BESS (MW)	N° de BESS	Energía BESS real (MWh/día)	Potencia real BESS (MW)	Detalle
Rubí	144,8	1 227,72	245,544	1 705,17	568,39	458	1 706,966	572,5	Requiere reforzamiento de red de transmisión secundaria y del S.E.P de salida
Clemesi	116	912,65	182,53	1 267,57	422,52	341	1 270,907	426,25	
Intipampa	40	302,35	60,47	419,93	139,98	113	421,151	141,25	
Panamericana Solar	20	156,09	31,218	216,79	72,26	59	219,893	73,75	
Majes Solar	20	127,58	25,516	177,19	59,06	48	178,896	60	
Tacna Solar	20	146,56	29,312	203,56	67,85	55	204,985	68,75	
Repartición	20	124,96	24,992	173,56	57,85	47	175,169	58,75	
Moquegua FV	16	129,37	25,874	179,68	59,89	49	182,623	61,25	
<b>Total</b>	<b>396,8</b>	<b>3127,28</b>	<b>625,456</b>	<b>4 343,45</b>	<b>1 447,8</b>	<b>1 170</b>	<b>4 360,59</b>	<b>1 462,5</b>	

*Nota.* Elaboracion propia.

### 4.3 Efecto en la generación de energía en el sistema de generación. Aplicación del peak shaving.

- a. Se presenta para el día de máxima demanda del periodo de evaluación noviembre 2023-octubre 2024, las características contribución de las centrales de energía participantes en la cobertura de la demanda desde 18.00 horas a 23.00 horas. En este caso la máxima demanda del sistema se realizó el 7 de febrero del 2024 a las 20.30 horas. (En los anexos se indica el nombre de las empresas y unidades de generación que contribuyeron en la operación.

Tabla 21

*Fecha de máxima demanda en SEIN (2023-2024)*

Año	Mes	Día	Potencia (MW)
2023	Noviembre	21	7 524
2023	Diciembre	18	7 545
2024	Enero	26	7 632
2024	Febrero	7	7 762
2024	Marzo	19	7 550
2024	Abril	24	7 548
2024	Mayo	16	7 431
2024	Junio	21	7 347
2024	Julio	23	7 416
2024	Agosto	20	7 447
2024	Setiembre	10	7 581
2024	Octubre	24	7 583
2024		Máximo	7 762
2024		Mínimo	7 347

*Nota.* Elaboracion propia, con información del COES-SINAC.

Se presenta la distribucion de la contribución de potencia y su porcentaje de los recursos energéticos intervinientes en la cobertura de las horas de máxima demanda.

Tabla 22

*Contribución de recurso energético en las horas de máxima demanda 07.02.2024*

Recurso Energético	Contribución de Potencia (MW)	Porcentaje
Agua	4475,63	57,66%
Bagazo	29,92	0,39%
Biogás-RSU	10,82	0,14%
Eólica	280,52	3,61%
Gas Natural	2963,75	38,2%
Cogeneración-GN	1,36	0,02%
Total	7762	100,0%

*Nota.* Elaboracion propia, con información del COES-SINAC.

Se presenta la tabla con las centrales termoeléctricas que participaron en la contribución de la máxima demanda histórica:

Tabla 23

*Orden de cobertura de Centrales Termoeléctricas que operaron en la hora de máxima demanda del 07.02.2024*

Central Termoelectrica	Potencia Efectiva (MW)	CVC (U\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	47,15	11,51	Gas natural
GN CC Las Flores	293,70	26,46	Gas natural
GN CC Kallpa	803,14	28,14	Gas natural
GN CC Fénix	544,47	28,09	Gas natural
GN CC Chilca 2	104,35	28,86	Gas natural
GN CC Ventanilla	446,90	29,8	Gas natural
Independencia GD (Ex Calana)	22,45	33	Gas natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	176,63	42,42	Gas natural
GN CC Santo Domingo solo TG1	185,62	42,82	Gas natural
GN CC Chilca 1 solo TG1 y TG2	339,34	43,82	Gas natural
Total	2963,75		

*Nota.* Elaboracion propia, con información del COES-SINAC.

b. Para el caso: Generación mínima

Potencia inyectada: 224,798 MWh.

Energía inyectada: 1 123,99 MWh.

El ingreso de la energía inyectada desplaza la energía inyectada por la central GN CC Chilca 1 que opera con las TG1 y TG2 como ciclo simple, reduciéndose su potencia desde 339,34 MW a 114,542 MW, con lo cual el ingreso de la energía almacenada en los sistemas BESS desplaza 1 123,99 MWh generada con gas natural.

Con lo cual, en la nueva distribución de aporte de potencia en las horas de máxima demanda del día 07.02.2024, la contribución de la generación de energía con gas natural se reduce de 38,2% a 35,3%.

Tabla 24

*Contribución de recurso energético en las horas de máxima demanda 07.02.2024-Caso Generación mínima*

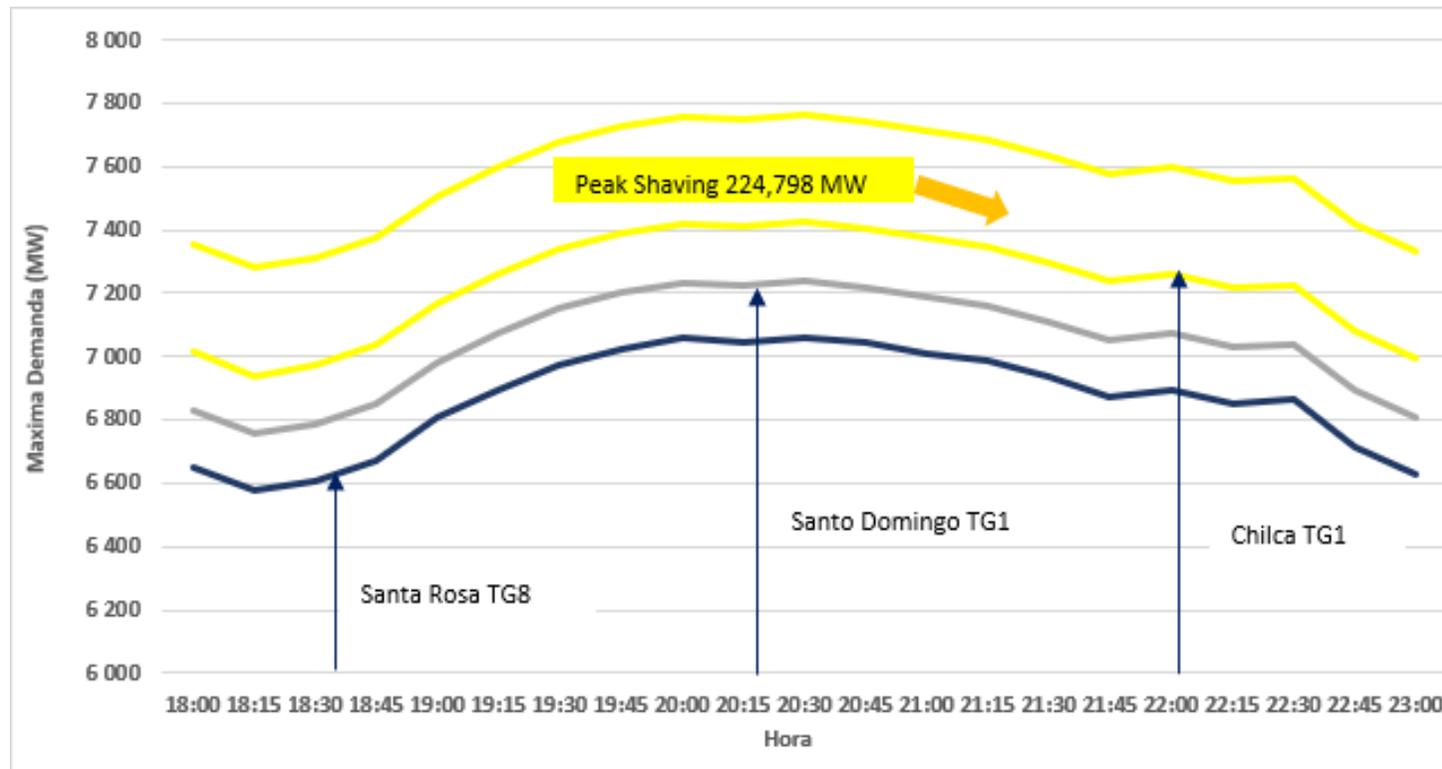
Recurso Energético	Contribución de Potencia (MW)	Porcentaje
Agua	4475,63	57,66%
Bagazo	29,92	0,39%
Biogás-RSU	10,82	0,14%
Eólica	280,52	3,61%
Gas Natural	2738,95	35,3%
Solar	224,80	2,9%
Cogeneración-GN	1,36	0,02%
Total	7762	100,0%

*Nota.* Elaboración propia.

Del mismo modo el precio de la energía se reduce desde 43,82 U\$/MWh a 42,82 U\$/MWh y es función del precio de generación de la central GN CC Santo Domingo operando solo con TG1, debido a que la central GN CC Chilca 1 que operara solo con las TG1 o TG2 como ciclo simple a carga parcial.

Figura 44

Despacho de generación de BESS en horas de máxima demanda del 07.02.2024. Caso: Generación mínima.



Nota. Elaboracion propia.

Para el caso: Generación según percentil P5.

Potencia inyectada: 462,796 MWh.

Energía inyectada: 2 313,98 MWh.

El ingreso de la energía inyectada desplaza completamente la operación de la central GN CC Chilca 1 que opera con las TG1 y TG2 colocándose en condición de reserva, Del mismo modo la central GN CC Santo Domingo reduce su generación desde 185,62 MW a 62,16 MW, con lo cual el ingreso de la energía almacenada en los sistemas BESS desplaza 2 313,98 MWh generada con gas natural.

Con lo cual, en la nueva distribución de aporte de potencia en las horas de máxima demanda del día 07.02.2024, la contribución de la generación de energía con gas natural se reduce de 38,2% a 32,2%.

Tabla 25

*Contribución de recurso energético en las horas de máxima demanda 07.02.2024-Caso Generación percentil P5*

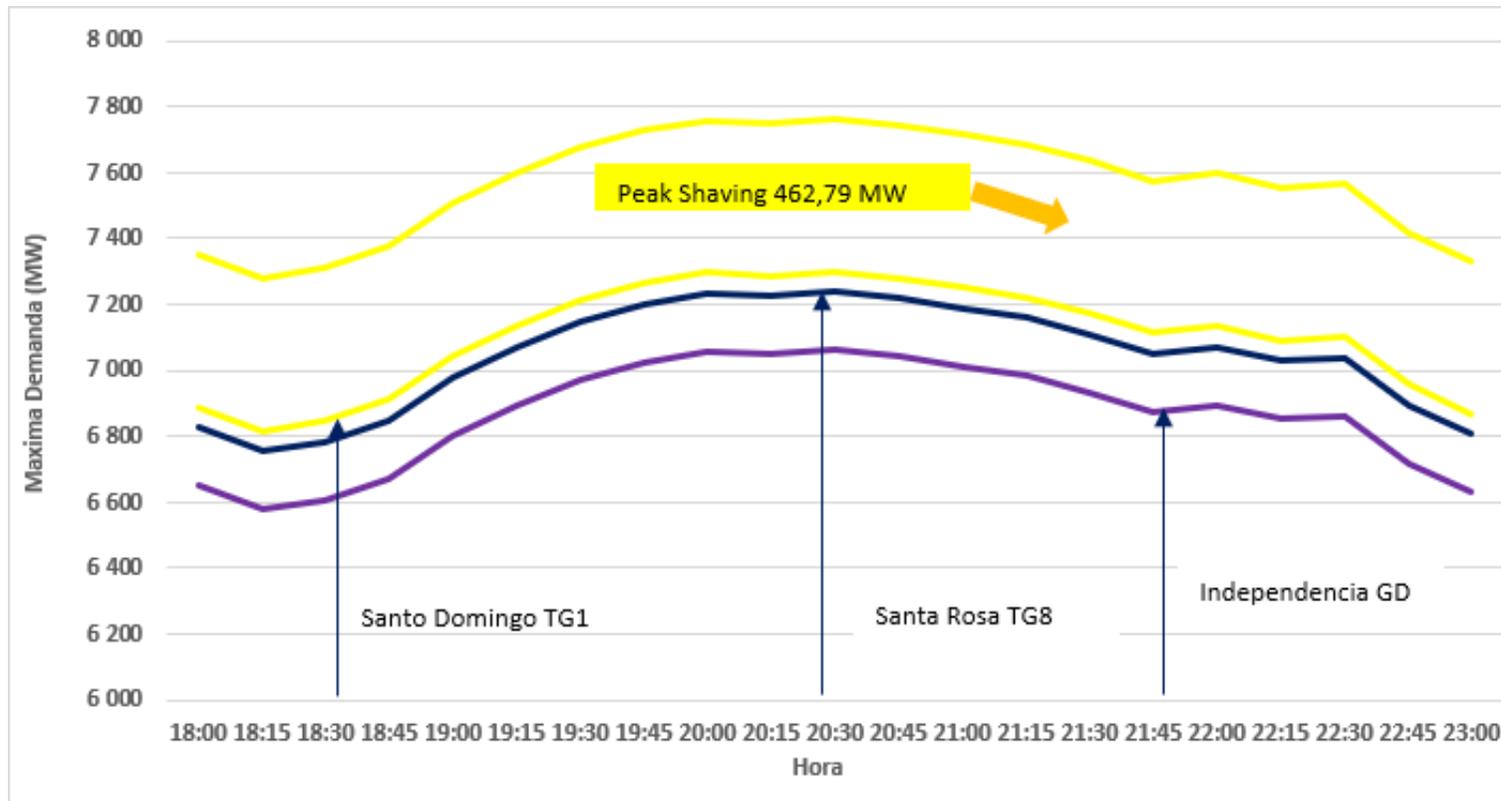
Recurso Energético	Contribución de Potencia (MW)	Porcentaje
Agua	4475,63	57,66%
Bagazo	29,92	0,39%
Biogás-RSU	10,82	0,14%
Eólica	280,52	3,61%
Gas Natural	2500,95	32,2%
Solar	462,80	6,0%
Cogeneración-GN	1,36	0,02%
Total	7762	100,0%

*Nota.* Elaboración propia.

Del mismo modo el precio de la energía se reduce desde 43,82 U\$/MWh a 42,42 U\$/MWh (reduciéndose el costo de generación es de 1,40 U\$/MWh) y es función del precio de generación de la central Turbo Gas Natural Santa Rosa TG8, debido a que la central GN CC Santo Domingo operara solo con la TG1 como ciclo simple a carga parcial.

Figura 45

Despacho de generación de BESS en horas de máxima demanda del 07.02.2024. Caso: Generación percentil P5.



Nota. Elaboracion propia.

Para el caso: Generación según Cuartil Q1.

Potencia inyectada: 557,106 MW.

Energía inyectada: 2 785,53 MWh.

El ingreso de la energía inyectada desplaza completamente la operación de la central GN CC Chilca 1 que opera con las TG1 y TG2 y la central GN CC Santo Domingo colocándose ambas en condición de reserva, Del mismo modo la central Turbo Gas Natural santa Rosa TG8 reduce su generación desde 176,63 MW a 144,49 MW, con lo cual el ingreso de la energía almacenada en los sistemas BESS desplaza 2 785,53 MWh generada con gas natural.

Con lo cual, en la nueva distribución de aporte de potencia en las horas de máxima demanda del día 07.02.2024, la contribución de la generación de energía con gas natural se reduce de 38,2% a 31,0%.

Tabla 26

*Contribución de recurso energético en las horas de máxima demanda 07.02.2024-Caso Generación cuartil Q1*

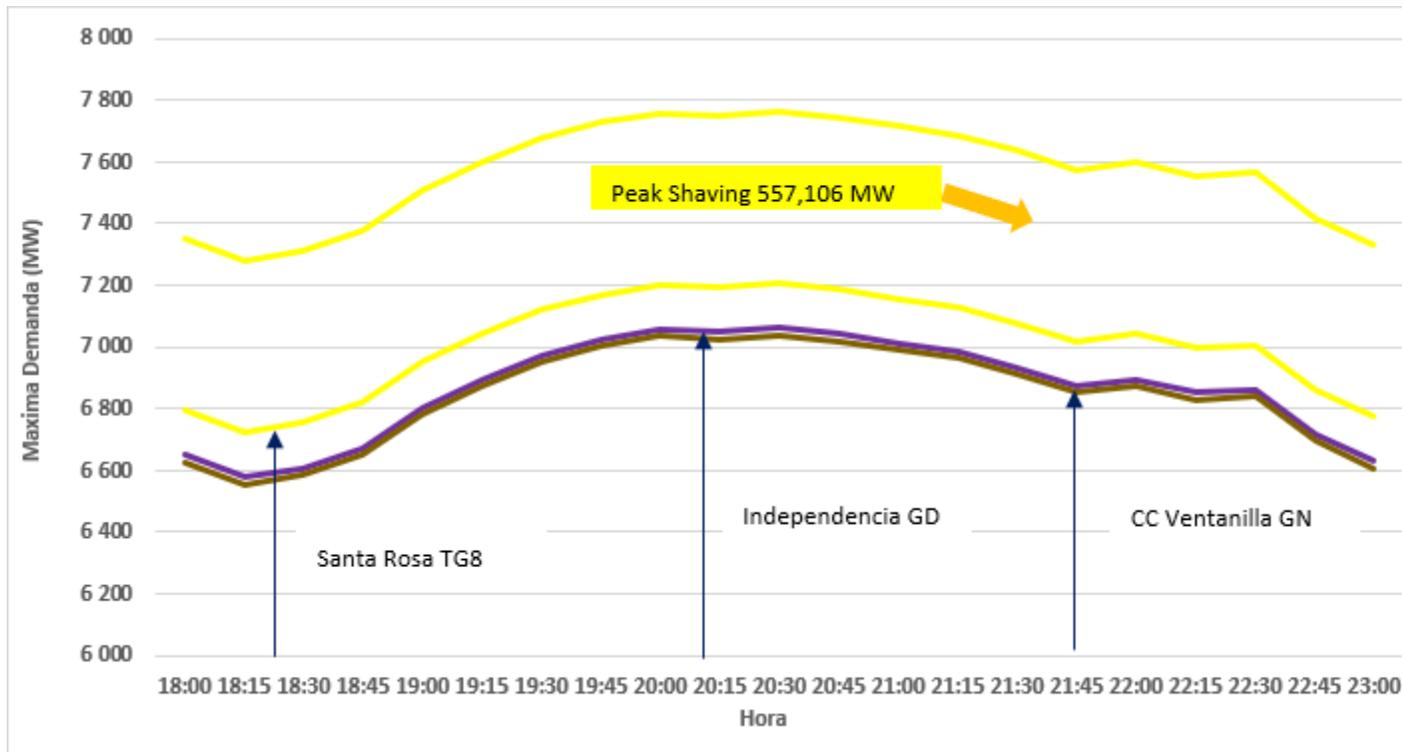
Recurso Energético	Contribución de Potencia (MW)	Porcentaje
Agua	4475,63	57,66%
Bagazo	29,92	0,39%
Biogás-RSU	10,82	0,14%
Eólica	280,52	3,61%
Gas Natural	2406,64	31,0%
Solar	557,11	7,2%
Cogeneración-GN	1,36	0,02%
Total	7762	100,0%

*Nota.* Elaboración propia.

Del mismo modo el precio de la energía se reduce desde 43,82 U\$/MWh a 33 U\$/MWh (reduciéndose el costo de generación es de 10,82 U\$/MWh lo que representa una reducción de 24,7%) y es función del precio de generación de la central Independencia GD (Ex Calana), debido a que la Turbo Gas Natural santa Rosa TG8 operara como ciclo simple a carga parcial.

Figura 46

Despacho de generación de BESS en horas de máxima demanda del 07.02.2024. Caso: Generación cuartil Q1



Nota. Elaboracion propia.

Para el caso: Generación según valor de la mediana.

Potencia inyectada: 625,456 MW.

Energía inyectada: 3 127,28 MWh.

El ingreso de la energía inyectada desplaza completamente la operación de la central GN CC Chilca 1 que opera con las TG1 y TG2 y la central GN CC Santo Domingo colocándose ambas en condición de reserva, Del mismo modo la central Turbo Gas Natural santa Rosa TG8 reduce su generación desde 176,63 MW a 76,13 MW, con lo cual el ingreso de la energía almacenada en los sistemas BESS desplaza 3 127,28 MWh generada con gas natural.

Con lo cual, en la nueva distribución de aporte de potencia en las horas de máxima demanda del día 07.02.2024, la contribución de la generación de energía con gas natural se reduce de 38,2% a 30,1%.

Tabla 26

*Contribución de recurso energético en las horas de máxima demanda 07.02.2024-Caso Generación con el valor de la mediana*

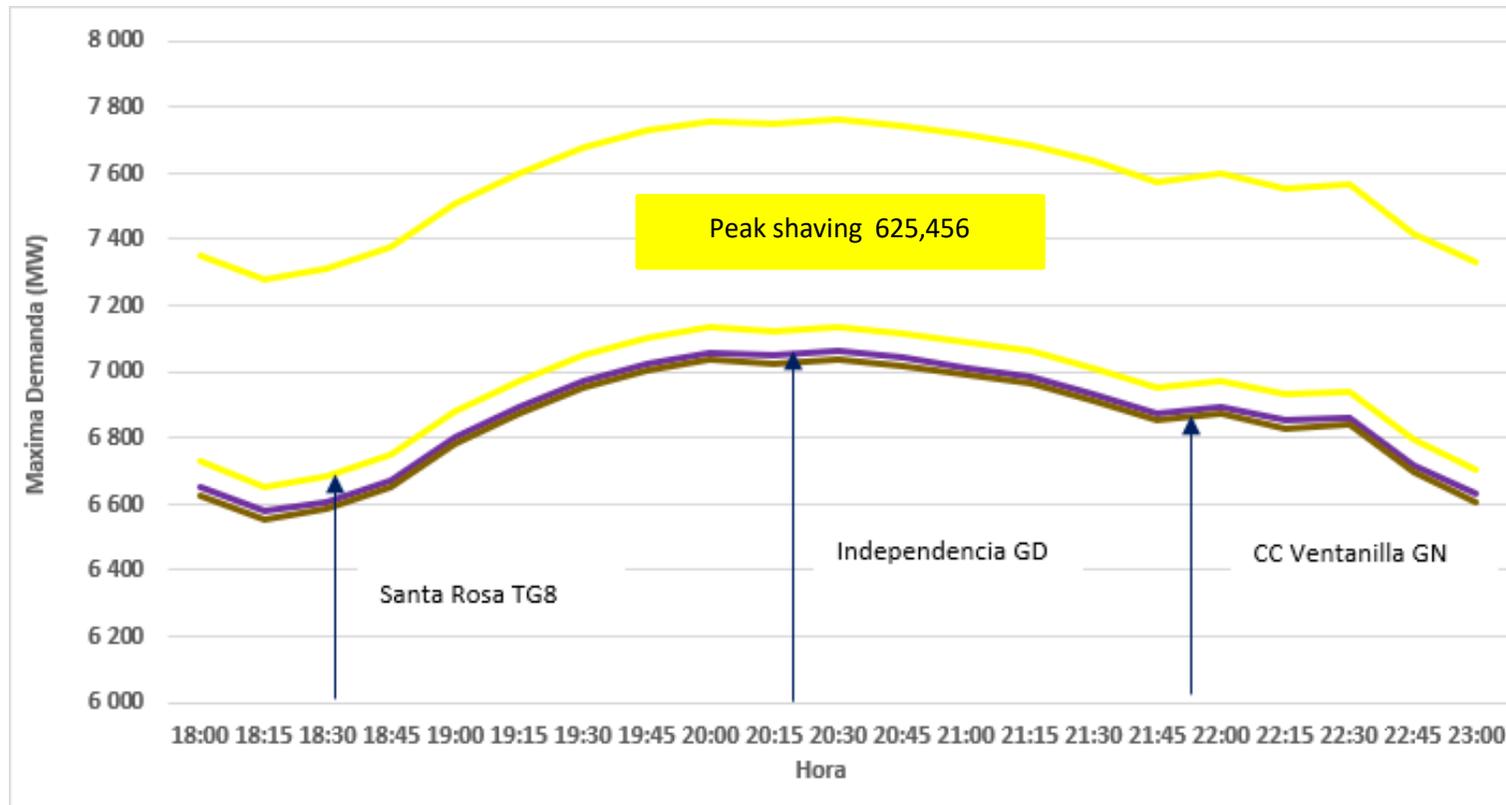
Recurso Energético	Contribución de Potencia (MW)	Porcentaje
Agua	4475,63	57,66%
Bagazo	29,92	0,39%
Biogás-RSU	10,82	0,14%
Eólica	280,52	3,61%
Gas Natural	2338,29	30,1%
Solar	625,46	8,1%
Cogeneración-GN	1,36	0,02%
Total	7762	100,0%

*Nota.* Elaboración propia.

Del mismo modo el precio de la energía se reduce desde 43,82 U\$/MWh a 33 U\$/MWh (reduciéndose el costo de generación es de 10,82 U\$/MWh lo que representa una reducción de 24,7%) y es función del precio de generación de la central Independencia GD (Ex Calana), debido a que la Turbo Gas Natural santa Rosa TG8 operara como ciclo simple a carga parcial.

Figura 47

Despacho de generación de BESS en horas de máxima demanda del 07.02.2024. Caso: Generación Mediana



Nota. Elaboracion propia

Se presentan los resultados de los días de máxima demanda mensual del periodo de análisis.

Figura 48

Análisis de la dinámica de la generación -Mes noviembre 2023

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4050,84	53,8%
BAGAZO	47,25	0,6%
BIOGAS	8,72	0,1%
EOLICA	340,62	4,5%
GAS NATURAL	3076,58	40,9%
TOTAL PERÚ	7524,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	49,72	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	309,47	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	550,66	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	871,14	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG1+TG2+TG3+TV	793,42	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4+TV	440,82	29,8	Gas Natural
Turbo Gas Natural Aguaytía TG1	TG1	61,34	44,89	Gas Natural
Total		3076,58		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4050,84	53,8%
BAGAZO	47,25	0,6%
BIOGAS	8,72	0,1%
EOLICA	340,62	4,5%
GAS NATURAL	2851,78	37,9%
SOLAR	224,80	3,0%
TOTAL PERÚ	7524,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	49,72	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	309,47	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	550,66	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	871,14	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG1+TG2+TG3+TV	793,42	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TV	277,36	29,8	Gas Natural
BESS	Minimo	224,80		Solar
Total		3076,58		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4050,84	53,8%
BAGAZO	47,25	0,6%
BIOGAS	8,72	0,1%
EOLICA	340,62	4,5%
GAS NATURAL	2613,78	34,7%
SOLAR	462,80	6,2%
TOTAL PERÚ	7524,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	49,72	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	309,47	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	550,66	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	871,14	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG1+TG2+TG3+TV	793,42	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3	39,36	42,42	Gas Natural
BESS	Percentil P5	462,80		Solar
Total		3076,58		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4050,84	53,8%
BAGAZO	47,25	0,6%
BIOGAS	8,72	0,1%
EOLICA	340,62	4,5%
GAS NATURAL	2519,47	33,5%
SOLAR	557,11	7,4%
TOTAL PERÚ	7524,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	49,72	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	309,47	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	550,66	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	871,14	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG1+TG2+TG3+TV	738,47	28,92	Gas Natural
BESS	Quartil Q2	557,11		Solar
Total		3076,58		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4050,84	53,8%
BAGAZO	47,25	0,6%
BIOGAS	8,72	0,1%
EOLICA	340,62	4,5%
GAS NATURAL	2451,12	32,6%
SOLAR	625,46	8,3%
TOTAL PERÚ	7524,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	49,72	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	309,47	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	550,66	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	871,14	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG1+TG2+TG3+TV	670,12	28,92	Gas Natural
BESS	Mediana	625,46		Solar
Total		3076,58		

Detalle	Costo generacion	Reduccion	%
Sin BESS (US\$/MWh)	44,89		
Con BESS (US\$/MWh)(Minimo)	28,92	15,97	35,6%
Con BESS (US\$/MWh)(P5)	28,92	15,97	35,6%
Con BESS (US\$/MWh)(Q1)	28,14	16,75	37,3%
Con BESS (US\$/MWh)(Mediana)	28,14	16,75	37,3%

Nota. Elaboracion propia.

Figura 49

Análisis de la dinámica de la generación -Mes Diciembre 2023

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4745,18	62,9%
BAGAZO	41,53	0,6%
BIOGAS	10,91	0,1%
EOLICA	361,00	4,8%
GAS NATURAL	2386,38	31,6%
TOTAL PERÚ	7545,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4745,18	62,9%
BAGAZO	41,53	0,6%
BIOGAS	10,91	0,1%
EOLICA	361,00	4,8%
GAS NATURAL	2161,58	28,6%
SOLAR	224,80	3,0%
TOTAL PERÚ	7545,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4745,18	62,9%
BAGAZO	41,53	0,6%
BIOGAS	10,91	0,1%
EOLICA	361,00	4,8%
GAS NATURAL	1923,58	25,5%
SOLAR	462,80	6,1%
TOTAL PERÚ	7545,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4745,18	62,9%
BAGAZO	41,53	0,6%
BIOGAS	10,91	0,1%
EOLICA	361,00	4,8%
GAS NATURAL	1829,27	24,2%
SOLAR	557,11	7,4%
TOTAL PERÚ	7545,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4745,18	62,9%
BAGAZO	41,53	0,6%
BIOGAS	10,91	0,1%
EOLICA	361,00	4,8%
GAS NATURAL	1760,92	23,3%
SOLAR	625,46	8,3%
TOTAL PERÚ	7545,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	49,02	11,51	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	355,62	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TV	462,13	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG1+TG2+TG3+TV	777,22	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4+TV	457,57	29,8	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3	16,98	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	183,39	42,42	Gas Natural
Turbo Gas Natural Aguaytía TG1	TG1	84,46	44,89	Gas Natural
Total		2386,38		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	49,02	11,51	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	355,62	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TV	462,13	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG1+TG2+TG3+TV	777,22	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4+TV	457,57	29,8	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3	16,98	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	43,05	42,42	Gas Natural
BESS	Minimo	224,80		Solar
Total		2386,38		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	49,02	11,51	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	355,62	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TV	462,13	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG1+TG2+TG3+TV	777,22	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TV	279,59	29,8	Gas Natural
BESS	Percentil P5	462,80		Solar
Total		2386,38		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	49,72	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	309,47	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	550,66	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	871,14	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG1+TG2+TG3+TV	738,47	28,92	Gas Natural
BESS	Quartil Q2	557,11		Solar
Total		3076,58		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	49,72	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	309,47	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	550,66	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	871,14	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG1+TG2+TG3+TV	670,12	28,92	Gas Natural
BESS	Mediana	625,46		Solar
Total		3076,58		

Detalle	Costo generacion	Reduccion	%
Sin BESS (US\$/MWh)	44,89		
Con BESS (US\$/MWh)(Minimo)	33	11,89	26,5%
Con BESS (US\$/MWh)(P5)	29,8	15,09	33,6%
Con BESS (US\$/MWh)(Q1)	28,14	16,75	37,3%
Con BESS (US\$/MWh)(Mediana)	28,14	16,75	37,3%

Nota. Elaboracion propia.

Figura 50

Análisis de la dinámica de la generación -Mes enero 2024

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4129,90	54,1%
BAGAZO	30,51	0,4%
BIOGAS	8,98	0,1%
EOLICA	534,64	7,0%
DIESEL	300,59	3,9%
GAS NATURAL	2627,38	34,4%
TOTAL PERÚ	7632,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4129,90	54,1%
BAGAZO	30,51	0,4%
BIOGAS	8,98	0,1%
EOLICA	534,64	7,0%
DIESEL	75,79	1,0%
GAS NATURAL	2627,38	34,4%
SOLAR	224,80	2,9%
TOTAL PERÚ	7632,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4129,90	54,1%
BAGAZO	30,51	0,4%
BIOGAS	8,98	0,1%
EOLICA	534,64	7,0%
DIESEL	0,00	0,0%
GAS NATURAL	2465,17	32,3%
SOLAR	462,80	6,1%
TOTAL PERÚ	7632,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4129,90	54,1%
BAGAZO	30,51	0,4%
BIOGAS	8,98	0,1%
EOLICA	534,64	7,0%
DIESEL	0,00	0,0%
GAS NATURAL	2370,86	31,1%
SOLAR	557,11	7,3%
TOTAL PERÚ	7632,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4129,90	54,1%
BAGAZO	30,51	0,4%
BIOGAS	8,98	0,1%
EOLICA	534,64	7,0%
GAS NATURAL	1551,16	20,3%
SOLAR	625,46	8,2%
TOTAL PERÚ	6880,65	90,2%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,28	11,51	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	548,73	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG3+TV	562,89	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	286,09	58,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	105,17	28,86	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3+G4	21,97	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	177,66	42,42	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG2+TG3	342,69	43,82	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4	289,40	43,92	Gas Natural
Turbo Gas Natural Aguaytia TG1	TG1	86,71	44,89	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa	TG7+UTI 1+UTI 2	157,79	49,41	Gas Natural
GD Tumbes	G1+G2	15,78	204,53	Diesel DBS
Nodo Energético del Sur Puerto Bravo	TG2+TG4	284,81	239,62	Diesel DBS
Total		2927,97		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,28	11,51	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	548,73	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG3+TV	562,89	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	286,09	58,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	105,17	28,86	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3+G4	21,97	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	177,66	42,42	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG2+TG3	342,69	43,82	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4	289,40	43,92	Gas Natural
Turbo Gas Natural Aguaytia TG1	TG1	86,71	44,89	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa	TG7+UTI 1+UTI 2	157,79	49,41	Gas Natural
GD Tumbes	G1+G2	15,78	204,53	Diesel DBS
Nodo Energético del Sur Puerto Bravo	TG2+TG4	60,01	239,62	Diesel DBS
BESS	Minimo	224,80		Solar
Total		2927,97		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,28	11,51	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	548,73	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG3+TV	562,89	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	286,09	58,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	105,17	28,86	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3+G4	21,97	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	177,66	42,42	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG2+TG3	342,69	43,82	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4	289,40	43,92	Gas Natural
Turbo Gas Natural Aguaytia TG1	TG1	82,29	44,89	Gas Natural
BESS	Percentil P5	462,80		Solar
Total		2927,97		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,28	11,51	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	548,73	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG3+TV	562,89	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	286,09	58,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	105,17	28,86	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3+G4	21,97	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	177,66	42,42	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG2+TG3	342,69	43,82	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4	277,38	43,92	Gas Natural
BESS	Cuartil Q1	557,11		Solar
Total		2927,97		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,28	11,51	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	548,73	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG3+TV	562,89	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	286,09	58,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	105,17	28,86	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3+G4	21,97	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	177,66	42,42	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG2+TG3	342,69	43,82	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4	209,03	43,92	Gas Natural
BESS	Mediana	625,46		Solar
Total		2927,97		

Detalle	Costo generacion	Reduccion	%
Sin BESS (US\$/MWh)	239,62		
Con BESS (US\$/MWh)(Minimo)	204,53	35,09	14,6%
Con BESS (US\$/MWh)(P5)	43,92	195,7	81,7%
Con BESS (US\$/MWh)(Q1)	43,82	195,8	81,7%
Con BESS (US\$/MWh)(Mediana)	43,82	195,8	81,7%

Nota. Elaboracion propia.

Figura 51

Análisis de la dinámica de la generación -Mes marzo 2024

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4505,02	59,7%
BAGAZO	7,77	0,1%
BIOGAS	8,56	0,1%
EOLICA	271,87	3,6%
GAS NATURAL	2756,78	36,5%
TOTAL PERÚ	7550,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	49,15	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	303,59	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	549,42	28,09	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	288,16	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	106,57	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	781,33	28,92	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3+G4	22,42	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	180,49	42,42	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG3	188,62	43,12	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4	287,03	43,92	Gas Natural
Total		2756,78		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4505,02	59,7%
BAGAZO	7,77	0,1%
BIOGAS	8,56	0,1%
EOLICA	271,87	3,6%
GAS NATURAL	2531,98	33,5%
SOLAR	224,80	3,0%
TOTAL PERÚ	7550,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	49,15	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	303,59	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	549,42	28,09	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	288,16	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	106,57	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	781,33	28,92	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3+G4	22,42	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	180,49	42,42	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG3	188,62	43,12	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3	62,23	43,92	Gas Natural
BESS	Minimo	224,80		Solar
Total		2756,78		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4505,02	59,7%
BAGAZO	7,77	0,1%
BIOGAS	8,56	0,1%
EOLICA	271,87	3,6%
GAS NATURAL	2293,98	30,4%
SOLAR	462,80	6,1%
TOTAL PERÚ	7550,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	49,15	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	303,59	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	549,42	28,09	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	288,16	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	106,57	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	781,33	28,92	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3+G4	22,42	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	180,49	42,42	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG3	12,85	43,12	Gas Natural
BESS	Percentil P5	462,80		Solar
Total		2756,78		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4505,02	59,7%
BAGAZO	7,77	0,1%
BIOGAS	8,56	0,1%
EOLICA	271,87	3,6%
GAS NATURAL	2199,67	29,1%
SOLAR	557,11	7,4%
TOTAL PERÚ	7550,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	49,15	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	303,59	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	549,42	28,09	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	288,16	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	106,57	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	781,33	28,92	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3+G4	22,42	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	99,03	42,42	Gas Natural
BESS	Cuartil Q1	557,11		Solar
Total		2756,78		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4505,02	59,7%
BAGAZO	7,77	0,1%
BIOGAS	8,56	0,1%
EOLICA	271,87	3,6%
GAS NATURAL	2131,32	28,2%
SOLAR	625,46	8,3%
TOTAL PERÚ	7550,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	49,15	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	303,59	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	549,42	28,09	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	288,16	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	106,57	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	781,33	28,92	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3+G4	22,42	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	30,68	42,42	Gas Natural
BESS	Mediana	625,46		Solar
Total		2756,78		

Detalle	Costo generacion	Reduccion	%
Sin BESS (US\$/MWh)	43,92		
Con BESS (US\$/MWh)(Minimo)	43,12	0,8	1,8%
Con BESS (US\$/MWh)(P5)	42,42	1,5	3,4%
Con BESS (US\$/MWh)(Q1)	33,00	10,92	24,9%
Con BESS (US\$/MWh)(Mediana)	33,00	10,92	24,9%

Nota. Elaboracion propia.

Figura 52

Análisis de la dinámica de la generación -Mes abril 2024

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4439,91	58,8%
BAGAZO	34,26	0,5%
BIOGAS	2,10	0,0%
EOLICA	690,84	9,2%
GAS NATURAL	2330,02	30,9%
NAFTA REFINERIA-cog	50,87	0,7%
TOTAL PERÚ	7548,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4439,91	58,8%
BAGAZO	34,26	0,5%
BIOGAS	2,10	0,0%
EOLICA	690,84	9,2%
GAS NATURAL	2105,22	27,9%
NAFTA REFINERIA-cog	50,87	0,7%
SOLAR	224,80	3,0%
TOTAL PERÚ	7548,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4439,91	58,8%
BAGAZO	34,26	0,5%
BIOGAS	2,10	0,0%
EOLICA	690,84	9,2%
GAS NATURAL	1867,22	24,7%
NAFTA REFINERIA-cog	50,87	0,7%
SOLAR	462,80	6,1%
TOTAL PERÚ	7548,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4439,91	58,8%
BAGAZO	34,26	0,5%
BIOGAS	2,10	0,0%
EOLICA	690,84	9,2%
GAS NATURAL	1772,91	23,5%
NAFTA REFINERIA-cog	50,87	0,7%
SOLAR	557,11	7,4%
TOTAL PERÚ	7548,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4439,91	58,8%
BAGAZO	34,26	0,5%
BIOGAS	2,10	0,0%
EOLICA	690,84	9,2%
GAS NATURAL	1704,56	22,6%
NAFTA REFINERIA-cog	50,87	0,7%
SOLAR	625,46	8,3%
TOTAL PERÚ	7548,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	46,75	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	301,75	26,46	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	793,98	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	545,87	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4+TV	432,62	29,8	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3+G4	22,44	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	185,24	42,42	Gas Natural
Total		2328,65		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	46,75	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	301,75	26,46	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	793,98	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	545,87	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4+TV	415,50	43,92	Gas Natural
BESS	Minimo	224,80		Solar
Total		2328,65		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	46,75	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	301,75	26,46	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	793,98	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	545,87	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3	177,50	43,92	Gas Natural
BESS	Percentil P5	462,80		Solar
Total		2328,65		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	46,75	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	301,75	26,46	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	793,98	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	545,87	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3	83,19	43,92	Gas Natural
BESS	Cuartil Q1	557,11		Solar
Total		2328,65		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	46,75	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	301,75	26,46	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	793,98	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	545,87	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3	14,84	43,92	Gas Natural
BESS	Mediana	625,46		Solar
Total		2328,65		

Detalle	Costo generacion	Reduccion	%
Sin BESS (US\$/MWh)	42,42		
Con BESS (US\$/MWh)(Minimo)	28,92	13,5	31,8%
Con BESS (US\$/MWh)(P5)	28,92	13,5	31,8%
Con BESS (US\$/MWh)(Q1)	28,92	13,5	31,8%
Con BESS (US\$/MWh)(Mediana)	28,92	13,5	31,8%

Nota. Elaboracion propia.

Figura 53

Análisis de la dinámica de la generación -Mes mayo 2024

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4050,02	54,5%
BAGAZO	28,20	0,4%
BIOGAS	7,54	0,1%
EOLICA	531,06	7,1%
GAS NATURAL	2764,48	37,2%
NAFTA REFINERIA-cog	49,70	0,7%
TOTAL PERÚ	7431,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4050,02	54,5%
BAGAZO	28,20	0,4%
BIOGAS	7,54	0,1%
EOLICA	531,06	7,1%
GAS NATURAL	2539,68	34,2%
NAFTA REFINERIA-cog	49,70	0,7%
SOLAR	224,80	3,0%
TOTAL PERÚ	7431,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4050,02	54,5%
BAGAZO	28,20	0,4%
BIOGAS	7,54	0,1%
EOLICA	531,06	7,1%
GAS NATURAL	2301,68	31,0%
NAFTA REFINERIA-cog	49,70	0,7%
SOLAR	462,80	6,2%
TOTAL PERÚ	7431,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4050,02	54,5%
BAGAZO	28,20	0,4%
BIOGAS	7,54	0,1%
EOLICA	531,06	7,1%
GAS NATURAL	2207,37	29,7%
NAFTA REFINERIA-cog	49,70	0,7%
SOLAR	557,11	7,5%
TOTAL PERÚ	7431,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	4050,02	54,5%
BAGAZO	28,20	0,4%
BIOGAS	7,54	0,1%
EOLICA	531,06	7,1%
GAS NATURAL	2139,02	28,8%
NAFTA REFINERIA-cog	49,70	0,7%
SOLAR	625,46	8,4%
TOTAL PERÚ	7431,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	35,16	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	321,08	26,46	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TV	616,83	28,14	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	546,88	28,09	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	809,77	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4+TV	434,82	29,8	Gas Natural
Total		2764,54		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	35,16	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	321,08	26,46	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TV	616,83	28,14	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	546,88	28,09	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	809,77	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TV	210,02	29,8	Gas Natural
BESS	Minimo	224,80		Solar
Total		2764,54		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	35,16	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	321,08	26,46	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TV	616,83	28,14	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	546,88	28,09	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	781,79	28,92	Gas Natural
BESS	Percentil P5	462,80		Solar
Total		2764,54		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	35,16	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	321,08	26,46	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TV	616,83	28,14	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	546,88	28,09	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TV	687,48	28,92	Gas Natural
BESS	Percentil P5	557,11		Solar
Total		2764,54		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	35,16	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	321,08	26,46	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TV	616,83	28,14	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	546,88	28,09	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TV	619,13	28,92	Gas Natural
BESS	Percentil P5	625,46		Solar
Total		2764,54		

Detalle	Costo generacion	Reduccion	%
Sin BESS (US\$/MWh)	29,8		
Con BESS (US\$/MWh)(Minimo)	28,92	0,88	3,0%
Con BESS (US\$/MWh)(P5)	28,09	1,71	5,7%
Con BESS (US\$/MWh)(Q1)	28,09	1,71	5,7%
Con BESS (US\$/MWh)(Mediana)	28,09	1,71	5,7%

Nota. Elaboracion propia.

Figura 54

Análisis de la dinámica de la generación -Mes junio 2024

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	3634,31	49,5%
BAGAZO	34,86	0,5%
BIOGAS	9,32	0,1%
EOLICA	602,83	8,2%
DIESEL	13,63	0,2%
GAS NATURAL	3052,05	41,5%
TOTAL PERÚ	7347,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	3634,31	49,5%
BAGAZO	34,86	0,5%
BIOGAS	9,32	0,1%
EOLICA	602,83	8,2%
DIESEL	0,00	0,0%
GAS NATURAL	2840,88	38,7%
SOLAR	224,80	3,1%
TOTAL PERÚ	7347,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	3634,31	49,5%
BAGAZO	34,86	0,5%
BIOGAS	9,32	0,1%
EOLICA	602,83	8,2%
GAS NATURAL	2602,88	35,4%
SOLAR	462,80	6,3%
TOTAL PERÚ	7347,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	3634,31	49,5%
BAGAZO	34,86	0,5%
BIOGAS	9,32	0,1%
EOLICA	602,83	8,2%
GAS NATURAL	2508,57	34,1%
SOLAR	557,11	7,6%
TOTAL PERÚ	7347,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	3634,31	49,5%
BAGAZO	34,86	0,5%
BIOGAS	9,32	0,1%
EOLICA	602,83	8,2%
GAS NATURAL	2440,22	33,2%
SOLAR	625,46	8,5%
TOTAL PERÚ	7347,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (U\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,48	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	322,10	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	556,32	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+T3+TV	870,46	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	813,87	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4+TV	440,82	29,8	Gas Natural
GD Tumbes	G1+G2	13,63	204,53	Diesel DB5
Total		3065,68		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (U\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,48	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	322,10	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	556,32	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+T3+TV	870,46	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	813,87	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TV	229,65	29,8	Gas Natural
BESS	Minimo	224,80		Solar
Total		3065,68		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (U\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,48	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	322,10	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	556,32	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+T3+TV	870,46	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	805,52	28,92	Gas Natural
BESS	Percentil P5	462,80		Solar
Total		3065,68		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (U\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,48	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	322,10	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	556,32	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+T3+TV	870,46	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	711,21	28,92	Gas Natural
BESS	Cuartil Q1	557,11		Solar
Total		3065,68		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (U\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,48	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	322,10	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	556,32	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+T3+TV	870,46	28,14	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	642,86	28,92	Gas Natural
BESS	Mediana	625,46		Solar
Total		3065,68		

Detalle	Costo generacion	Reduccion	%
Sin BESS (U\$/MWh)	204,53		
Con BESS (U\$/MWh)(Minimo)	28,92	175,61	85,9%
Con BESS (U\$/MWh)(P5)	28,92	175,61	85,9%
Con BESS (U\$/MWh)(Q1)	28,92	175,61	85,9%
Con BESS (U\$/MWh)(Mediana)	28,14	176,39	86,2%

Nota. Elaboracion propia.

Figura 55

Análisis de la dinámica de la generación -Mes julio 2024

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	3170,00	42,7%
BAGAZO	33,26	0,4%
BIOGAS	7,06	0,1%
EOLICA	741,02	10,0%
GAS NATURAL	3404,16	45,9%
NAFTA REFINERIA-cog	60,50	0,8%
TOTAL PERÚ	7416,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	3170,00	42,7%
BAGAZO	33,26	0,4%
BIOGAS	7,06	0,1%
EOLICA	741,02	10,0%
GAS NATURAL	3179,36	42,9%
NAFTA REFINERIA-cog	60,50	0,8%
SOLAR	224,80	3,0%
TOTAL PERÚ	7416,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	3170,00	42,7%
BAGAZO	33,26	0,4%
BIOGAS	7,06	0,1%
EOLICA	741,02	10,0%
GAS NATURAL	2941,36	39,7%
NAFTA REFINERIA-cog	60,50	0,8%
SOLAR	462,80	6,2%
TOTAL PERÚ	7416,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	3170,00	42,7%
BAGAZO	33,26	0,4%
BIOGAS	7,06	0,1%
EOLICA	741,02	10,0%
GAS NATURAL	2847,05	38,4%
NAFTA REFINERIA-cog	60,50	0,8%
SOLAR	557,11	7,5%
TOTAL PERÚ	7416,00	100,0%

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	3170,00	42,7%
BAGAZO	33,26	0,4%
BIOGAS	7,06	0,1%
EOLICA	741,02	10,0%
GAS NATURAL	2778,70	37,5%
NAFTA REFINERIA-cog	60,50	0,8%
SOLAR	625,46	8,4%
TOTAL PERÚ	7416,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (U\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,84	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	310,56	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	552,48	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	902,52	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	299,18	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	113,14	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	815,62	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4+TV	253,00	29,8	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3+G4	22,44	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural Aguaytia TG1	TG2	86,38	44,89	Gas Natural
<b>Total</b>		<b>3404,16</b>		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (U\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,84	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	310,56	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	552,48	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	902,52	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	299,18	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	113,14	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	815,62	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3	137,02	43,92	Gas Natural
BESS	Minimo	224,80		Solar
<b>Total</b>		<b>3404,16</b>		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (U\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,84	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	310,56	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	552,48	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	902,52	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	299,18	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	113,14	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	714,64	28,92	Gas Natural
BESS	Percentil P5	462,80		Solar
<b>Total</b>		<b>3404,16</b>		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (U\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,84	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	310,56	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	552,48	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	902,52	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	299,18	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	113,14	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TV	620,33	28,92	Gas Natural
BESS	Cuartil Q1	557,11		Solar
<b>Total</b>		<b>3404,16</b>		

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (U\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,84	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	310,56	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	552,48	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	902,52	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	299,18	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	113,14	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TV	551,98	28,92	Gas Natural
BESS	Mediana	625,46		Solar
<b>Total</b>		<b>3404,16</b>		

Detalle	Costo generacion	Reduccion	%
Sin BESS (U\$/MWh)	44,89		
Con BESS (U\$/MWh)(Minimo)	28,92	15,97	35,6%
Con BESS (U\$/MWh)(P5)	28,92	15,97	35,6%
Con BESS (U\$/MWh)(Q1)	28,92	15,97	35,6%
Con BESS (U\$/MWh)(Mediana)	28,92	15,97	35,6%

Nota. Elaboracion propia.

Figura 56

Análisis de la dinámica de la generación -Mes agosto 2024

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	2971,78	39,9%
BAGAZO	34,59	0,5%
BIOGAS	14,41	0,2%
EOLICA	801,62	10,8%
GAS NATURAL	3549,50	47,7%
NAFTA REFINERIA-cog	70,10	0,9%
TOTAL PERÚ	7442,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,37	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	321,17	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	552,77	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	896,62	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	298,23	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	113,40	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	750,01	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4+TV	464,48	29,8	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3+G4	21,93	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural Aguaytía TG1	TG2	82,52	44,89	Gas Natural
Total		3549,50		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	2971,78	39,9%
BAGAZO	34,59	0,5%
BIOGAS	14,41	0,2%
EOLICA	801,62	10,8%
GAS NATURAL	3324,70	44,7%
NAFTA REFINERIA-cog	70,10	0,9%
SOLAR	224,80	3,0%
TOTAL PERÚ	7442,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,37	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	321,17	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	552,77	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	896,62	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	298,23	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	113,40	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	750,01	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TV	344,13	29,8	Gas Natural
BESS	Minimo	224,80		Solar
Total		3549,50		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	2971,78	39,9%
BAGAZO	34,59	0,5%
BIOGAS	14,41	0,2%
EOLICA	801,62	10,8%
GAS NATURAL	3086,70	41,5%
NAFTA REFINERIA-cog	70,10	0,9%
SOLAR	462,80	6,2%
TOTAL PERÚ	7442,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,37	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	321,17	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	552,77	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	896,62	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	298,23	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	113,40	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	750,01	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3	106,13	29,8	Gas Natural
BESS	Percentil P5	462,80		Solar
Total		3549,50		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	2971,78	39,9%
BAGAZO	34,59	0,5%
BIOGAS	14,41	0,2%
EOLICA	801,62	10,8%
GAS NATURAL	2992,39	40,2%
NAFTA REFINERIA-cog	70,10	0,9%
SOLAR	557,11	7,5%
TOTAL PERÚ	7442,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,37	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	321,17	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	552,77	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	896,62	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	298,23	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	113,40	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	750,01	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3	11,82	29,8	Gas Natural
BESS	Cuartil Q1	557,11		Solar
Total		3549,50		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	2971,78	39,9%
BAGAZO	34,59	0,5%
BIOGAS	14,41	0,2%
EOLICA	801,62	10,8%
GAS NATURAL	2924,04	39,3%
NAFTA REFINERIA-cog	70,10	0,9%
SOLAR	625,46	8,4%
TOTAL PERÚ	7442,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,37	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	321,17	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	552,77	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	896,62	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	298,23	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	113,40	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	693,48	28,92	Gas Natural
BESS	Mediana	625,46		Solar
Total		3549,50		

Detalle	Costo generacion	Reduccion	%
Sin BESS (US\$/MWh)	44,89		
Con BESS (US\$/MWh)(Minimo)	29,8	15,09	33,6%
Con BESS (US\$/MWh)(P5)	28,92	15,97	35,6%
Con BESS (US\$/MWh)(Q1)	28,92	15,97	35,6%
Con BESS (US\$/MWh)(Mediana)	28,92	15,97	35,6%

Nota. Elaboracion propia.

Figura 57

Análisis de la dinámica de la generación -Mes setiembre 2024

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	3054,21	40,3%
BAGAZO	56,35	0,7%
BIOGAS	7,39	0,1%
EOLICA	639,30	8,4%
GAS NATURAL	3779,70	49,9%
NAFTA REFINERIA-cog	44,05	0,6%
TOTAL PERÚ	7581,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,48	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	320,73	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	551,47	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	902,59	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	295,75	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	113,04	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	810,55	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4+TV	464,28	29,8	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3+G4	22,04	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	190,23	42,42	Gas Natural
Turbo Gas Natural Aguaytia TG1	TG2	60,54	44,89	Gas Natural
Total		3779,70		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	3054,21	40,3%
BAGAZO	56,35	0,7%
BIOGAS	7,39	0,1%
EOLICA	639,30	8,4%
GAS NATURAL	3554,90	46,9%
NAFTA REFINERIA-cog	44,05	0,6%
SOLAR	224,80	3,0%
TOTAL PERÚ	7581,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,48	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	320,73	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	551,47	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	902,59	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	295,75	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	113,04	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	810,55	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4+TV	464,28	29,8	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3+G4	22,04	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	25,97	42,42	Gas Natural
BESS	Minimo	224,80		Solar
Total		3779,70		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	3054,21	40,3%
BAGAZO	56,35	0,7%
BIOGAS	7,39	0,1%
EOLICA	639,30	8,4%
GAS NATURAL	3316,90	43,8%
NAFTA REFINERIA-cog	44,05	0,6%
SOLAR	462,80	6,1%
TOTAL PERÚ	7581,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,48	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	320,73	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	551,47	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	902,59	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	295,75	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	113,04	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	810,55	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TV	274,29	29,8	Gas Natural
BESS	Percentil P5	462,80		Solar
Total		3779,70		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	3054,21	40,3%
BAGAZO	56,35	0,7%
BIOGAS	7,39	0,1%
EOLICA	639,30	8,4%
GAS NATURAL	3222,59	42,5%
NAFTA REFINERIA-cog	44,05	0,6%
SOLAR	557,11	7,3%
TOTAL PERÚ	7581,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,48	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	320,73	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	551,47	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	902,59	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	295,75	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	113,04	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	810,55	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3	179,98	29,8	Gas Natural
BESS	Cuartil Q1	557,11		Solar
Total		3779,70		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	3054,21	40,3%
BAGAZO	56,35	0,7%
BIOGAS	7,39	0,1%
EOLICA	639,30	8,4%
GAS NATURAL	3154,24	41,6%
NAFTA REFINERIA-cog	44,05	0,6%
SOLAR	625,46	8,3%
TOTAL PERÚ	7581,00	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (US\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	48,48	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	320,73	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	551,47	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	902,59	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	295,75	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	113,04	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	810,55	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3	111,63	29,8	Gas Natural
BESS	Mediana	625,46		Solar
Total		3779,70		

Detalle	Costo generacion	Reduccion	%
Sin BESS (US\$/MWh)	44,89		
Con BESS (US\$/MWh)(Minimo)	33	11,89	26,5%
Con BESS (US\$/MWh)(P5)	29,8	15,09	33,6%
Con BESS (US\$/MWh)(Q1)	28,92	15,97	35,6%
Con BESS (US\$/MWh)(Mediana)	28,92	15,97	35,6%

Nota. Elaboracion propia.

Figura 58

Análisis de la dinámica de la generación -Mes octubre 2024

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	2869,48	37,9%
BAGAZO	55,32	0,7%
BIOGAS	7,05	0,1%
EOLICA	838,41	11,1%
GAS NATURAL	3753,27	49,5%
NAFTA REFINERIA-cog	57,49	0,8%
TOTAL PERÚ	7581,02	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (U\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	47,90	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	317,66	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	549,69	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	887,13	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	295,04	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	111,20	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	796,51	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4+TV	460,09	29,8	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3	16,49	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	190,16	42,42	Gas Natural
Turbo Gas Natural Aguaytia TG1	TG2	51,50	44,89	Gas Natural
Total		3723,37		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	2869,48	37,9%
BAGAZO	55,32	0,7%
BIOGAS	7,05	0,1%
EOLICA	838,41	11,1%
GAS NATURAL	3528,47	46,5%
NAFTA REFINERIA-cog	57,49	0,8%
SOLAR	224,80	3,0%
TOTAL PERÚ	7581,02	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (U\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	47,90	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	317,66	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	549,69	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	887,13	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	295,04	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	111,20	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	796,51	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TG4+TV	460,09	29,8	Gas Natural
Independencia GD (Ex Calana)	G1+G2+G3	16,49	33,00	Gas Natural
Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	TG8	16,86	42,42	Gas Natural
BESS	Minimo	224,80		Solar
Total		3723,37		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	2869,48	37,9%
BAGAZO	55,32	0,7%
BIOGAS	7,05	0,1%
EOLICA	838,41	11,1%
GAS NATURAL	3290,47	43,4%
NAFTA REFINERIA-cog	57,49	0,8%
SOLAR	462,80	6,1%
TOTAL PERÚ	7581,02	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (U\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	47,90	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	317,66	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	549,69	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	887,13	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	295,04	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	111,20	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	796,51	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3+TV	255,44	29,8	Gas Natural
BESS	Percentil P5	462,80		Solar
Total		3723,37		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	2869,48	37,9%
BAGAZO	55,32	0,7%
BIOGAS	7,05	0,1%
EOLICA	838,41	11,1%
GAS NATURAL	3196,16	42,2%
NAFTA REFINERIA-cog	57,49	0,8%
SOLAR	557,11	7,3%
TOTAL PERÚ	7581,02	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (U\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	47,90	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	317,66	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	549,69	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	887,13	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	295,04	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	111,20	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	796,51	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3	161,13	29,8	Gas Natural
BESS	Cuartil Q1	557,11		Solar
Total		3723,37		

Recurso Energetico	Contribucion de Potencia (MW)	Porcentaje
AGUA	2869,48	37,9%
BAGAZO	55,32	0,7%
BIOGAS	7,05	0,1%
EOLICA	838,41	11,1%
GAS NATURAL	3127,81	41,3%
NAFTA REFINERIA-cog	57,49	0,8%
SOLAR	625,46	8,3%
TOTAL PERÚ	7581,02	100,0%

Central Termoelectrica	Configuracion	Potencia Efectiva (MW)	CVC (U\$/MWh)	Combustible
Turbo Gas Natural Malacas TG6	TG6	47,90	11,51	Gas Natural
GN CC Las Flores	TG1+TV	317,66	26,46	Gas Natural
GN CC Fénix	TG1+TG2+TV	549,69	28,09	Gas Natural
GN CC Kallpa	TG1+TG2+TG3+TV	887,13	28,14	Gas Natural
GN CC Santo Domingo	TG1+TV	295,04	28,55	Gas Natural
GN CC Chilca 2	TG4+TV	111,20	28,86	Gas Natural
GN CC Chilca 1	TG+TG2+TG3+TV	796,51	28,92	Gas Natural
GN CC Ventanilla	TG3	92,78	29,8	Gas Natural
BESS	Mediana	625,46		Solar
Total		3723,37		

Detalle	Costo generacion	Reduccion	%
Sin BESS (U\$/MWh)	44,89		
Con BESS (U\$/MWh)(Minimo)	33	11,89	26,5%
Con BESS (U\$/MWh)(P5)	29,8	15,09	33,6%
Con BESS (U\$/MWh)(Q1)	28,92	15,97	35,6%
Con BESS (U\$/MWh)(Mediana)	28,92	15,97	35,6%

Nota. Elaboracion propia.

En todos los casos la implementación de los BESS permite que la inyección de la energía almacenada durante la operación de la central solar fotovoltaica, permita el desplazamiento de la operación de las centrales termoeléctricas que cubren la máxima demanda del sistema eléctrico nacional, generándose una reducción del costo de la energía generada en el sistema.

En los meses de evaluación se presentan 2 de ellos, en los cuales la cobertura de la máxima demanda se ha realizado con la participación de centrales termoeléctricas que consumen petróleo diesel, tal como lo es en el mes de enero (donde la máxima demanda fue cubierta por la central termoeléctrica del nodo energético del sur Puerto Bravo con 284,81 MW) con un costo de 239,62 U\$/MWh y en el mes de junio (donde la máxima demanda fue cubierta por la central termoeléctrica Tumbes GD con 13,63 MW) con un costo de 204,53 U\$/MWh.

Presentamos los resultados del comportamiento del precio de la generación de energía según el ingreso de la energía inyectado por los 4 casos de almacenamiento de energía eléctrica en BESS.

Tabla 27

*Resumen-Efecto de la inyección de los BESS en el mercado de generación*

Mes	Costo de generación (U\$/MWh)	Inyección BESS (MW)	Costo de generación desplazado (U\$/MWh)	Tipo de caso
Nov-23	44,89	224,798	28,92	Mínimo
Dic-23	44,89	224,798	33,00	Mínimo
En-24	239,52	462,796	43,92	P5
Feb-24	43,82	224,798	42,82	Mínimo
Mar-24	43,92	224,798	43,12	Mínimo
Abr-24	42,22	224,798	28,92	Mínimo
May-24	29,8	224,798	28,92	Mínimo
Jun-24	204,53	462,796	28,92	P5
Jul-24	44,89	224,798	28,92	Mínimo
Ago-24	44,89	224,798	29,80	Mínimo
Set-24	44,89	224,798	33,00	Mínimo
Oct-24	44,89	224,798	33,00	Mínimo

*Nota.* Elaboracion propia.

#### **4.4 Ventajas de la implementación de BESS.**

El modelo de la industria eléctrica tiene dos funciones: “Funciones físicas donde se encuentran las actividades de generación, transmisión, operación del sistema y la distribución de electricidad, y funciones comerciales donde se encuentran ventas en el mercado mayorista, conformado por el mercado mayorista o mercado spot (en el que participan solo generadores y es administrado por el COES), y en el mercado de contratos a plazo (suministro de generadores a distribuidores y grandes consumidores o usuarios libres), así como las ventas a los consumidores minoristas o regulados”

Sobre la base del criterio de seguridad y garantía de entrega de potencia al usuario para definir a la “potencia firme”, teniendo en cuenta que la energía eólica y solar “no generarían” esa garantía, el Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas dispuso en su artículo 110°, que indica lo siguiente: ...para las centrales RER que utilizan tecnología eólica, solar o mareomotriz, la Potencia Firme será calculada por el COES.... Este procedimiento o cálculo está pendiente desde el año 2013, por ello se sigue considerando como potencia firme de las RER “cero”.

Con la inyección de energía y potencia de los BESS asociados a almacenamiento de energía, con la inyección de energía garantizada en los periodos de máxima demanda( en discusión por que las centrales solares no están posibilitadas a recibir una compensacion económica debido a que no operan en horario nocturno), estaría evidenciado con la potencia de inyección del BESS, que estarían en condición de ser remuneradas por potencia firme (costo por unidad de potencia inyectada a la red en horas de máxima demanda) por las unidades equivalentes a la potencia de inyección para cada central solar fotovoltaica según el tipo de caso de “peak shaving” evaluado en el presente informe. Lo cual se presenta como un mecanismo económico de inversión para poder cubrir los proyectos, que pasarían de ocupar el mercado de servicios complementarios al mercado real de generación en horas de máxima demanda.

Así tenemos el siguiente resumen de las potencias inyectadas en horas de máxima demanda:

Tabla 28

*Resumen-Potencia de inyección de los BESS en el mercado de generación para potencia firme*

Central SFV	Potencia (MW)	Potencia inyectada (MW)			
		Mínimo	P5	Q1	Mediana
Rubí	144,8	98,990	187,518	217,766	245,544
Clemesi	116	76,132	138,720	163,764	182,530
Intipampa	40	18,184	39,834	52,608	60,470
Panamericana Solar	20	5,812	21,576	28,226	31,218
Majes Solar	20	2,496	21,106	23,968	25,516
Tacna Solar	20	6,544	16,106	24,114	29,312
Repartición	20	10,126	20,518	23,302	24,992
Moquegua FV	16	6,514	45,240	15,080	13,000
Total	396,8	224,798	462,796	557,106	625,456

*Nota.* Elaboracion propia.

El pago por potencia firme será el principal agente promotor para la inversión de los sistemas BESS en las centrales solares fotovoltaicas, del mismo modo la reducción de los costos de generación se reduce significativamente, lo cual debe traducirse en la reducción de los costos de la facturación de energía eléctrica en los usuarios finales.

#### **4.5 Discusión de resultados.**

Tal como lo demuestran Cherras, A. & Suarez, F. (2022) con la aplicación del método de Peak Shaving o cobertura de la máxima demanda en una empresa con sistemas fotovoltaicos permite una reducción de los costos de compra de energía en horas punta (en Ecuador), lo cual está limitado por la capacidad de la empresa para poder instalar en su predio una planta fotovoltaica de baja capacidad para almacenamiento de energía con BESS, siendo la potencia a instalar el límite técnico para su implementación. En nuestro caso la implementación de sistemas BESS permite almacenar energía eléctrica generada en Centrales Solares fotovoltaicas para las cuales se elaborado 4 casos de implementación en función a su capacidad de generación. En este caso con el caso Mínimo (teniendo en cuenta el día de mínima generación de energía) , se puede inyectar la energía almacenada en horas de máxima demanda y reducir significativamente los costos de generación del SEIN, al desplazarse en la operación de la cobertura de la máxima demanda a centrales termoeléctricas que operan con gas natural y en ciertos días a aquellas centrales

termoeléctricas que operan con petróleo diesel DB5 (que poseen un alto valor de costo de generación).

Según la investigación de Estrada, L. et al. (2019) para el empleo de BESS en la aplicación en la regulación primaria de frecuencia para una Central Termoelectrica de Ciclo Combinado en el SEIN, demostró que el empleo de los BESS en servicios complementarios es efectivo debido a que se tienen experiencias a nivel mundial de su implementación, con lo cual las centrales de energía en el Perú cumplen con mantener el nivel de frecuencia de 60 Hz , inyectado o retirando energía en su zona de generación según como se tenga por necesario. En nuestro caso se ha demostrado que los BESS no solo pueden ser utilizados como servicio complementario, sino para la implementación del peak shaving o cobertura de la máxima demanda, para lo cual deberán instalar sistemas de almacenamiento para la inyección de la energía eléctrica en horas de máxima demanda, accediendo de esta forma al pago por potencia firme, que actualmente las centrales solares fotovoltaicas en el Perú no tienen.

En referente a la investigación de Gutiérrez, S. & Palacios, J. (2022) para el reemplazo de una central termoeléctrica por una central RER solar o eólica concluye que para reemplazar la operación de una central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple de 1 038,9 MWh de generación por una central solar fotovoltaica que inyecta 533,3 MWh a la red reemplazando la operación de la central termoeléctrica, 505,6 MWh son almacenados en 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. En nuestro caso lo que se pretende, a diferencia de la investigación anterior, es cubrir a través de un peak shaving la cobertura de las horas de máxima demanda que son cubiertas por centrales termoeléctricas con generación con gas natural y en algunos casos con petróleo diesel DB5, con lo cual se abaten los precios de generación de energía en el SEIN. Para ello se han elaborado 4 casos de estudios , la primera Caso Mínimo ( asociada a la mínima generación histórica diaria de la central de generación),y 3 casos obtenidos por análisis estadísticos, en este caso en función del percentil P5, cuartil Q1 y según el valor de la mediana, con el inconveniente de que en los 3 últimos casos se requiere reforzar la capacidad de la red de transformación y transmisión secundaria de las centrales solares analizadas y así mismo el numero de BESS es elevado.

Según lo concluido en la investigación de Matus, M. (2018) los sistemas de almacenamiento de energía tomaran un rol relevante en la integración de estas tecnologías como en el aumento de las utilidades para el propietario. Es importante pensar en años como 2025 y 2030 donde se espera que ya esté en operación gran parte del parque renovable, con lo cual coincidimos con lo vertido, pero al ser el cambio tecnológico tan dinámico, se prevé que la generación de energía asociada a las centrales solares fotovoltaicas en horas punta nocturna es a corto plazo una realidad en los mercados energéticos, con lo cual se reducen los costos de generación de energía con la generación constante de energía eléctrica producida en centrales RER.

Según lo desarrollado por Maza, J. & Pérez, M. (2022) para implementar un Sistema BESS en la central fotovoltaica de Moquegua y su inyección en horas de máxima demanda del SEIN optaron por tener en cuenta el valor de la mediana para el dimensionamiento del Sistema BESS con lo cual se inyecta en horas punta como máximo 80 MWh o 113,77 MWh teniendo en cuenta en este último caso la necesidad de modificar su contrato RER y el incremento de la potencia de transformación. A diferencia de la investigación anterior no se pretende que toda la energía generada se almacene en los BESS, sino una fracción de la generación, tal que permita entre todo el parque de generación con centrales solares fotovoltaicas el abatimiento de las centrales de generación termoeléctrica que cubren la máxima demanda, esto a través de la implementación de un sistema peak shaving.

En el caso de Medina, F. (2021) propone implementar un sistema BESS para batir la máxima demanda del sistema de distribución SE0062 (Huancayo) en horas punta entre las 17 y las 21 horas del día, que paso de 33.2 MW antes de la instalación del sistema de almacenamiento, a 25.9 MW, con lo cual requiere instalar con recursos propios una central solar fotovoltaica de acumulación de 7.3 MW. A diferencia de lo anterior, la presente propuesta permite dinamizar el mercado de generación implementando un peak shaving con la intervención de las instalaciones actuales, con lo cual tan solo una fracción de su generación diaria es almacenada e inyectada en horas de máxima demanda 18.00 a 23.00 horas.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 5.1 Conclusiones.

- Se estimó el volumen de la energía a almacenar en BESS en cada una de las centrales fotovoltaicas pertenecientes al SEIN para una muestra de estudio de 365 días al año (noviembre 2023 a octubre 2024), realizándose para 4 casos de implementación, según el caso mínimo (asociado al día del año de evaluación con la menor generación de energía eléctrica) y 3 casos asociados a evaluación estadística que son según el percentil P5, el valor del cuartil Q1 y según el valor de la mediana.
- Para el caso mínimo se inyecta 224,798 MW con una energía de 1 123,99 MWh durante las horas de máxima demanda de las 18.00 a 23.00 horas. Para el caso 2 se inyecta 462,796 MW con una energía de 2 313,98 MWh, para el caso 3 se inyecta 557,106 MW con una energía de 2 785,53 MWh y para el caso 4 se inyecta 625,456 MW con una energía de 3 127,28 MWh. Para el primer caso se requieren de 422 BESS de 1,25 MW y 3,727 MWh de capacidad nominal.
- Se evaluó el desempeño de las centrales solares fotovoltaicas almacenando e inyectando energía al SEIN en horas de máxima demanda, por ejemplo para el caso del día histórico de máxima demanda que es el 7 de febrero del SEIN el cual presenta una máxima demanda de 7 762 MW, de las cuales 2 963,75 MW son cubiertas por centrales termoeléctricas con gas natural. Para el primer caso, la inserción de 224,798 MW con una energía de 1 123,99 MWh, desplazan de la cobertura de máxima demanda a la Central CC Chilca 1 que operaba en ciclo simple con 2 turbinas de gas.
- La inyección de energía almacenada en los BESS permite la reducción de los costos de generación de energía en el SEIN, así tenemos para el caso del mes de febrero en la cual el costo de generación disminuye de 43,82 U\$/MWh a 42,82 U\$/MWh. En otros casos la reducción de costos es más significativo, alcanzándose valores de hasta 28,92U\$/MWh (para el caso mínimo). Para los 2 meses en las cuales se tenían generación de energía con petróleo diésel DB5 se requiere implementar BESS de mayores dimensiones, de 469,796 MW para abatir los costos generados por el Diesel.
- La principal ventaja de implementar los sistemas BESS para aplicar peak shaving, radica en que las Centrales Solares Fotovoltaicas pueden acceder al pago por potencia firme, que en la actualidad no se les remunera, debido a que las centrales solares no operan o garantizan energía en horas nocturna de máxima demanda.

## 5.2 Recomendaciones.

- Los costos de implementar los sistemas BESS son aún elevados, según la magnitud de los sistemas a implementar. Para lo cual se sugiere, estando en proceso de debate actual la reforma de la Ley de Promoción de los Recursos Energéticos Renovables, implementar reducciones fiscales a los costos de importación de los BESS para hacer más rentable su implementación.
- Cada caso de implementación de BESS en cada central solar fotovoltaica es un caso muy particular en la ingeniería de diseño, desde la ampliación del centro de transformación y reforzamiento de la red secundaria de transmisión secundaria hasta la implementación de una adenda al contrato de RER adjudicado a cada central de generación en los procesos de subastas RER.
- Es un tema pendiente la regulación de los sistemas complementarios en el Perú, para formar un mercado de sistemas complementarios, en donde la inyección de energía almacenada en BESS se reglamente, con lo cual como se ha demostrado se dinamiza el mercado de generación reduciéndose los costos de generación en el SEIN.
- Aun no se cuenta en las universidades cursos en donde se profundice el diseño e implementación de sistemas BESS, por parte de empresa privada se ha avanzado mínimamente en lo referente al uso de BESS en regulación de frecuencia primaria, mas no en peak shaving.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Acosta, S. (2024). Las baterías ya compiten en costes con las tecnologías de respaldo. El periódico de la energía. España. Disponible en:  
<https://elperiodicodelaenergia.com/las-baterias-ya-compiten-en-costes-con-las-tecnologias-de-respaldo/>
- Alonso, J. et al. (2022) Sistemas de almacenamiento masivo de energía con baterías (BESS): Estado actual y tendencias de futuro. Universidad de Oviedo. España. Disponible en:  
[https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/56930/Proof\\_SAAEI\\_19.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/56930/Proof_SAAEI_19.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Aravena, C. (2012). ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN INTERCONECTADA DE CENTRALES ELÉCTRICAS EN BASE A TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA. Tesis de Ingeniería. Universidad de Chile. Disponible en:  
[https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111465/cf-aravena\\_cr.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111465/cf-aravena_cr.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Carpio, A. (2023) Sistema BESS. Una solución en el almacenamiento de energía. KINNERGY Ingeniería y Consultoría. México. Disponible en:  
<https://www.kin.energy/blogs/post/sistema-bess.-una-soluci%C3%B3n-en-el-almacenamiento-de-energ%C3%ADa>
- COES (2024). Información de la Demanda. Página del COES. Perú. Disponible en:  
<https://www.coes.org.pe/Portal/home/>
- COES (2023). Estadística anual 2023. Página del COES. Perú. Disponible en:  
<https://www.coes.org.pe/Portal/publicaciones/estadisticas/estadistica?anio=2023>
- Cherres, A. & Suarez, F. (2023). Gestión energética mediante la aplicación del método de Peak Shaving en la empresa “Rhinoplast S.A” En la ciudad de Santo Domingo. Tesis en Maestría en Electricidad Mención Sistemas Eléctricos de Potencia. Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador. Disponible en:  
<https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10441>
- Choque, W. (2023). ESTUDIO DE CASO SISTEMA BESS PARA UTILITARIAS. Amper Energia. México. Disponible en:  
<https://amperonline.com/wp-content/uploads/2024/07/ART-NOV-20-1.pdf>

- Dammert, A. (2021). Generación eléctrica con energías renovables no convencionales: el mecanismo de subastas. *Revista de Círculo de Derecho Administrativo*. pero. Disponible en:  
<file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/Dialnet-GeneracionElectricaConEnergiasRenovablesNoConvenci-8>
- Delta Veltron (2024). Capacidad de Baterías. Web Delta Veltron. España. Disponible en:  
[https://shopdelta.eu/capacidad-de-la-bateria\\_l6\\_aid748.html](https://shopdelta.eu/capacidad-de-la-bateria_l6_aid748.html)
- Enel (2024). La nueva frontera del BESS. Pagina web de Corporación ENEL. España. Disponible en:  
<https://www.enel.com/es/medios/word-from/news/2024/06/almacenamiento-bess-nueva-era-energia>
- Enlight (2022). BESS: Qué son y cómo funcionan. Enlight. España. Disponible en:  
<https://www.enlight.mx/blog/bess-que-son-y-como-funcionan>
- Estrada, Alarcón, Chavarri y Quispe. (2019). Diagnóstico, Análisis y Evaluación de los Sistemas de Almacenamiento de Energía con Baterías para su aplicación en la regulación primaria de frecuencia en una Central de Ciclo Combinado del Sistema Eléctrico Peruano. Tesis para optar el Grado de Magister en Gestión de la Energía en ESAN. Perú. Disponible en:  
<https://repositorio.esan.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b3dda06b-f4fc-4c75-883f-6da41875c956/content>
- Gastelbondo, D. (2019). Evaluación técnica y económica de Parques Solares fotovoltaicos en Colombia. Tesis de Ingeniería. Universidad de Antioquia. Colombia. Disponible en:  
<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/13183/1/PIA%2012556.pdf>
- Guamán, J. (2022). Diseño de un sistema “peak shaving” basado en sistema renovable y almacenamiento de baterías para grandes consumidores de electricidad en el Ecuador, aplicación para un cliente industrial. Tesis de Maestría en Administración de Negocios. Escuela Politécnica Nacional de Ecuador. Disponible en:  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23423>

- Guevara, R. (2024). Manual de Centrales Termoeléctricas. Universidad Nacional del Santa. Disponible en:  
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-del-santa/metodologia-de-la-investigacion/modulo-i-unidad-ct-2020/10461617>
- Guevara, R. & Muñoz, L. (2018). Efecto de las centrales con recursos energéticos renovables en la oferta de energía del SEIN, 2017. Revista INGnosis. 2018; 4(2): 206-217. UCV Perú. Disponible en:  
[file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/09v4n2%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/09v4n2%20(2).pdf)
- Gutiérrez, S. & Palacios, J. (2022). Reemplazo de una central termoeléctrica por una central RER. en el sistema de generación de energía del Perú. Universidad Nacional del Santa. Disponible en:  
<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3976>
- Iberdrola (2024) Contrato de compraventa de energía. ¿Sabes qué es un PPA y cuáles son sus principales ventajas? Iberdrola. España. Disponible en:  
<https://www.iberdrola.com/conocenos/contrato-ppa-energia>
- Kinenergy Consultoria (2023). Sistema BESS. Una solución en el almacenamiento de energía. Kinenergy Consultoria. España. Disponible en:  
<https://www.kin.energy/blogs/post/sistema-bess.-una-soluci%C3%B3n-en-el-almacenamiento-de-energ%C3%ADa>
- Maza, J. & Pérez, M. (2022). Almacenamiento de energía eléctrica en la central fotovoltaica de Moquegua y su inyección en horas de máxima demanda del SEIN. Universidad Nacional del Santa. Disponible en:  
<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3852>
- Matus, M. (2018). Aplicaciones técnicas y económicas de sistemas BESS en parques eólicos y fotovoltaicos en el sistema eléctrico chileno. Tesis para título de Ingeniero Civil Electricista. Universidad de Chile. Disponible en:  
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152522>
- Medina, F. (2021). Sistema de almacenamiento de energía en batería (BESS) y su influencia en la demanda eléctrica diaria del sistema de distribución se0062 (Huancayo). Tesis para optar título de Ingeniero Electricista. Universidad Nacional del Centro. Perú. Disponible en:  
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7604>

- Mitma, R. (2015). Análisis de la Regulación de Energías Renovables en el Perú. Revista Derecho & Sociedad, N° 45 / pp. 167-176. Perú. Disponible en:  
file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/15235-  
Texto%20del%20art%C3%ADculo-60478-1-10-20160920.pdf
- Novoa. E. (2015). MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA PARQUES FOTOVOLTAICOS EN EL ECUADOR. Tesis de Ingenieria. Escuela Politécnica Nacional de Ecuador. Disponible en:  
file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/CD-6279%20(1).pdf
- Núñez, I. (2015). Generación eólica y solar fotovoltaica: ¿Qué tan variables son?. Web Breves de Energia. Chile. Disponible en:  
<https://www.brevesdeenergia.com/wp-content/uploads/2015-02-24-generacion-eolica-y-solar-fotovoltaica-que-tan-variables-son.pdf>
- Octaviano, C. et al (2020). Metodología para la identificación y cuantificación de acciones de mitigación por la generación distribuida de energía eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos con capacidades menores a 500kW y con conexión a red. Instituto de Investigación y Cambio Climático de México. Disponible en:  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/681992/105\\_2020\\_Metodologia\\_identificacion\\_500kw\\_conexion\\_a\\_red.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/681992/105_2020_Metodologia_identificacion_500kw_conexion_a_red.pdf)
- Ortega, N. (2022) Cambio Climático. Cómo resolver el gran mal de la energía renovable: el almacenamiento. MIT Technology Review. España. Disponible en:  
<https://www.technologyreview.es/s/11537/como-resolver-el-gran-mal-de-la-energia-renovable-el-almacenamiento>
- Oyanguren, J. (2014). Despacho de generación con energías renovables y su impacto en el medio ambiente - caso peruano. Tesis de Ingenieria. Universidad Nacional del Callao. Disponible en:  
<https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/1076/80.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Parada, D. (2018). APLICACIONES TÉCNICAS Y ECONÓMICAS DE SISTEMAS BESS EN PARQUES EÓLICOS Y FOTOVOLTAICOS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO CHILENO. Tesis de Ingeniero Civil Eléctrico. Universidad de Chile. Disponible en:

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/152522/Aplicaciones-t%c3%a9cnicas-y-econ%c3%b3micas-de-sistemas-BESS-en-parques-e%c3%b3licos-y-fotovoltaicos-en-el-sistema-el%c3%a9ctrico-chileno.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pebblex Energy (2023). Ciclos de carga y vida útil en BESS. Web de Pebblex Energy. España. Disponible en:

<https://bepebblex.com/ciclos-carga-vida-util-bess/>

Pinilla, J. (2019). El problema energético mundial. Energías renovables y cambio climático. Energy Management. México. Disponible en:

<https://e-management.mx/2019/11/16/el-problema-energetico-mundial-energias-renovables-y-cambio-climatico/>

Romero, R. (2021) Análisis económico del impacto del desarrollo de proyectos termosolares en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional al 2030. Tesis de Ingeniería. UTEC. Perú. Disponible en:

[https://cris.utec.edu.pe/ws/portalfiles/portal/21792327/Romero\\_Cavero\\_Tesis.pdf](https://cris.utec.edu.pe/ws/portalfiles/portal/21792327/Romero_Cavero_Tesis.pdf)

Santibañez, R. (2021). MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE DIMENSIONAMIENTO DE BATERÍAS PARA LA APLICACIÓN DE RECORTE DE PUNTA EN CLIENTES LIBRES. Tesis de Ingeniero Civil Eléctrico. Universidad de Chile. Disponible en:

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/182275/Modelo-de-optimizacion-de-dimensionamiento-de-baterias-para-la-aplicacion-de-recorte-de-punta-en-clientes-libres.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Siddiq, A. (2021). Sizing and optimization of battery energy storage systems for wind and solar power plants in a distribution grid. Tesis de Ingeniería. Uppsala Universitet. Suecia. Disponible en:

<https://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1604419/FULLTEXT01.pdf>

Vargas, O. (2023). Despacho Económico de Sistemas de Energía en Áreas múltiples Usando Programación de Flujo de Red. Revista Técnica energía vol.19 no.2 Quito ene./jun. 2023. Disponible en:

[http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2602-84922023000100042](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2602-84922023000100042)

Yong, L. (2023). Mecanismo de reducción de picos que emplea un sistema de almacenamiento de batería (BSS) y pronóstico solar. Artículo de Transacciones ECTI sobre ingeniería eléctrica, electrónica y comunicaciones 21(2):249826. DOI: 10.37936/ecti-eec.2023212.249826. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/371928411\\_Peak\\_Shaving\\_Mechanism\\_Employing\\_a\\_Battery\\_Storage\\_System\\_BSS\\_and\\_Solar\\_Forecasting](https://www.researchgate.net/publication/371928411_Peak_Shaving_Mechanism_Employing_a_Battery_Storage_System_BSS_and_Solar_Forecasting)

Zanabria, A. (2020). POTENCIA FIRME EN LAS ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES. Artículo de opinión Habitat Verde. Perú. Disponible en: <https://habitatverde.pe/wp-content/uploads/2020/09/Potencia-firme-en-las-RER.pdf>

## **VII. ANEXOS**

Anexo 1: Análisis estadístico de información de generación de CSFV Moquegua FV.

Anexo 2: Análisis estadístico de información de generación de CSFV Majes Solar.

Anexo 3: Análisis estadístico de información de generación de CSFV Panamericana Solar.

Anexo 4: Análisis estadístico de información de generación de CSFV Tacna Solar.

Anexo 5: Análisis estadístico de información de generación de CSFV Repartición FV.

Anexo 6: Análisis estadístico de información de generación de CSFV Clemesi.

Anexo 7: Análisis estadístico de información de generación de CSFV Rubí.

Anexo 8: Características de Sistemas BESS.

Anexo 9: Reportes de generación días de máxima demanda.

Anexo 10: Catálogo BESS ST3727KWH(L)-D1250HV+SG3125HV-MV Sungrow

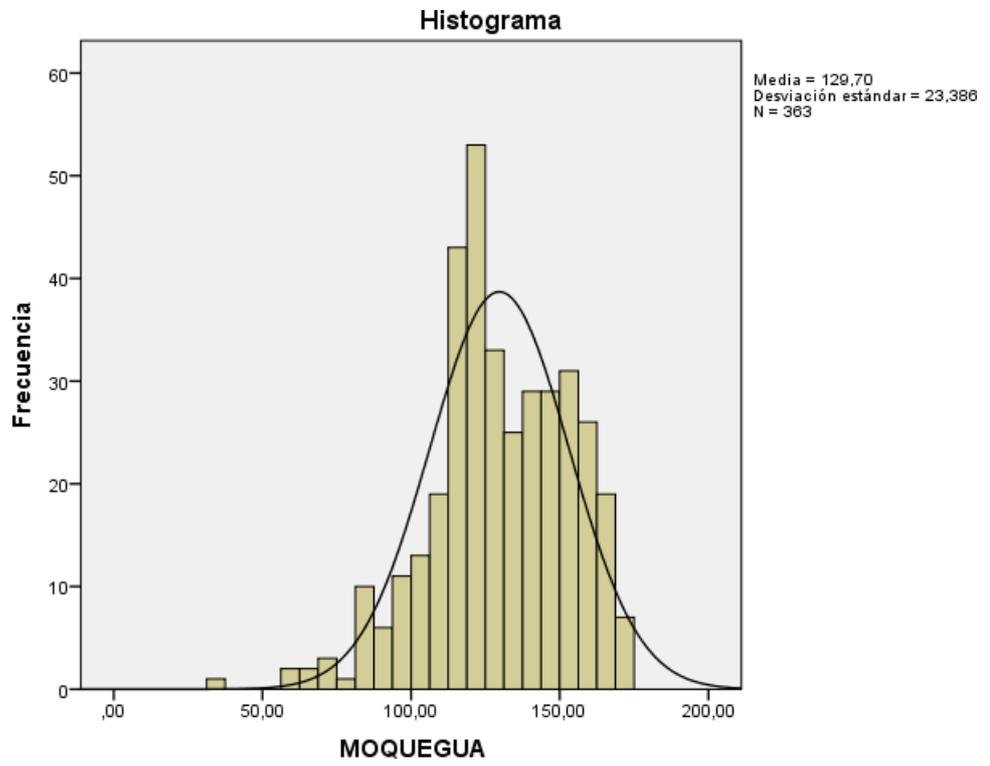
Anexo 11: Diagrama unifilar del Caso Energía mínima generada para la Central Solar FV Intipampa.

Anexo 1: Análisis estadístico de información de generación de CSFV Moquegua FV.

**Estadísticos**

MOQUEGUA

N	Válido	363
	Perdidos	30
Media		129,6959
Error estándar de la media		1,22745
Mediana		129,3710
Moda		32,57 <sup>a</sup>
Desviación estándar		23,38616
Varianza		546,912
Asimetría		-,516
Error estándar de asimetría		,128
Curtosis		,487
Error estándar de curtosis		,255
Rango		139,83
Mínimo		32,57
Máximo		172,40
Suma		47079,63
Percentiles	5	87,0964
	10	99,7792
	15	107,8220
	20	113,6924
	25	116,7870
	30	118,3426
	35	120,3508
	40	122,4296
	45	124,9458
	50	129,3710
	55	131,8994
	60	136,8234
	65	141,1912
	70	144,3336
	75	148,3980
	80	151,5392
	85	156,1052
	90	160,0024
	95	164,6114



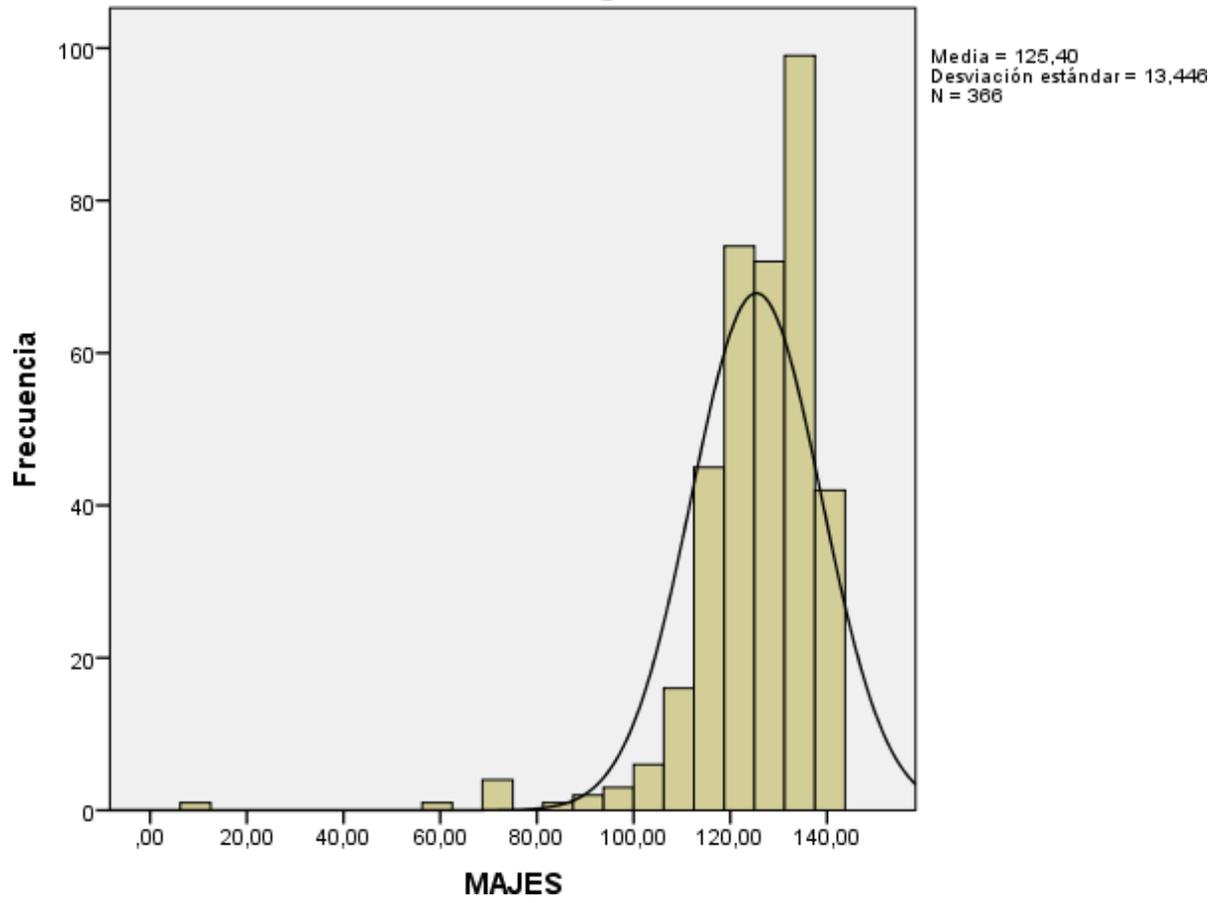
Anexo 2: Análisis estadístico de información de generación de CSFV Majes Solar.

**Estadísticos**

MAJES

N	Válido	366
	Perdidos	27
Media		125,4008
Error estándar de la media		,70283
Mediana		127,5895
Moda		133,13
Desviación estándar		13,44595
Varianza		180,793
Asimetría		-2,878
Error estándar de asimetría		,128
Curtosis		16,341
Error estándar de curtosis		,254
Rango		130,85
Mínimo		12,48
Máximo		143,33
Suma		45896,68
Percentiles	5	105,5327
	10	112,6367
	15	115,0470
	20	118,0260
	25	119,8400
	30	120,6528
	35	122,4014
	40	124,2892
	45	126,1608
	50	127,5895
	55	129,1886
	60	130,7556
	65	132,8025
	70	133,7761
	75	134,3805
	80	135,2402
	85	136,4581
	90	137,9240
	95	139,5863

Histograma

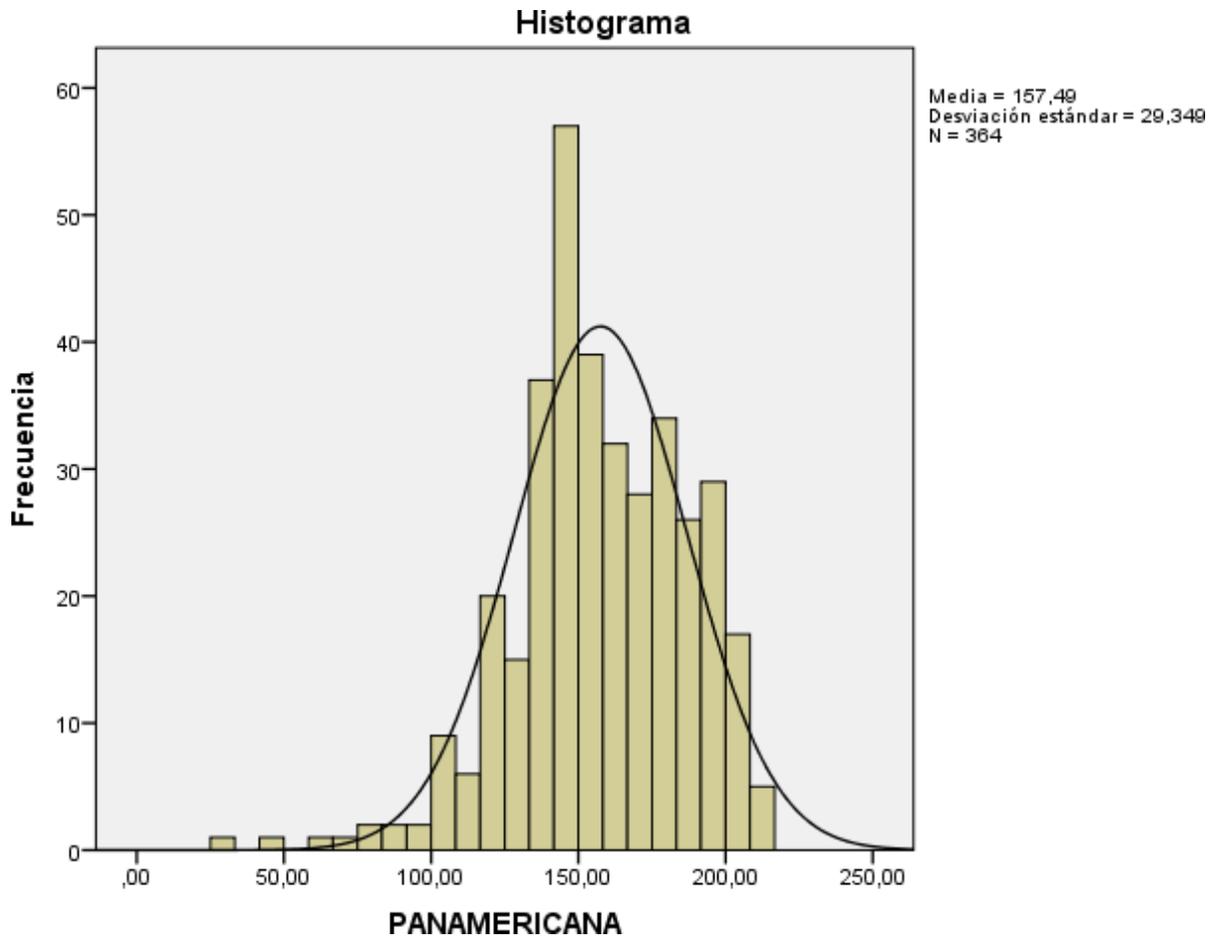


Anexo 3: Análisis estadístico de información de generación de CSFV Panamericana Solar.

**Estadísticos**

PANAMERICANA

N	Válido	364
	Perdidos	29
Media		157,4912
Error estándar de la media		1,53830
Mediana		156,0905
Moda		29,06 <sup>a</sup>
Desviación estándar		29,34888
Varianza		861,357
Asimetría		-,605
Error estándar de asimetría		,128
Curtosis		1,132
Error estándar de curtosis		,255
Rango		182,71
Mínimo		29,06
Máximo		211,77
Suma		57326,79
Percentiles	5	107,8825
	10	121,5090
	15	131,9468
	20	138,4660
	25	141,1335
	30	143,2610
	35	145,9305
	40	148,9010
	45	152,1660
	50	156,0905
	55	161,1430
	60	165,1130
	65	170,9508
	70	175,7580
	75	178,7913
	80	184,7090
	85	190,3385
	90	195,7090
	95	202,9525

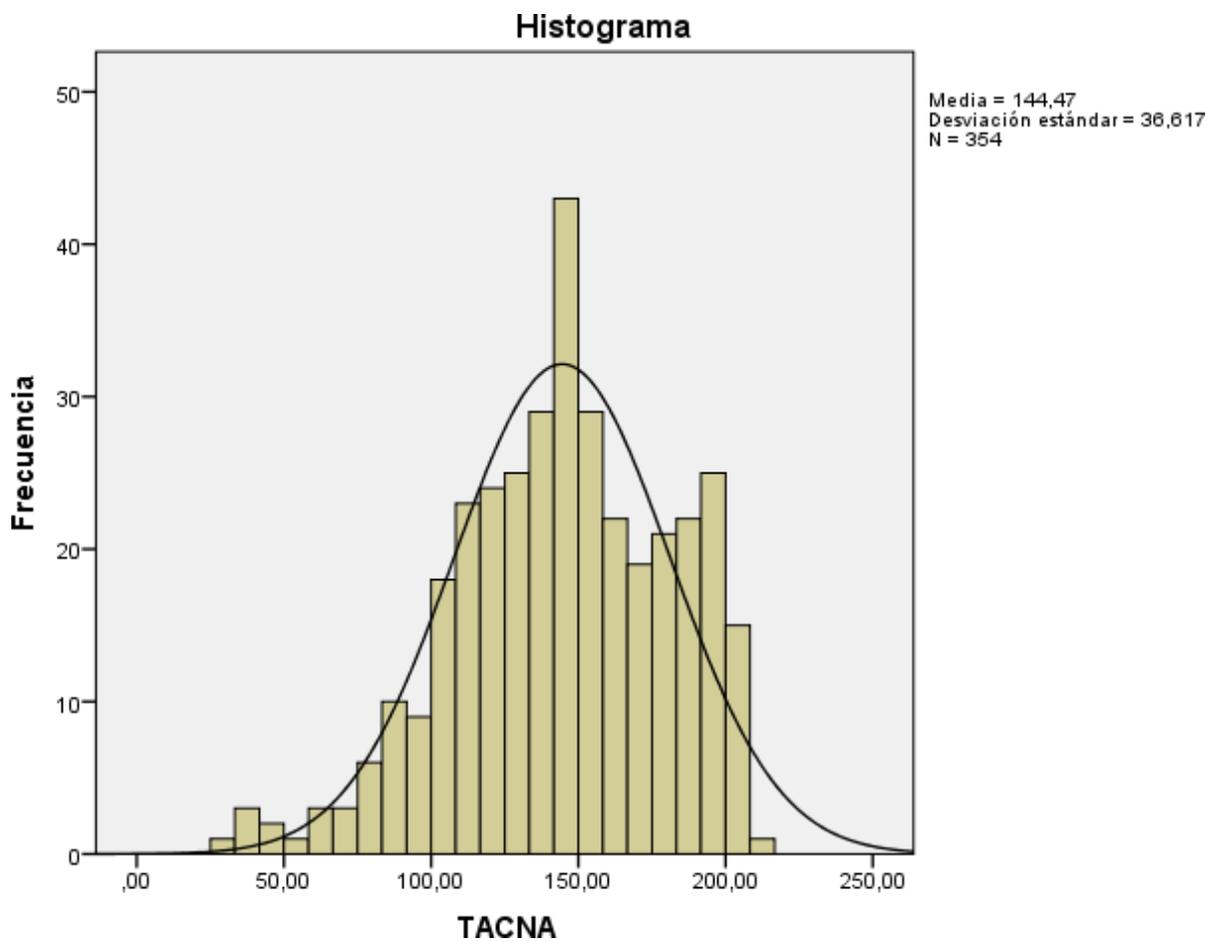


Anexo 4: Análisis estadístico de información de generación de CSFV Tacna Solar.

**Estadísticos**

TACNA

N	Válido	354
	Perdidos	39
Media		144,4716
Error estándar de la media		1,94618
Mediana		146,5675
Moda		192,05
Desviación estándar		36,61713
Varianza		1340,815
Asimetría		-,426
Error estándar de asimetría		,130
Curtosis		-,067
Error estándar de curtosis		,259
Rango		179,34
Mínimo		32,72
Máximo		212,06
Suma		51142,96
Percentiles	5	80,5373
	10	97,3175
	15	106,9795
	20	112,7440
	25	120,5715
	30	125,7745
	35	131,3488
	40	137,4050
	45	142,2175
	50	146,5675
	55	148,8963
	60	153,6570
	65	158,3780
	70	165,3510
	75	172,6598
	80	181,0100
	85	188,5400
	90	193,4480
	95	199,4155

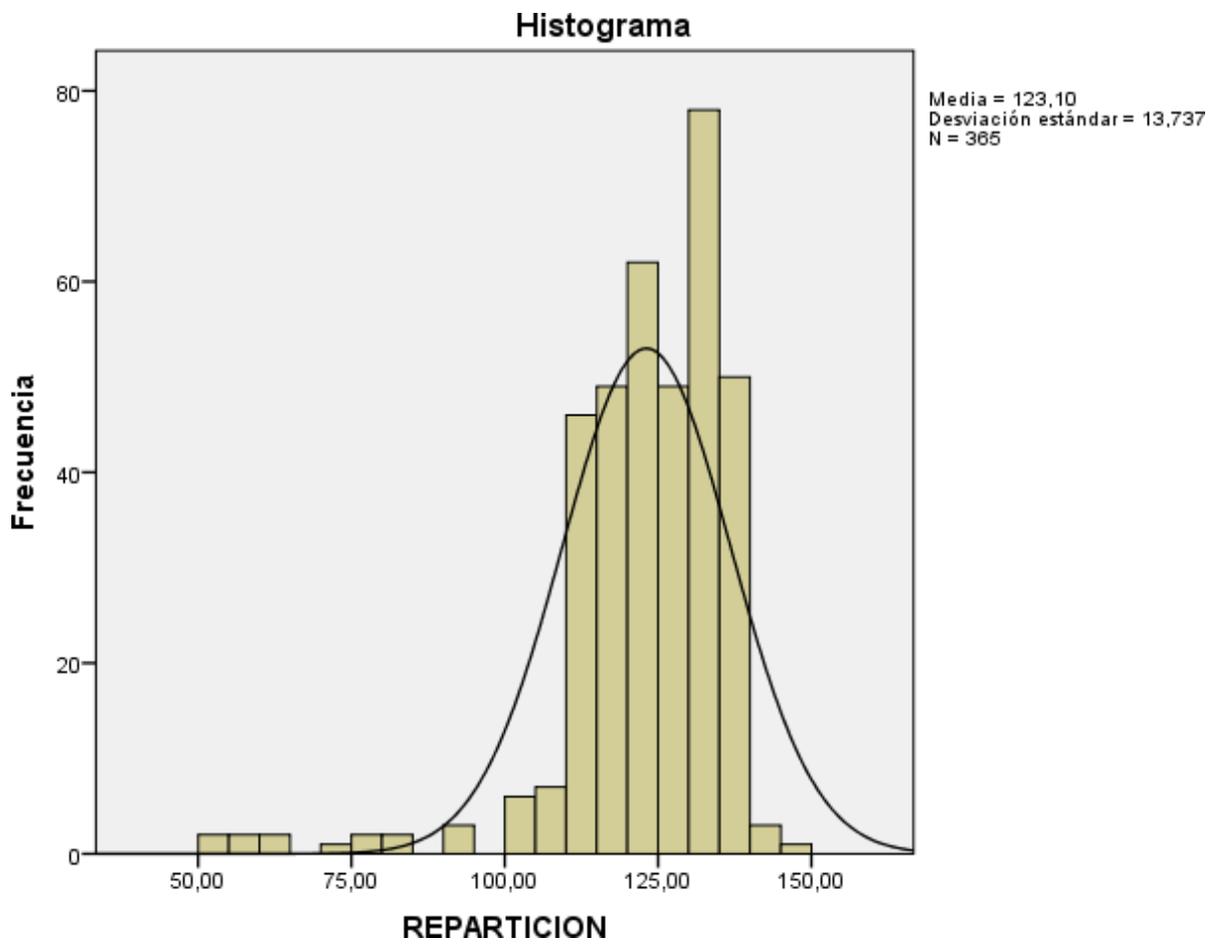


Anexo 5: Análisis estadístico de información de generación de CSFV Repartición FV.

**Estadísticos**

REPARTICION

N	Válido	365
	Perdidos	28
Media		123,0974
Error estándar de la media		,71904
Mediana		124,9590
Moda		113,85 <sup>a</sup>
Desviación estándar		13,73727
Varianza		188,713
Asimetría		-2,299
Error estándar de asimetría		,128
Curtosis		8,193
Error estándar de curtosis		,255
Rango		94,73
Mínimo		50,63
Máximo		145,36
Suma		44930,56
Percentiles	5	102,5877
	10	111,6366
	15	113,7382
	20	114,8852
	25	116,5100
	30	118,6650
	35	120,3698
	40	121,6532
	45	123,4300
	50	124,9590
	55	127,0375
	60	128,6656
	65	130,5157
	70	131,6580
	75	132,3920
	80	133,6126
	85	134,9666
	90	136,0914
	95	138,1910



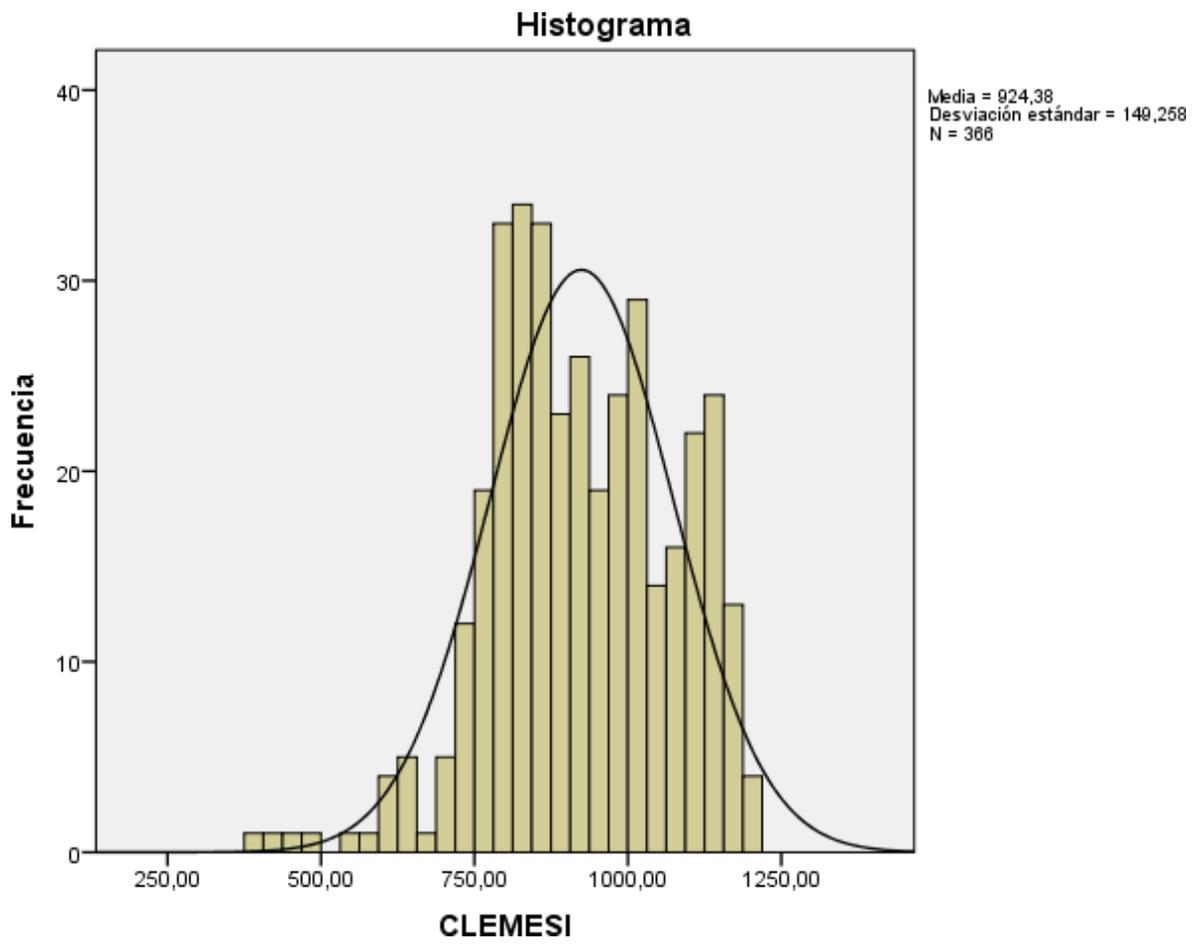
Anexo 6: Análisis estadístico de información de generación de CSFV Clemesi.

**Estadísticos**

CLEMESI

N	Válido	366
	Perdidos	27
Media		924,3768
Error estándar de la media		7,80187
Mediana		912,6569
Moda		380,66 <sup>a</sup>
Desviación estándar		149,25847
Varianza		22278,091
Asimetría		-,292
Error estándar de asimetría		,128
Curtosis		,097
Error estándar de curtosis		,254
Rango		821,08
Mínimo		380,66
Máximo		1201,74
Suma		338321,91
Percentiles	10	764,0510
	20	800,9538
	30	836,2628
	40	865,2968
	50	912,6569
	60	967,2049
	70	1007,6701
	80	1081,4043
	90	1131,8400

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

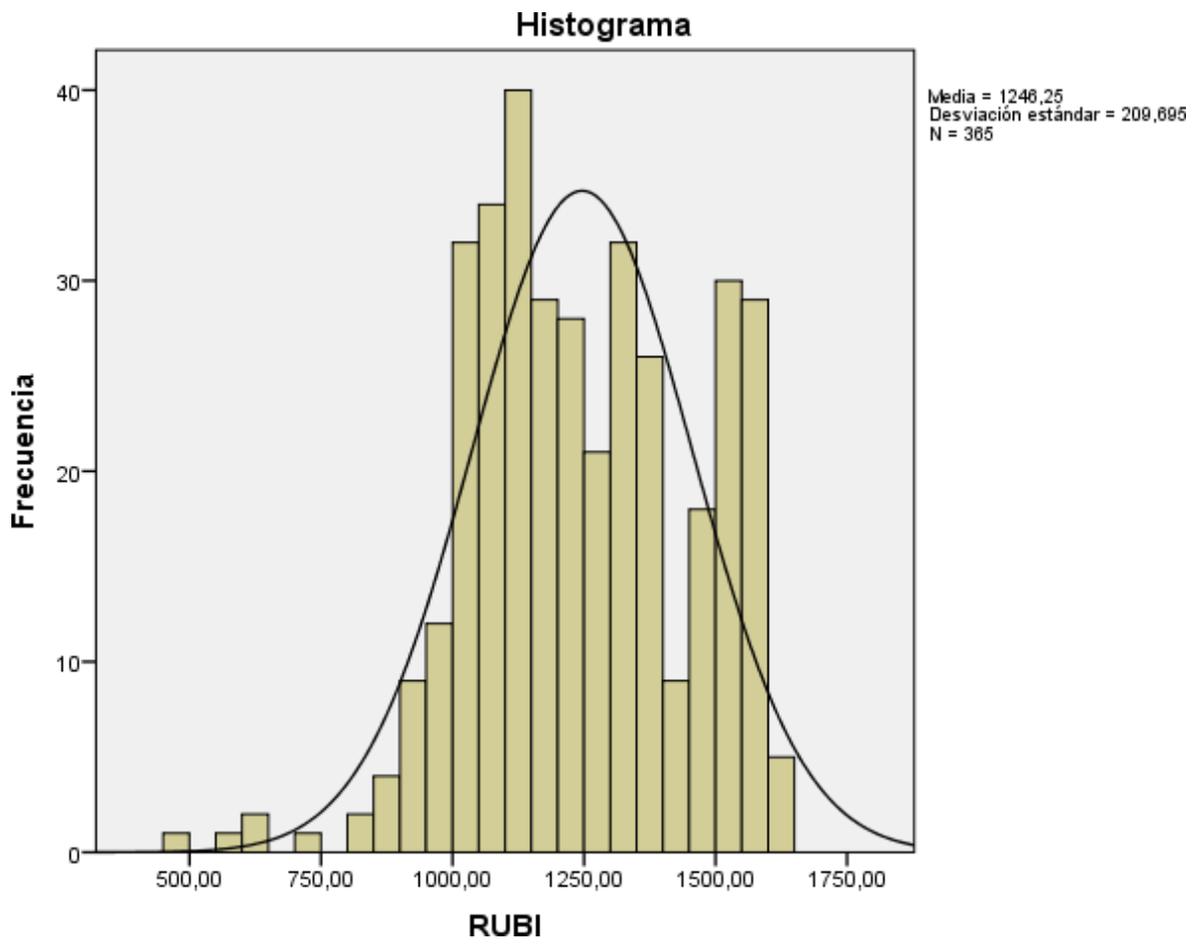


Anexo 7: Análisis estadístico de información de generación de CSFV Rubí.

**Estadísticos**

RUBI

N	Válido	365
	Perdidos	28
Media		1246,2491
Error estándar de la media		10,97591
Mediana		1227,7200
Moda		861,24
Desviación estándar		209,69456
Varianza		43971,808
Asimetría		-,179
Error estándar de asimetría		,128
Curtosis		-,133
Error estándar de curtosis		,255
Rango		1121,57
Mínimo		494,95
Máximo		1616,52
Suma		454880,93
Percentiles	10	1016,0208
	20	1071,7668
	30	1112,8690
	40	1173,5403
	50	1227,7200
	60	1302,8236
	70	1355,4269
	80	1479,6939
	90	1545,9068



Anexo 8: Características de Sistemas BESS.

Tabla  
*Parámetros de los BESS*

Parámetro	Detalle
Tipo	Ion Litio
Capacidad nominal	3,727 MWh BoL
Eficiencia/Dod	90%/80%
Configuración del sistema	416S10P
Rango de voltaje batería	1 123-1 497 V
BMS communication interfaces	RS485, Ethernet
BMS communication protocols	Modbus RTU, Modbus TCP
Ruido	<70 dB
Grado de IP	IP54
Dimensiones	12,192*2,896*2,438 mm
Peso	46 Ton.

*Nota.* Información obtenida de Empresa Sungrow Power Supply Co., Ltd.



Anexo 9: Reportes de generacion dias de máxima demanda.

Máxima Demanda	7489,34603
Fecha	21/11/2023
Hora	19:45

Hora	Demanda	Hora	Demanda
00:15	6381,601	12:15	7398,276
00:30	6323,565	12:30	7383,147
00:45	6276,513	12:45	7258,469
01:00	6240,616	13:00	7290,909
01:15	6254,330	13:15	7276,956
01:30	6236,771	13:30	7190,526
01:45	6224,675	13:45	7224,300
02:00	6109,083	14:00	7288,896
02:15	6146,003	14:15	7299,554
02:30	6134,912	14:30	7428,451
02:45	6074,818	14:45	7422,710
03:00	6108,698	15:00	7470,929
03:15	6101,889	15:15	7458,316
03:30	6066,493	15:30	7423,985
03:45	6073,130	15:45	7420,236
04:00	6096,716	16:00	7460,127
04:15	6082,079	16:15	7436,778
04:30	6140,461	16:30	7359,299
04:45	6176,773	16:45	7319,467
05:00	6101,950	17:00	7277,683
05:15	6164,404	17:15	7227,135
05:30	6215,776	17:30	7212,387
05:45	6153,506	17:45	7106,357
06:00	6178,538	18:00	7069,404
06:15	6313,093	18:15	7072,771
06:30	6323,959	18:30	7231,415
06:45	6413,409	18:45	7434,944
07:00	6419,199	19:00	7470,427
07:15	6504,093	19:15	7472,644
07:30	6555,389	19:30	7485,975
07:45	6612,977	19:45	7489,346
08:00	6665,913	20:00	7484,498
08:15	6738,397	20:15	7471,231
08:30	6776,979	20:30	7437,648
08:45	6924,585	20:45	7431,922
09:00	7011,246	21:00	7415,374
09:15	6996,007	21:15	7357,351
09:30	7082,800	21:30	7278,289
09:45	7148,053	21:45	7250,800
10:00	7198,110	22:00	7235,357
10:15	7191,214	22:15	7201,995
10:30	7290,842	22:30	7119,732
10:45	7370,219	22:45	7128,163
11:00	7345,820	23:00	6992,220
11:15	7362,578	23:15	6887,548
11:30	7437,195	23:30	6737,420
11:45	7475,510	23:45	6702,901
12:00	7398,396	00:00	6597,132

	<b>Máxima Demanda</b>	7545,01462		
	<b>Fecha</b>	18/12/2023		
	<b>Hora</b>	19:45		
	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>
	00:15	6346,245	12:15	7587,390
	00:30	6337,553	12:30	7532,265
	00:45	6303,049	12:45	7500,475
	01:00	6208,312	13:00	7495,646
	01:15	6173,801	13:15	7445,434
	01:30	6138,995	13:30	7457,571
	01:45	6062,935	13:45	7470,685
	02:00	6055,844	14:00	7463,475
	02:15	6005,299	14:15	7499,177
	02:30	5977,644	14:30	7563,021
	02:45	5974,328	14:45	7588,840
	03:00	5956,092	15:00	7578,155
	03:15	5959,563	15:15	7540,780
	03:30	5924,758	15:30	7533,324
	03:45	5971,278	15:45	7569,947
	04:00	5915,618	16:00	7554,128
	04:15	5974,442	16:15	7553,652
	04:30	6008,025	16:30	7554,165
	04:45	5968,710	16:45	7519,297
	05:00	6014,619	17:00	7435,932
	05:15	6044,510	17:15	7304,006
	05:30	6068,336	17:30	7293,968
	05:45	6147,418	17:45	7209,817
	06:00	6111,363	18:00	7138,099
	06:15	6198,782	18:15	7089,785
	06:30	6319,632	18:30	7222,228
	06:45	6320,768	18:45	7376,928
	07:00	6440,309	19:00	7485,023
	07:15	6512,449	19:15	7493,752
	07:30	6583,406	19:30	7521,097
	07:45	6661,036	19:45	7545,015
	08:00	6696,052	20:00	7524,882
	08:15	6825,577	20:15	7505,064
	08:30	6989,200	20:30	7494,275
	08:45	7017,169	20:45	7489,332
	09:00	7131,213	21:00	7467,334
	09:15	7232,834	21:15	7432,453
	09:30	7212,263	21:30	7434,540
	09:45	7336,261	21:45	7393,445
	10:00	7393,891	22:00	7340,876
	10:15	7381,514	22:15	7377,544
	10:30	7448,184	22:30	7354,608
	10:45	7488,891	22:45	7258,229
	11:00	7509,883	23:00	7123,071
	11:15	7570,423	23:15	7087,692
	11:30	7629,363	23:30	7020,848
	11:45	7643,083	23:45	6931,115
	12:00	7692,894	00:00	6802,759

	<b>Máxima Demanda</b>	7632,53124		
	<b>Fecha</b>	26/01/2024		
	<b>Hora</b>	19:45		
	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>
	00:15	6700,200	12:15	8025,011
	00:30	6629,730	12:30	8037,493
	00:45	6612,079	12:45	7944,641
	01:00	6549,595	13:00	7965,816
	01:15	6521,658	13:15	7896,263
	01:30	6493,238	13:30	7821,808
	01:45	6411,037	13:45	7869,336
	02:00	6417,533	14:00	7924,127
	02:15	6403,853	14:15	7925,517
	02:30	6330,676	14:30	8001,055
	02:45	6382,492	14:45	8046,829
	03:00	6382,072	15:00	7993,462
	03:15	6263,227	15:15	8012,162
	03:30	6334,602	15:30	8033,737
	03:45	6341,955	15:45	7937,569
	04:00	6267,839	16:00	7968,131
	04:15	6356,574	16:15	7907,396
	04:30	6348,158	16:30	7843,624
	04:45	6334,655	16:45	7791,092
	05:00	6381,593	17:00	7732,502
	05:15	6394,838	17:15	7559,306
	05:30	6422,296	17:30	7457,561
	05:45	6516,235	17:45	7380,300
	06:00	6502,989	18:00	7292,070
	06:15	6434,513	18:15	7273,830
	06:30	6525,237	18:30	7273,188
	06:45	6540,603	18:45	7369,866
	07:00	6558,766	19:00	7518,082
	07:15	6694,552	19:15	7594,516
	07:30	6876,579	19:30	7628,581
	07:45	6943,647	19:45	7632,531
	08:00	7078,374	20:00	7615,606
	08:15	7202,845	20:15	7621,277
	08:30	7260,402	20:30	7604,960
	08:45	7404,032	20:45	7581,495
	09:00	7532,366	21:00	7579,937
	09:15	7569,007	21:15	7541,139
	09:30	7675,788	21:30	7513,195
	09:45	7734,882	21:45	7455,043
	10:00	7757,497	22:00	7415,148
	10:15	7814,317	22:15	7372,689
	10:30	7850,546	22:30	7353,364
	10:45	7871,872	22:45	7253,806
	11:00	7930,788	23:00	7217,367
	11:15	7974,065	23:15	7153,278
	11:30	8064,343	23:30	6991,368
	11:45	8083,294	23:45	6936,646
	12:00	8028,394	00:00	6894,926

Máxima Demanda	7761,9886
Fecha	07/02/2024
Hora	20:30

Hora	Demanda	Hora	Demanda
00:15	6788,735	12:00	8082,520
00:30	6751,967	12:15	8045,836
00:45	6652,582	12:30	8043,652
01:00	6663,128	12:45	8018,673
01:15	6598,842	13:00	8023,998
01:30	6501,054	13:15	7870,967
01:45	6523,008	13:30	7891,481
02:00	6520,720	13:45	7917,274
02:15	6440,909	14:00	7855,018
02:30	6429,599	14:15	7957,717
02:45	6376,519	14:30	8049,841
03:00	6341,874	14:45	8030,131
03:15	6355,430	15:00	7993,107
03:30	6343,351	15:15	7979,886
03:45	6308,595	15:30	8033,223
04:00	6346,252	15:45	8056,326
04:15	6349,790	16:00	8039,052
04:30	6350,040	16:15	7964,881
04:45	6386,350	16:30	7986,170
05:00	6452,263	16:45	7891,580
05:15	6407,902	17:00	7665,454
05:30	6507,746	17:15	7484,706
05:45	6547,056	17:30	7434,120
06:00	6456,081	17:45	7383,412
06:15	6497,533	18:00	7352,247
06:30	6508,747	18:15	7278,897
06:45	6475,878	18:30	7309,925
07:00	6556,790	18:45	7375,478
07:15	6686,177	19:00	7506,069
07:30	6789,030	19:15	7597,641
07:45	6925,083	19:30	7675,897
08:00	7005,551	19:45	7726,842
08:15	7167,490	20:00	7757,956
08:30	7333,788	20:15	7749,202
08:45	7444,563	20:30	7761,989
09:00	7533,793	20:45	7743,233
09:15	7657,854	21:00	7714,078
09:30	7729,880	21:15	7685,845
09:45	7815,129	21:30	7635,946
10:00	7779,327	21:45	7575,798
10:15	7899,232	22:00	7597,335
10:30	7848,894	22:15	7554,640
10:45	7996,471	22:30	7563,443
11:00	8087,866	22:45	7418,082
11:15	8025,698	23:00	7331,522
11:30	8050,730	23:15	7278,685
11:45	8102,091	23:30	7146,973
12:00	8082,520	23:45	7081,618
12:15	8045,836	00:00	6981,348

	<b>Máxima Demanda</b>	7550,30693		
	<b>Fecha</b>	19/03/2024		
	<b>Hora</b>	19:00		
	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>
	00:15	6512,287	12:15	7839,182
	00:30	6471,463	12:30	7743,773
	00:45	6431,917	12:45	7798,604
	01:00	6395,730	13:00	7756,161
	01:15	6328,046	13:15	7676,721
	01:30	6298,035	13:30	7657,130
	01:45	6238,037	13:45	7722,715
	02:00	6201,483	14:00	7764,377
	02:15	6163,661	14:15	7732,970
	02:30	6155,090	14:30	7844,603
	02:45	6170,395	14:45	7822,587
	03:00	6135,623	15:00	7854,207
	03:15	6158,158	15:15	7790,928
	03:30	6130,873	15:30	7844,894
	03:45	6106,427	15:45	7864,676
	04:00	6147,367	16:00	7729,260
	04:15	6180,493	16:15	7754,879
	04:30	6177,161	16:30	7775,666
	04:45	6229,642	16:45	7584,256
	05:00	6219,534	17:00	7491,554
	05:15	6249,912	17:15	7367,280
	05:30	6372,075	17:30	7320,410
	05:45	6448,591	17:45	7224,224
	06:00	6469,929	18:00	7226,621
	06:15	6613,468	18:15	7236,665
	06:30	6656,544	18:30	7332,611
	06:45	6654,756	18:45	7501,014
	07:00	6725,259	19:00	7550,307
	07:15	6763,627	19:15	7525,297
	07:30	6771,294	19:30	7529,517
	07:45	6839,919	19:45	7519,775
	08:00	6920,411	20:00	7529,904
	08:15	7060,073	20:15	7521,807
	08:30	7101,066	20:30	7491,201
	08:45	7283,846	20:45	7467,243
	09:00	7398,527	21:00	7445,871
	09:15	7434,611	21:15	7440,104
	09:30	7472,240	21:30	7382,138
	09:45	7542,818	21:45	7398,520
	10:00	7527,556	22:00	7316,994
	10:15	7654,637	22:15	7295,757
	10:30	7657,635	22:30	7214,628
	10:45	7693,361	22:45	7017,036
	11:00	7770,865	23:00	6956,630
	11:15	7812,213	23:15	6858,185
	11:30	7795,292	23:30	6716,876
	11:45	7845,823	23:45	6620,188
	12:00	7871,964	00:00	6572,421

	<b>Máxima Demanda</b>	7548,01572		
	<b>Fecha</b>	24/04/2024		
	<b>Hora</b>	18:45		
	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>
	00:15	6389,421	12:15	7605,918
	00:30	6418,414	12:30	7467,441
	00:45	6398,558	12:45	7460,128
	01:00	6260,195	13:00	7452,265
	01:15	6266,314	13:15	7390,211
	01:30	6251,226	13:30	7375,051
	01:45	6198,554	13:45	7435,959
	02:00	6141,134	14:00	7435,425
	02:15	6121,119	14:15	7442,101
	02:30	6058,699	14:30	7559,355
	02:45	6095,521	14:45	7589,655
	03:00	6106,949	15:00	7526,534
	03:15	6042,372	15:15	7556,136
	03:30	6054,180	15:30	7560,703
	03:45	6074,426	15:45	7511,885
	04:00	6027,533	16:00	7539,241
	04:15	6094,002	16:15	7510,928
	04:30	6094,917	16:30	7476,081
	04:45	6055,477	16:45	7515,799
	05:00	6137,976	17:00	7414,887
	05:15	6225,588	17:15	7264,491
	05:30	6254,197	17:30	7295,422
	05:45	6360,832	17:45	7331,698
	06:00	6462,033	18:00	7354,692
	06:15	6521,121	18:15	7357,726
	06:30	6606,008	18:30	7517,456
	06:45	6612,016	18:45	7548,016
	07:00	6550,181	19:00	7496,015
	07:15	6645,984	19:15	7441,804
	07:30	6722,217	19:30	7450,114
	07:45	6695,543	19:45	7450,804
	08:00	6822,146	20:00	7439,466
	08:15	6891,539	20:15	7405,359
	08:30	7019,872	20:30	7384,273
	08:45	7121,756	20:45	7379,837
	09:00	7138,503	21:00	7346,521
	09:15	7227,701	21:15	7320,950
	09:30	7284,662	21:30	7298,052
	09:45	7259,285	21:45	7326,029
	10:00	7327,224	22:00	7300,156
	10:15	7397,656	22:15	7219,864
	10:30	7452,972	22:30	7173,872
	10:45	7517,097	22:45	7027,857
	11:00	7494,951	23:00	6905,882
	11:15	7571,560	23:15	6823,499
	11:30	7645,337	23:30	6764,441
	11:45	7577,853	23:45	6598,566
	12:00	7646,327	00:00	6585,233

	<b>Máxima Demanda</b>	7431,31068		
	<b>Fecha</b>	16/05/2024		
	<b>Hora</b>	18:45		
	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>
	00:15	6431,673	12:15	7446,165
	00:30	6433,225	12:30	7392,777
	00:45	6406,318	12:45	7360,247
	01:00	6290,214	13:00	7353,346
	01:15	6300,799	13:15	7314,450
	01:30	6257,540	13:30	7274,756
	01:45	6165,145	13:45	7295,332
	02:00	6115,752	14:00	7316,168
	02:15	6044,899	14:15	7329,065
	02:30	6104,537	14:30	7399,664
	02:45	6136,810	14:45	7377,110
	03:00	6048,084	15:00	7444,853
	03:15	6077,718	15:15	7410,235
	03:30	6073,983	15:30	7415,512
	03:45	6053,780	15:45	7354,444
	04:00	6095,701	16:00	7424,937
	04:15	6069,990	16:15	7361,751
	04:30	6071,189	16:30	7335,074
	04:45	6111,433	16:45	7316,325
	05:00	6128,505	17:00	7259,989
	05:15	6184,219	17:15	7177,026
	05:30	6275,063	17:30	7196,821
	05:45	6248,050	17:45	7217,079
	06:00	6379,739	18:00	7203,923
	06:15	6370,571	18:15	7321,801
	06:30	6480,432	18:30	7405,316
	06:45	6424,817	18:45	7431,311
	07:00	6391,967	19:00	7400,254
	07:15	6506,637	19:15	7366,763
	07:30	6594,904	19:30	7371,067
	07:45	6623,334	19:45	7368,362
	08:00	6710,468	20:00	7359,600
	08:15	6824,621	20:15	7323,862
	08:30	6899,426	20:30	7311,100
	08:45	6986,002	20:45	7317,636
	09:00	7118,304	21:00	7296,417
	09:15	7117,033	21:15	7277,558
	09:30	7139,812	21:30	7283,092
	09:45	7199,354	21:45	7325,696
	10:00	7258,815	22:00	7253,338
	10:15	7313,439	22:15	7146,437
	10:30	7326,606	22:30	7088,005
	10:45	7342,953	22:45	7042,141
	11:00	7410,327	23:00	6939,180
	11:15	7476,784	23:15	6828,897
	11:30	7473,873	23:30	6713,770
	11:45	7439,760	23:45	6673,209
	12:00	7471,234	00:00	6572,141

	<b>Máxima Demanda</b>	7347,19681		
	<b>Fecha</b>	21/06/2024		
	<b>Hora</b>	19:00		
	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>
	00:15	6356,765	12:15	7400,352
	00:30	6345,480	12:30	7373,272
	00:45	6299,491	12:45	7253,953
	01:00	6246,595	13:00	7325,140
	01:15	6199,094	13:15	7272,210
	01:30	6162,217	13:30	7209,462
	01:45	6128,620	13:45	7249,163
	02:00	6115,831	14:00	7269,194
	02:15	6103,794	14:15	7290,298
	02:30	6131,492	14:30	7392,006
	02:45	6133,994	14:45	7385,614
	03:00	6065,900	15:00	7323,994
	03:15	6059,832	15:15	7403,955
	03:30	6073,751	15:30	7395,499
	03:45	6035,006	15:45	7324,928
	04:00	6088,095	16:00	7332,683
	04:15	6134,338	16:15	7350,928
	04:30	6132,315	16:30	7310,270
	04:45	6155,179	16:45	7326,783
	05:00	6211,687	17:00	7309,831
	05:15	6271,589	17:15	7173,572
	05:30	6299,027	17:30	7201,686
	05:45	6398,464	17:45	7150,170
	06:00	6473,879	18:00	7181,627
	06:15	6516,609	18:15	7241,069
	06:30	6675,268	18:30	7323,235
	06:45	6668,845	18:45	7340,075
	07:00	6627,847	19:00	7347,197
	07:15	6699,125	19:15	7306,031
	07:30	6771,834	19:30	7266,023
	07:45	6802,988	19:45	7247,348
	08:00	6871,128	20:00	7241,834
	08:15	6894,294	20:15	7295,989
	08:30	7017,801	20:30	7263,737
	08:45	7116,978	20:45	7239,858
	09:00	7116,367	21:00	7218,261
	09:15	7253,077	21:15	7201,560
	09:30	7308,610	21:30	7217,206
	09:45	7282,816	21:45	7212,624
	10:00	7358,567	22:00	7183,195
	10:15	7361,288	22:15	7080,430
	10:30	7400,047	22:30	7097,686
	10:45	7408,900	22:45	7026,961
	11:00	7413,456	23:00	6956,737
	11:15	7473,540	23:15	6806,143
	11:30	7491,542	23:30	6758,098
	11:45	7454,981	23:45	6705,874
	12:00	7481,638	00:00	6565,965

	<b>Máxima Demanda</b>	7416,9063		
	<b>Fecha</b>	23/07/2024		
	<b>Hora</b>	20:45		
	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>
	00:15	6482,937	12:15	7045,349
	00:30	6402,033	12:30	7043,547
	00:45	6337,279	12:45	6995,161
	01:00	6292,790	13:00	7001,486
	01:15	6179,120	13:15	6924,345
	01:30	6156,980	13:30	6950,227
	01:45	6159,748	13:45	6986,783
	02:00	6079,839	14:00	6915,589
	02:15	6077,780	14:15	6962,767
	02:30	6061,680	14:30	6956,637
	02:45	5952,468	14:45	6947,678
	03:00	6012,114	15:00	6984,396
	03:15	6008,279	15:15	6920,851
	03:30	5960,099	15:30	6946,363
	03:45	5997,490	15:45	6915,880
	04:00	5993,139	16:00	6891,710
	04:15	5908,117	16:15	6870,456
	04:30	5971,499	16:30	6862,424
	04:45	6015,597	16:45	6846,250
	05:00	6035,750	17:00	6843,575
	05:15	6069,199	17:15	6825,494
	05:30	6124,203	17:30	6840,137
	05:45	6095,526	17:45	6912,532
	06:00	6131,913	18:00	7010,196
	06:15	6111,617	18:15	7169,461
	06:30	6098,953	18:30	7331,298
	06:45	6040,870	18:45	7342,282
	07:00	5875,287	19:00	7386,689
	07:15	5954,681	19:15	7347,724
	07:30	6114,268	19:30	7348,537
	07:45	6174,367	19:45	7351,819
	08:00	6204,395	20:00	7360,061
	08:15	6386,817	20:15	7355,590
	08:30	6440,803	20:30	7337,304
	08:45	6531,118	20:45	7416,906
	09:00	6629,745	21:00	7323,882
	09:15	6614,307	21:15	7315,207
	09:30	6729,681	21:30	7328,923
	09:45	6815,473	21:45	7190,779
	10:00	6790,803	22:00	7198,643
	10:15	6859,651	22:15	7068,689
	10:30	6920,650	22:30	6906,387
	10:45	6909,286	22:45	6873,555
	11:00	7007,981	23:00	6799,889
	11:15	7055,418	23:15	6723,135
	11:30	7041,100	23:30	6556,734
	11:45	7094,181	23:45	6525,301
	12:00	7053,142	00:00	6425,519

	<b>Máxima Demanda</b>	7447,27531		
	<b>Fecha</b>	20/08/2024		
	<b>Hora</b>	18:45		
	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>
	00:15	6363,052	12:15	7329,134
	00:30	6313,824	12:30	7333,500
	00:45	6330,262	12:45	7212,849
	01:00	6262,149	13:00	7195,422
	01:15	6146,544	13:15	7114,532
	01:30	6214,518	13:30	6989,996
	01:45	6126,841	13:45	7020,450
	02:00	6073,557	14:00	7024,017
	02:15	6114,733	14:15	7075,212
	02:30	6122,319	14:30	7155,776
	02:45	6023,098	14:45	7198,926
	03:00	6078,226	15:00	7217,300
	03:15	6059,914	15:15	7287,200
	03:30	5968,035	15:30	7313,603
	03:45	5962,109	15:45	7345,332
	04:00	5958,835	16:00	7362,876
	04:15	5985,566	16:15	7332,157
	04:30	6018,639	16:30	7364,940
	04:45	6046,384	16:45	7377,706
	05:00	6069,628	17:00	7282,543
	05:15	6148,604	17:15	7243,113
	05:30	6204,554	17:30	7230,561
	05:45	6261,457	17:45	7240,962
	06:00	6316,485	18:00	7255,630
	06:15	6411,313	18:15	7254,779
	06:30	6551,061	18:30	7393,990
	06:45	6591,321	18:45	7447,275
	07:00	6610,052	19:00	7439,963
	07:15	6556,567	19:15	7420,805
	07:30	6741,329	19:30	7434,709
	07:45	6787,152	19:45	7432,249
	08:00	6761,192	20:00	7420,322
	08:15	6894,538	20:15	7415,629
	08:30	7021,662	20:30	7402,971
	08:45	7026,322	20:45	7396,473
	09:00	7138,094	21:00	7367,621
	09:15	7199,475	21:15	7349,902
	09:30	7179,574	21:30	7277,135
	09:45	7247,888	21:45	7290,742
	10:00	7281,560	22:00	7278,005
	10:15	7299,944	22:15	7297,965
	10:30	7360,142	22:30	7226,264
	10:45	7380,205	22:45	7129,309
	11:00	7431,461	23:00	6983,923
	11:15	7432,143	23:15	6864,258
	11:30	7427,989	23:30	6741,250
	11:45	7454,068	23:45	6696,928
	12:00	7468,909	00:00	6598,466

<b>Máxima Demanda</b>	7581,44924		
<b>Fecha</b>	10/09/2024		
<b>Hora</b>	18:45		
<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>
00:15	6660,196	12:15	7523,796
00:30	6528,061	12:30	7401,352
00:45	6525,046	12:45	7420,244
01:00	6432,425	13:00	7423,310
01:15	6399,949	13:15	7315,916
01:30	6377,765	13:30	7368,903
01:45	6322,554	13:45	7410,433
02:00	6263,571	14:00	7392,450
02:15	6264,835	14:15	7523,004
02:30	6191,243	14:30	7532,485
02:45	6245,379	14:45	7572,944
03:00	6240,781	15:00	7590,456
03:15	6174,989	15:15	7535,894
03:30	6238,528	15:30	7532,868
03:45	6186,438	15:45	7590,680
04:00	6252,929	16:00	7522,580
04:15	6295,909	16:15	7588,757
04:30	6237,103	16:30	7534,666
04:45	6309,792	16:45	7538,367
05:00	6299,354	17:00	7529,068
05:15	6383,917	17:15	7429,252
05:30	6480,313	17:30	7418,012
05:45	6498,430	17:45	7333,988
06:00	6521,690	18:00	7319,154
06:15	6674,566	18:15	7382,799
06:30	6694,991	18:30	7551,357
06:45	6698,927	18:45	7581,449
07:00	6743,632	19:00	7577,085
07:15	6797,214	19:15	7567,431
07:30	6855,597	19:30	7573,138
07:45	6857,940	19:45	7559,755
08:00	6931,516	20:00	7559,240
08:15	7008,530	20:15	7524,250
08:30	7111,076	20:30	7505,127
08:45	7213,357	20:45	7482,764
09:00	7246,609	21:00	7471,262
09:15	7292,339	21:15	7470,701
09:30	7355,981	21:30	7413,693
09:45	7348,739	21:45	7360,538
10:00	7425,390	22:00	7275,849
10:15	7487,502	22:15	7277,698
10:30	7456,207	22:30	7185,893
10:45	7529,778	22:45	7092,744
11:00	7549,106	23:00	6917,169
11:15	7531,609	23:15	6879,948
11:30	7543,262	23:30	6797,097
11:45	7506,601	23:45	6747,818
12:00	7559,105	00:00	6720,455

	<b>Máxima Demanda</b>	7583,62757		
	<b>Fecha</b>	24/10/2024		
	<b>Hora</b>	19:00		
	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>	<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>
	00:15	6624,426	12:15	7625,531
	00:30	6595,747	12:30	7657,203
	00:45	6534,881	12:45	7518,777
	01:00	6442,380	13:00	7519,435
	01:15	6439,071	13:15	7472,441
	01:30	6445,281	13:30	7442,848
	01:45	6322,443	13:45	7437,240
	02:00	6345,341	14:00	7485,672
	02:15	6350,638	14:15	7541,561
	02:30	6273,863	14:30	7523,197
	02:45	6272,864	14:45	7518,431
	03:00	6305,661	15:00	7529,715
	03:15	6249,261	15:15	7520,419
	03:30	6273,393	15:30	7537,291
	03:45	6271,002	15:45	7566,948
	04:00	6239,787	16:00	7603,482
	04:15	6297,409	16:15	7528,503
	04:30	6286,608	16:30	7502,418
	04:45	6355,051	16:45	7545,781
	05:00	6416,726	17:00	7430,909
	05:15	6429,122	17:15	7369,962
	05:30	6507,900	17:30	7368,143
	05:45	6472,687	17:45	7321,395
	06:00	6507,311	18:00	7312,330
	06:15	6561,072	18:15	7320,995
	06:30	6612,203	18:30	7511,573
	06:45	6723,208	18:45	7580,338
	07:00	6804,912	19:00	7583,628
	07:15	6828,941	19:15	7558,949
	07:30	6920,545	19:30	7560,627
	07:45	6985,457	19:45	7557,313
	08:00	6991,868	20:00	7553,698
	08:15	7026,578	20:15	7511,805
	08:30	7116,677	20:30	7519,943
	08:45	7238,688	20:45	7527,928
	09:00	7336,978	21:00	7509,352
	09:15	7384,184	21:15	7469,553
	09:30	7386,571	21:30	7503,212
	09:45	7442,498	21:45	7473,167
	10:00	7543,882	22:00	7401,124
	10:15	7495,533	22:15	7411,944
	10:30	7565,083	22:30	7328,731
	10:45	7616,120	22:45	7247,499
	11:00	7612,762	23:00	7129,600
	11:15	7672,840	23:15	7079,514
	11:30	7672,252	23:30	6971,924
	11:45	7721,164	23:45	6881,230
	12:00	7728,567	00:00	6831,009

*Nota.* Informacion obtenida por el COES SINAC

# ST3727KWH(L)-D1250HV+ SG3125HV-MV

Energy Storage System



## HIGH INTEGRATION

- DC coupled energy storage system integrated with PV inverter
- Advanced integration technology ensures optimal system performance and lower cost

## SAFE AND RELIABLE

- DC electric circuit safety management includes fast breaking and anti-arc protection
- Multi-state monitoring and linkage actions ensure battery system safety

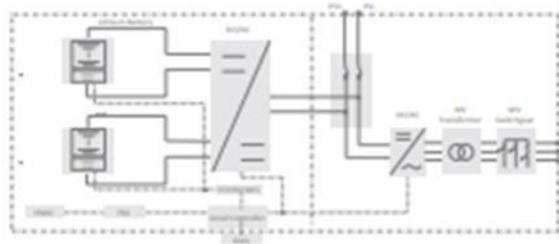
## EFFICIENT AND FLEXIBLE

- Intelligent cell-level temperature control ensures higher efficiency and longer battery cycle life
- Modular design supports parallel connection and easy system expansion

## SMART AND FRIENDLY

- Integrated local controller enables single point of communication interface
- Fast state monitoring and faults record enables pre-alarm and faults location

## CIRCUIT DIAGRAM

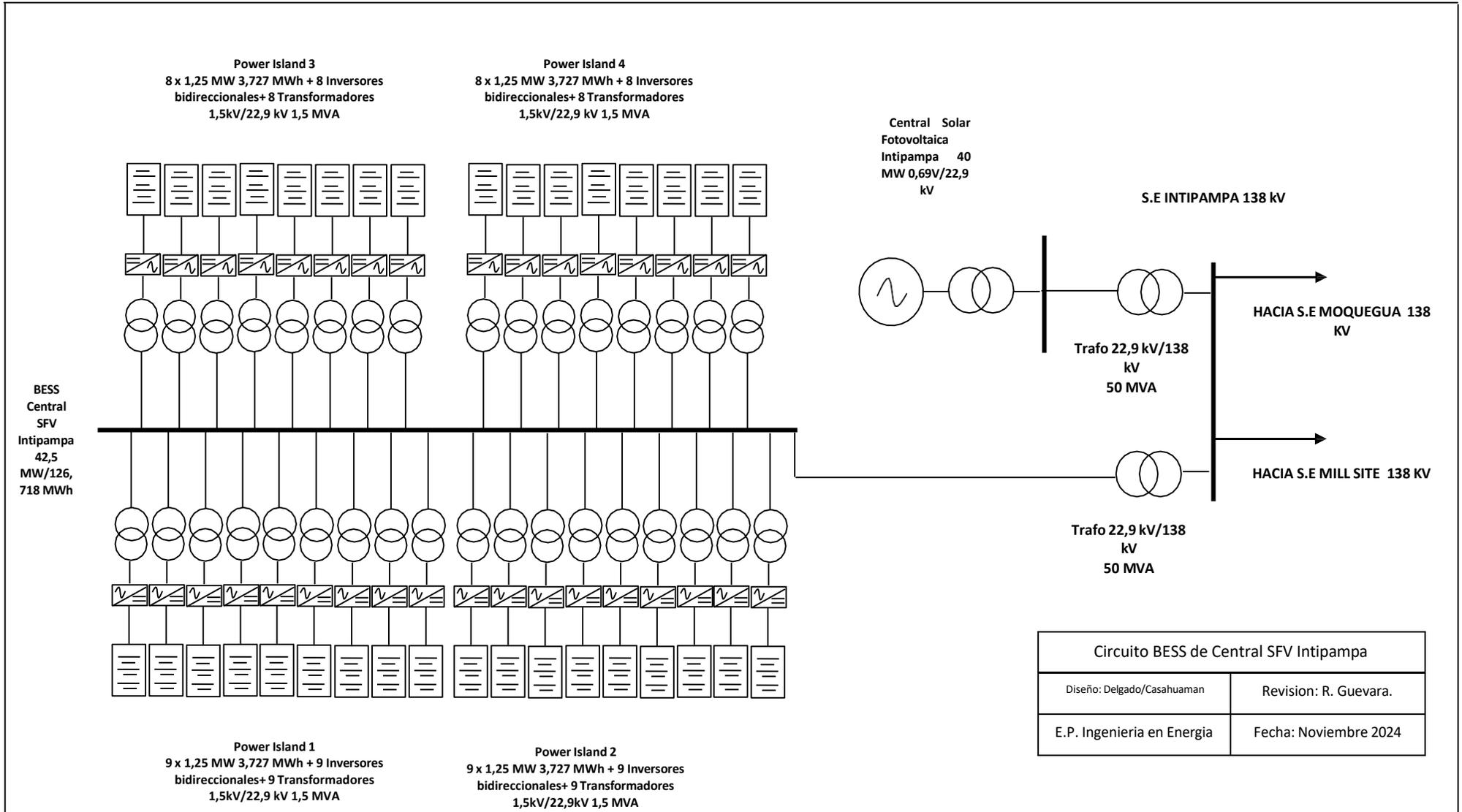


SLR002PS © 2021 Sungrow Power Supply Co., Ltd. All rights reserved. Subject to change without notice. Version 1.0

System Type	ST3727KWH(L)-D1250HV+SC3125H-V-MV
<b>PV Data</b>	
Max. PV input voltage	1,500 V
MPPPT voltage range for nominal power	87% - 1,300 V
Number of PV inputs	24
Max. PV input current	3,987 A
<b>Battery Data</b>	
Cell type	LFP, 280 AH
Configuration of system	40S31P
Battery capacity (SOH)	3,727 kWh
Battery voltage range	1,123.2 - 1,497.6 V
BMS communication interfaces	RS485, Ethernet
BMS communication protocols	Modbus RTU, Modbus TCP
<b>DCDC Data</b>	
Working voltage range	500 - 1,500 V
Nominal power	1,250 kW
Max. current	1,400 A
<b>AC Data</b>	
Nominal AC power	1,025 kVA @ 50 °C / 1,437 kVA @ 45 °C
Max.Thd of current	< 3 % (at nominal power)
DC component	< 0.5 % in
Grid voltage range	20 - 35 kV
Power factor	> 0.99 (at nominal power)
Adjustable power factor	0.8 leading - 0.8 lagging
Nominal grid frequency	50 Hz/60 Hz
Grid frequency range	45 - 55 Hz / 55 - 65 Hz
Isolation method	Transformer
<b>Transformer</b>	
Transformer rated power	1,025 kVA
LV/MV voltage	0.6 kV / 20 - 35 kV
Transformer vector	Dy11
Transformer cooling type	ONAN (Oil Natural Air Natural)
Oil type	Mineral oil (PCB free) or degradable oil on request
<b>General Data</b>	
Dimensions of PCS unit (W * H * D)	6,058*2,896*2,438 mm
Dimensions of battery unit (W * H * D)	12,592*2,896*2,438 mm
Weight of PCS unit	16.0 T
Weight of battery unit (with / without battery)	46.3 T / 36.3 T
Degree of protection	IP64
Operating temperature range	-30 to 50 °C (> 45 °C derating)
Relative humidity	0 - 95 % (non-condensing)
Max. working altitude	1000 m (standard) / > 1000 m (optional)
Cooling concept of battery chamber	Heating, Ventilation and Air Conditioning
Cooling concept of PCS chamber	Temperature controlled forced air cooling
Fire suppression system of battery unit	Novec1230 extinguishment system
Communication interfaces	RS485, Ethernet
Communication protocols	Modbus RTU, Modbus TCP, IEC 104
Compliance	CE, IEC 62977-1, IEC 6300-6-2, IEC6300-6-4, IEC62109

*Nota.* Informacion obtenida de Sungrow Power Supply Co., Ltd

Anexo 11: Diagrama unifilar del Caso Energía mínima generada para la Central Solar FV Intipampa.





## DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, Hamer Yorly Delgado Vásquez, 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 <b>trabajo inédito</b> , intitulado:						
Efecto del empleo de BESS en centrales solares fotovoltaicas en la dinámica del sistema de generación de energía del Perú						
presentado en 150 folios, para la obtención del Grado académico:						( )
Título profesional:	(X)	Investigación anual:			( )	
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.</li><li>➤ Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.</li><li>➤ 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.</li><li>➤ De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.</li></ul>						
Chimbote, enero de 2025						
Firma:						
Nombres y Apellidos: Bach. Hamer Yorly Delgado Vásquez						
DNI:						



## DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, Harold Klein Casahuaman Ángeles, 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 <b>trabajo inédito</b> , intitulado:						
Efecto del empleo de BESS en centrales solares fotovoltaicas en la dinámica del sistema de generación de energía del Perú						
presentado en 150. folios, para la obtención del Grado académico:						( )
Título profesional:	(X)	Investigación anual:			( )	
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.</li><li>➤ Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.</li><li>➤ 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.</li><li>➤ De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.</li></ul>						
Chimbote, enero de 2025						
Firma:						
Nombres y Apellidos: Harold Klein Casahuaman Ángeles						
DNI:						



## ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD

Yo, Robert Fabian Guevara Chinchayan.

asesor / presidente de la Unidad de Investigación de la

Facultad	Ciencias		Educación		Ingeniería	x
Departamento Académico	Energía, Física y Mecánica					
Escuela de Postgrado	Maestría			Doctorado		

Programa académico:

De la Universidad Nacional del Santa. Asesor / Unidad de Investigación revisora del trabajo de Investigación intitulado:

Efecto del empleo de BESS en centrales solares fotovoltaicas en la dinámica del sistema de generación de energía del Perú

De los:

Bach. Hamer Yorly Delgado Vásquez

Bach. Harold Klein Casahuaman Ángeles

De la escuela profesional: Ingeniería en Energía

Constato que la investigación presentada tiene un porcentaje de similitud del 24. % el cual se verifica con el reporte de originalidad de la aplicación Turnitin adjunto.

Quién suscribe la presente, declaro el haber analizado dicho reporte y concluyo que las coincidencias detectadas no se conforman como plagio. A mi claro saber y entender, la investigación cumple con las normas de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, enero del 2025

Firma:

Nombres y Apellidos del Asesor: Mg. Robert Fabian Guevara Chinchayan.

DNI: 32788460



## Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería en Energía

### Informe del Asesor Informe de Tesis para obtener el título profesional

1) Apellidos/Nombres:

Bach. Hamer Yorly Delgado Vásquez  
Bach. Harold Klein Casahuaman Ángeles

2) Título de la Tesis: Efecto del empleo de BESS en centrales solares fotovoltaicas en la dinámica del 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, enero del 2025.

\_\_\_\_\_  
Mg. Robert Fabian Guevara Chinchayan  
Asesor

