



**FACULTAD DE POSTGRADO
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INTEGRACIÓN DE
SISTEMA BESS EN LA PLANTA SOLAR DE CHOLUTECA I**

SUSTENTADO POR:

**CARLOS WLADIMIR CANO MEJÍA
WALTER JOSUÉ LÓPEZ GALEANO**

PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE

**MÁSTER EN
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

SAN PEDRO SULA, CORTES, HONDURAS, C.A.

ENERO, 2024

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
UNITEC**

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

PRESIDENTE EJECUTIVO/

RECTORA

ROSALPINA RODRÍGUEZ

SECRETARIO GENERAL/

PRORRECTOR

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTOR ACADÉMICO NACIONAL

JAVIER ABRAHAM SALGADO LEZAMA

DIRECTORA NACIONAL DE POSTGRADO

ANA DEL CARMEN RETTALLY VARGAS

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INTEGRACIÓN
DE SISTEMA BESS EN LA PLANTA SOLAR DE
CHOLUTECA I**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE**

MÁSTER EN

ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

ASESOR METODOLÓGICO

JOSÉ RODOLFO SORTO BUESO

ASESOR TEMÁTICO

JOSÉ TRINIDAD TORO LÓPEZ

MIEMBROS DE LA TERNA:

ALEX DOUGLAS BANEGAS LOBO

JOSÉ ANTONIO LAZO CANALES

LUÍS JIMÉNEZ PINEDA

DERECHOS DE AUTOR

© Copyright 2024
Carlos Wladimir Cano Mejía
Walter Josué López Galeano

Todos los derechos son reservados.



FACULTAD DE POSTGRADO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INTEGRACIÓN DE SISTEMA BESS EN LA PLANTA SOLAR DE CHOLUTECA I

**CARLOS WLADIMIR CANO MEJÍA
WALTER JOSUÉ LÓPEZ GALEANO**

Resumen

El propósito de esta investigación fue evaluar la viabilidad de incorporar un sistema de almacenamiento de energía con baterías (BESS) en la planta solar Choluteca I. La implementación del BESS busca optimizar los costos energéticos almacenando energía en períodos de baja demanda y liberándola durante picos, promoviendo así una matriz energética más limpia y diversificada. El estudio se enfocó en analizar tanto técnicamente como económicamente la integración del BESS para almacenar los excesos de energía de la granja solar Choluteca I. La metodología utilizada fue cuantitativa, de diseño no experimental y transversal, con un alcance descriptivo. Los resultados identificaron la tecnología de almacenamiento de energía más adecuada en términos de costo-beneficio para implementar en Choluteca I. En resumen, el análisis técnico sugiere que la integración de BESS es viable y estratégica para mejorar la eficiencia y avanzar hacia una infraestructura más sostenible. Sin embargo, desde la perspectiva económica, el proyecto enfrenta desafíos significativos, comprometiendo su viabilidad financiera. Se propone la exploración de estrategias financieras innovadoras y modelos de negocio creativos para mejorar la rentabilidad a largo plazo y aprovechar posibles oportunidades emergentes en el sector de almacenamiento de energía.

Palabras claves: Almacenamiento de Energía, BESS, Energía Renovable, Factibilidad, Planta Solar.



GRADUATE SCHOOL

FEASIBILITY STUDY FOR THE INTEGRATION OF THE BESS SYSTEM IN THE CHOLUTECA I SOLAR PLANT

**CARLOS WLADIMIR CANO MEJÍA
WALTER JOSUÉ LÓPEZ GALEANO**

Abstract

The purpose of this research was to assess the feasibility of incorporating a Battery Energy Storage System (BESS) in the Choluteca I solar plant. The implementation of BESS aims to optimize energy costs by storing energy during periods of low demand and releasing it during peaks, thus promoting a cleaner and diversified energy matrix. The study focused on both the technical and economic analysis of integrating BESS to store excess energy from the Choluteca I solar farm. The methodology employed was quantitative, non-experimental, and cross-sectional, with a descriptive scope. The results identified the most suitable energy storage technology in terms of cost-benefit for implementation in Choluteca I. In summary, the technical analysis suggests that BESS integration is viable and strategic for improving efficiency and advancing towards a more sustainable infrastructure. However, from an economic perspective, the project faces significant challenges, compromising its financial viability. The exploration of innovative financial strategies and creative business models is proposed to enhance long-term profitability and capitalize on potential emerging opportunities in the energy storage sector.

Key Words: BESS, Energy Storage, Feasibility, Renewable Energy, Solar Plant.

DEDICATORIA

A Dios, por darnos las fuerzas, la vida y la voluntad para poder continuar en mi formación profesional, y permitirme culminar una etapa más de mis metas personales. A mis padres, Yancie Yamileth Mejía Martínez y Bladimiro José Cano del Cid, por su orgullo hacia mi persona que ha sido mi motivación día con día para poder seguir avanzando en mis metas personales escalón por escalón, sus consejos y enseñanzas como parte de mi formación personal desde pequeño, que me han motivado a querer avanzar y prepararme cada día más en mi vida profesional. A mi pareja y amigos, por motivarme cada momento que he pensado en desistir, aconsejándome y motivándome a que, aunque las dificultades estén presentes puedo seguir avanzando para lograr cada meta.

Carlos Wladimir Cano Mejía

Con profundo agradecimiento, dedico este Trabajo Final de Graduación a mi amada familia, cuyas sonrisas y abrazos han sido mi faro en los momentos de duda, y cuya paciencia y comprensión han sido inquebrantables. A mis amigos, compañeros de viaje, quienes han compartido risas y lágrimas, y a mis respetados profesores, cuyas lecciones y orientación han nutrido mi crecimiento académico. A cada uno de ustedes, les debo un eterno agradecimiento por ser el motor que me impulsó en este apasionante camino de investigación. La compañía de todos ustedes ha dado un significado más profundo a esta travesía, y espero que este trabajo sea una pequeña muestra de mi gratitud hacia todos ustedes.

Walter Josué López Galeano

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, deseamos expresar nuestra sincera gratitud a Dios Todopoderoso por brindarnos la valiosa oportunidad de alcanzar un logro más en nuestras vidas. De igual forma, agradecemos a la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) por habernos permitido formar parte de su programa de postgrado, lo que nos ha habilitado para realizar nuestros estudios aquí y convertirnos en profesionales más capacitados, capaces de contribuir a la sociedad con los nuevos conocimientos que hemos adquirido. También deseamos expresar nuestra sincera gratitud a todos los catedráticos que, con gran esmero y dedicación, compartieron con nosotros sus amplios conocimientos a lo largo de toda la maestría. Queremos destacar y agradecer en particular a nuestro asesor metodológico, Msc. José Rodolfo Sorto Bueso, por habernos guiado y orientado a lo largo de este extenso proceso, compartiendo sus valiosos conocimientos y proporcionándonos las herramientas esenciales que nos han permitido culminar con éxito esta investigación. Finalmente, agradecemos de corazón a cada persona que, de manera indirecta, nos brindó su aliento y apoyo a lo largo de este proyecto, ya que su contribución fue esencial para nuestra perseverancia y para lograr la finalización de esta labor significativa.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	2
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	6
1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	6
1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	9
2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	9
2.1.1 ANÁLISIS MACROENTORNO.....	9
2.1.1.1 DESAFIOS Y OPORTUNIDADES DE LOS SISTEMAS BESS	9
2.1.1.2 CONTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS BESS A LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	9
2.1.1.3 CRECIMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN AMÉRICA LATINA Y DESAFÍOS ASOCIADOS	
10	
2.1.1.4 MODELO DE CONEXIÓN BASE	11
2.1.1.5 CLASIFICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BESS	13
2.1.1.6 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS BESS	19
2.1.1.7 IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS BESS	20
2.1.1.8 IMPLEMENTACIÓN DE BMS Y SSC	21
2.1.1.9 PROTOTIPO DE SISTEMA COMPLETO FV-BESS-BMS.....	23
2.1.2 ANÁLISIS MICROENTORNO	24
2.1.2.1 DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN HONDURAS	24
2.1.2.2 PLANTAS DE GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICAS EN HONDURAS	25
2.1.2.3 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO BESS EN HONDURAS	27
2.1.3 ANÁLISIS INTERNO.....	27
2.1.3.1 PLANTA DE GENERACIÓN SOLAR CHOLUTECA I.....	27
2.2 CONCEPTUALIZACIÓN	29
2.2.1 VARIABLES DEPENDIENTES.....	29
2.2.1.1 TASA INTERNA DE RENDIMIENTO.....	29
2.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES.....	30
2.2.2.1 VIABILIDAD TÉCNICA.....	30

2.2.2.2	VIABILIDAD ECONÓMICA	30
2.2.2.3	ESTRATEGIAS DE APLICABILIDAD	31
2.3	TEORÍAS DE SUSTENTO.....	32
2.3.1	BASES TEÓRICAS.....	32
2.3.1.1	EVALUACIÓN TÉCNICA DE PROYECTOS	32
2.3.1.2	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS	32
2.3.1.3	LA TEORÍA DE LA ECONOMÍA DE ESCALA	33
2.3.1.4	LA TEORÍA DE LA ESCASEZ DE RECURSOS	33
2.3.1.5	LA TEORÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO	33
2.3.1.6	LA TEORÍA DE LA CONFIABILIDAD DE LA RED.....	33
2.3.1.7	LA TEORÍA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	33
2.3.1.8	LA TEORÍA DE LA INTERMITENCIA	34
2.3.1.9	LA TEORÍA DE LA FLEXIBILIDAD.....	34
2.3.1.10	LA TEORÍA DE LA SOSTENIBILIDAD.....	35
2.3.1.11	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS.....	35
2.3.1.12	EVALUACIÓN DE PROYECTOS	35
2.3.2	METODOLOGÍAS DESARROLLADAS POR OTROS INVESTIGADORES	36
2.3.3.1	ENTREVISTAS.....	36
2.3.3.2	RECOPIACIÓN DOCUMENTAL.....	36
2.3.3.3	SIMULACIÓN EN PROGRAMAS COMPUTACIONALES.....	37
2.3.3.4	EL ESTÁNDAR PARA LA DIRECCIÓN PROYECTOS DEL PMI	37
2.3.3.5	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS	38
2.3.3	INSTRUMENTOS UTILIZADOS POR OTROS INVESTIGADORES	38
2.3.3.1	RETScreen EXPERT	38
2.3.3.2	HOMER Pro	38
2.3.3.3	HelioScope.....	39
2.3.3.4	GOOGLE EARTH.....	39
2.3.3.5	TASA INTERNA DE RETORNO.....	39
2.4	MARCO LEGAL	40
2.4.1	LA LEY GENERAL DE INDUSTRIA ELÉCTRICA	40
2.4.2	EL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE LA INDUSTRIA ELECTRICA.....	41
2.4.3	LA LEY DE PROMOCIÓN PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON RECURSOS RENOVABLES.....	41
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA		43
3.1	CONGRUENCIA METODOLÓGICA	43
3.1.1	MATRIZ METODOLÓGICA	43
3.1.2	ESQUEMA DE VARIABLES DE ESTUDIO	45
3.2	ENFOQUE Y MÉTODOS	51
3.3	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	52
3.3.1	POBLACIÓN	53
3.4	TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS	54
3.4.1	TÉCNICAS.....	54

3.4.2 INSTRUMENTOS	55
3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN	57
3.5.1 FUENTES PRIMARIAS	57
3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS	58
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	59
4.1 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	59
4.2 ANÁLISIS DE VIABILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO	60
4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA SOLAR	60
4.2.2 DEMANDA ELÉCTRICA SATISFECHA POR LA PLANTA	63
4.2.3 CAPACIDAD DE SISTEMA BESS REQUERIDO.....	66
4.2.4 TÉCNOLOGÍAS DE SISTEMAS BESS DISPONIBLES EN EL MERCADO.....	68
4.2.5 SELECCIÓN DEL SISTEMA BESS MAS ACORDE A LA PLANTA	70
4.3 ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO	74
4.3.1 DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA CON BESS.....	74
4.3.2 CÁLCULO DE LOS INGRESOS DE PRODUCCIÓN	74
4.3.3 CÁLCULO DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	74
4.3.4 DETERMINACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL.....	75
4.3.5 FUENTES DE FINANCIAMIENTO	77
4.3.6 DETERMINACIÓN DE LA TASA MÍNIMA ACEPTABLE DE RENDIMIENTO.....	79
4.3.7 CÁLCULO DEL FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	80
4.3.8 CÁLCULO DE LA RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN.....	80
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
5.1 CONCLUSIONES	84
5.2 RECOMENDACIONES.....	86
CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD.....	87
6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA	87
6.2 INTRODUCCIÓN DE LA APLICABILIDAD	87
6.3 PROPUESTA DEL PROYECTO	88
6.3.1 GRUPO DE PROCESOS DE INICIO	88
6.3.1.1 ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO	88
6.3.1.2 GESTIÓN DE LOS INTERESADOS DEL PROYECTO.....	90
6.3.2 GRUPO DE PROCESOS DE PLANIFICACIÓN	91
6.3.2.1 GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN	91
6.3.2.2 GESTIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO	92
6.3.2.3 GESTIÓN DEL CRONOGRAMA DEL PROYECTO	100
6.3.2.4 GESTIÓN DE LOS COSTOS DEL PROYECTO	108
6.3.2.5 GESTIÓN DE CALIDAD DEL PROYECTO	112
6.3.2.6 GESTIÓN DE LOS RECURSOS DEL PROYECTO	113
6.3.2.7 GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES DEL PROYECTO.....	121
6.3.2.8 GESTIÓN DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO	122
6.3.2.10 GESTIÓN DE LOS INTERESADOS DEL PROYECTO.....	137
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142

ANEXOS	145
ANEXO 1. Carta de Compromiso para Asesoría Temática	145
ANEXO 2. Fotografías Planta Solar Choluteca I.....	146
ANEXO 3. Ficha Técnica Proveedor TESLA.....	148
ANEXO 4. Ficha Técnica Proveedor TROES	151
ANEXO 5. Ficha Técnica Proveedor PANASONIC	161
ANEXO 6. Ficha Técnica Proveedor PKENERGY	166
ANEXO 7. Cotización para Implementar Sistema BESS en Planta Solar	170
ANEXO 8. Resultados de Simulación con PVSyst.....	171
ANEXO 9. Tasas de Interés Aplicables al Sector Privado para Préstamos del BCIE	178

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características Técnicas más Relevantes de los BESS.....	20
Tabla 2. Plantas Solares en Honduras.....	26
Tabla 3. Matriz de Congruencia Metodológica.	44
Tabla 4. Operacionalización de las Variables.....	47
Tabla 5. Actividades a Realizar.	53
Tabla 6. Producción de Energía Mensual de Planta Solar Choluteca I	64
Tabla 7. Algunos Proveedores de Baterías BESS.....	69
Tabla 8. Algunos Sistemas BESS disponibles en el Mercado.....	70
Tabla 9. Matriz de Criterios de Selección de BESS.	70
Tabla 10. Matriz de Selección de Sistemas BESS.....	71
Tabla 11. Recursos Necesarios para Implementar BESS en la Planta Solar Choluteca I.....	72
Tabla 12. Inversión inicial estimada que se requiere para implementar BESS en la planta solar Choluteca I.....	75
Tabla 13. Cálculo de financiamiento a un plazo de 5 años.....	77
Tabla 14. Cálculo de financiamiento a un plazo de 10 años.....	78
Tabla 15. Cálculo de financiamiento a un plazo de 15 años.....	79
Tabla 16. Cálculo de TMAR del proyecto.....	80
Tabla 17. Flujos de Caja del Proyecto.	81
Tabla 18. Cálculo de la Rentabilidad del Proyecto.....	82
Tabla 19. Rentabilidad con préstamos a distintos plazos e intereses.....	82
Tabla 20. Acta de Constitución del Proyecto.....	89
Tabla 21. Identificación de los Interesados del Proyecto	91
Tabla 22. Plan de Gestión de la Integración del Proyecto	92
Tabla 23. Plan de Gestión del Alcance	93
Tabla 24. Requisitos del Proyecto	96
Tabla 25. Definición del Alcance	97
Tabla 26. Plan de gestión del cronograma del proyecto.	100
Tabla 27. Listado de las Actividades del Proyecto	102
Tabla 28. Predecesores de las Actividades	104

Tabla 29. Duración de las actividades	105
Tabla 30. Plan de Gestión de los Costos.....	108
Tabla 31. Presupuesto de ejecución del proyecto	111
Tabla 32. Plan de Gestión de la Calidad del Proyecto	112
Tabla 33. Planificación de los Recursos en su Etapa de Inicio.....	113
Tabla 34. Recursos en su Etapa de Planificación	114
Tabla 35. Planificación de los Recursos en su Etapa de Ejecución.....	115
Tabla 36. Planificación de los recursos en su etapa de cierre.....	118
Tabla 37. Materiales necesarios para la construcción de proyecto general.....	119
Tabla 38. Herramientas menores necesarias para la construcción del sistema.....	119
Tabla 39. Recurso humano necesario para la realización de las actividades del proyecto.....	120
Tabla 40. Matriz de Comunicaciones del Proyecto	121
Tabla 41. Plan de Gestión de los Riesgos	122
Tabla 42. Identificación de los riesgos del proyecto.....	124
Tabla 43. Criterios de Evaluación del Riesgo - Escala de Color	127
Tabla 44. Análisis Cualitativo de los Riesgos.....	127
Tabla 45. Escala de categorización del riesgo.....	132
Tabla 46. Análisis Cuantitativo de los Riesgos.....	132
Tabla 47. Respuesta a los Riesgos.....	136
Tabla 48. Plan de Gestión de las adquisiciones del proyecto.....	138
Tabla 49. Involucramiento de los interesados del proyecto.....	139
Tabla 50. Matriz de Poder - Influencia de Interesados del Proyecto.....	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Informe de Generación Eléctrica Mensual por Tecnología.....	5
Figura 2. Generación Fotovoltaica conectada a Red.	11
Figura 3. Funcionamiento esquemático de una batería <i>Ion-Litio</i>	15
Figura 4. Funcionamiento de Batería VRFB.	18
Figura 5. Diagrama de flujo implementando el BEMS para maximizar la generación FV para la carga BESS.	23
Figura 6. Prototipo Diagrama de Bloques de un Sistema FV-BESS controlado por un BEMS... ..	24
Figura 7. Área de Influencia el Proyecto Solar Fotovoltaico Cholteca I.....	28
Figura 8. Esquema de la variable de Viabilidad Técnica y sus Dimensiones.....	45
Figura 9. Esquema de la variable de Viabilidad Económica y sus Dimensiones.	46
Figura 10. Enfoque y Método de Investigación.....	52
Figura 11. Ubicación de la Planta Solar Cholteca I.	61
Figura 12. Diagrama Eléctrico Actual de la Planta Solar Cholteca I.....	62
Figura 13. Terreno de la Planta Solar Cholteca I.....	63
Figura 14. Producción de Energía Anual de Planta Solar Cholteca I.....	64
Figura 15. Producción de Energía Mensual en Planta Solar Cholteca I.	65
Figura 16. Producción Horaria en Planta Solar Cholteca I.....	65
Figura 17. Ubicación de Transformadores en la Planta Solar Cholteca I.	66
Figura 18. Área Típica de Ubicación de Transformadores.....	67
Figura 19. Diagrama Eléctrico de un Sistema BESS integrado a Inversor y Transformador.....	68
Figura 20. Diagrama Unifilar Propuesto de Planta Solar Cholteca I con BESS integrado.	73
Figura 21. Simulación de la Energía Adicional Producida al Implementar BESS en la Planta. ..	76
Figura 22. Estructura de descomposición del trabajo del proyecto	99
Figura 23. Diagrama de Gantt del Proyecto.....	107

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

La alta dependencia de los combustibles fósiles nos ha llevado a la incorporación de energías renovables, esto proyectándose a un declive de las reservas de petróleo a nivel mundial. Por lo tanto, las energías renovables vienen a darnos una solución a largo plazo y a desarrollar nuevas tecnologías para que su eficiencia sea mayor a las actuales (Kazimierski, 2018).

El sol es una fuente de energía, emite continuamente una potencia la cual está siendo aprovechada por medio de celdas solares, la radiación solar no se transforma en calor, si no que, se convierte directamente en electricidad, a este proceso se le llama efecto fotovoltaico. Cabe destacar que, en el 2019, Honduras contaba con una producción de energía fotovoltaica de 499.7.MW, esto era el 18% de la producción total (Salgado et al., 2019).

Dada la significativa producción fotovoltaica en Honduras y sus excedentes, se destaca la importancia de implementar sistemas de almacenamiento de energía. Este paso se vuelve esencial para estabilizar las redes, posibilitar el autoconsumo, propulsar la movilidad eléctrica, mitigar picos de demanda y almacenar energía. Las baterías de ion-litio ofrecen diversas posibilidades, incluyendo la creación de un sistema de almacenamiento de energía con baterías (BESS).

En este contexto de evolución hacia energías renovables y almacenamiento eficiente, la Planta Solar Choluteca I en Honduras se destaca como un hito significativo. Con una capacidad instalada de 20 MW y una vida útil de 30 años, ha demostrado eficiencia en la generación de energía solar, contribuyendo positivamente a la reducción de emisiones de CO₂ en la región. Sin embargo, como cualquier infraestructura, enfrenta desafíos y oportunidades que deben ser evaluados minuciosamente.

Este trabajo de investigación se enfoca en la posibilidad de implementar un sistema de almacenamiento de energía con batería en la Planta Solar Choluteca I. Buscamos abordar aspectos técnicos, económicos y operativos para mejorar la eficiencia y la resiliencia de la planta frente a las dinámicas del mercado energético y los desafíos ambientales. La introducción de un sistema de almacenamiento de energía se presenta como una solución estratégica para optimizar la generación, el almacenamiento y la distribución de energía solar, capitalizando oportunidades

en el cambiante panorama energético.

A lo largo de este estudio, exploraremos las fortalezas y debilidades de la Planta Solar Choluteca I, así como las oportunidades y amenazas en el contexto de las energías renovables en Honduras. Analizaremos detalladamente la viabilidad técnica, económica y operativa de incorporar un sistema de almacenamiento de energía con batería, considerando factores como la ubicación remota, la vulnerabilidad a desastres naturales y la evolución del mercado de energía solar en el país.

1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En las últimas décadas, las energías renovables, como la hidroeléctrica, la fotovoltaica y la eólica, han emergido como las soluciones predominantes para abordar una serie de desafíos, incluyendo la escasez de petróleo, el crecimiento de la demanda de energía y el cambio climático de origen humano. Sin embargo, estas fuentes de energía renovable dependen en gran medida de recursos climáticos intermitentes y variables.

Para atenuar las fluctuaciones en la generación de energía renovable, se ha reconocido ampliamente la eficacia de los sistemas de almacenamiento de energía en baterías (BESS). Estos sistemas ofrecen ventajas tales como respuesta rápida, entrega continua de energía y la capacidad de operar independientemente de la ubicación geográfica. Uno de los desafíos cruciales en la implementación de los BESS es la optimización de su tamaño, equilibrando mejoras técnicas con costos adicionales.

Numerosos estudios previos se han centrado en la optimización del dimensionamiento de las baterías en diversos sistemas de energía renovable, utilizando diferentes enfoques y criterios. Este estudio aborda esta cuestión al categorizar las aplicaciones de los sistemas de almacenamiento en función del tipo específico de energía renovable con el que se integran, un enfoque que difiere de investigaciones anteriores que no tenían en cuenta esta diferenciación.

Un ejemplo de ello es un estudio de viabilidad de 2019 sobre la integración de BESS y plantas de energía fotovoltaica realizado por la Universidad de Chile, que demostró que la implementación de sistemas BESS en el sistema eléctrico chileno actualmente no es rentable debido a las regulaciones nacionales, y reflejan los costos de inversión en ese momento, para

que se analicen otros aspectos que permitan comprender las variables que se necesitan cambiar para implementar el sistema BESS, entender las partes técnicas y económicas que hacen rentable este sistema, porque es mencionado que en los últimos años en Chile se ha incrementado la instalación de sistemas fotovoltaicos, lo que puede contribuir al crecimiento de las tecnologías de almacenamiento en ese país (Navarro Gonzáles, 2019).

Este enfoque diferenciado resalta que las métricas clave para el dimensionamiento de las baterías, y, por lo tanto, el método más adecuado para su determinación, están influenciadas por la aplicación particular del sistema de energía renovable y su escala. Esto tiene importantes implicaciones para el proceso de diseño, ya que la elección de la metodología de dimensionamiento de los sistemas BESS depende directamente de la aplicación específica del sistema de energía renovable y su tamaño (Yang, Bremner, Menictas, & Kay, 2018).

BESS ofrece muchas ventajas sobre las fuentes de energía tradicionales, incluida una respuesta rápida y continua, flexibilidad, control, sostenibilidad ambiental y flexibilidad geográfica. Se distinguen por su respuesta rápida y continua, necesaria para mantener la estabilidad y confiabilidad de la red eléctrica. También pueden adaptarse a los cambios en la oferta y la demanda de energía, ayudando a equilibrar la red y reducir la necesidad de utilizar costosas plantas de energía durante los períodos pico.

Además, BESS es altamente adaptable y puede integrarse fácilmente en los sistemas energéticos existentes, lo que permite ajustar la producción a la demanda de los consumidores. Esta característica lo convierte en una solución ideal para incorporar fuentes de energía renovables, como la eólica y la solar, que muchas veces son variables e intermitentes.

Es fundamental destacar que los BESS son amigables con el medio ambiente ya que no emiten contaminantes ni gases de efecto invernadero durante su operación, lo que los convierte en una opción atractiva para los países comprometidos con la reducción de las emisiones de carbono y la mitigación del cambio climático (Navarro Gonzáles, 2019).

Sin embargo, a pesar de estas ventajas notables, la tecnología y la implementación de los BESS siguen siendo predominantes en países de ingresos elevados debido a su limitada disponibilidad y costos de instalación relativamente altos. Esta situación subraya la necesidad de impulsar la investigación y el desarrollo para hacer que los BESS sean más accesibles y asequibles para las naciones en desarrollo (Hannan, y otros, 2021).

Un ejemplo concreto de la integración de energía fotovoltaica en el contexto de un país en desarrollo como lo es Honduras es que se han instalado 17 plantas fotovoltaicas, la mayoría de las cuales se encuentran en la región sur. La concentración en esta área se debe al abundante potencial fotovoltaico.

Entre 2015 y 2017, la generación de energía solar en Honduras experimentó un crecimiento significativo, pasando de representar el 4.8% al 9.5% de la generación total de energía en el país. Este aumento demuestra el impacto creciente que ha tenido la energía fotovoltaica en la integración energética de Honduras en ese período (Reyes, 2019).

La transición hacia un sistema energético descarbonizado exige una mayor electrificación, lo que a su vez conlleva una creciente demanda de energía y servicios energéticos más eficientes y confiables. Sin embargo, satisfacer estas demandas en redes eléctricas con debilidades notables, caracterizadas por importantes pérdidas de transmisión y una confiabilidad cuestionable, representa un desafío.

La integración de plantas fotovoltaicas con sistemas de almacenamiento es una solución eficaz a este problema. Esta combinación puede aliviar la congestión en las líneas de distribución y mejorar la distribución de voltaje durante el tiempo que la carga aumenta, mejorando así la disponibilidad de energía. Además, los sistemas solares fotovoltaicos con almacenamiento a mayor escala pueden ayudar directamente gestionando la demanda en la transmisión de energía, proporcionando beneficios adicionales como la capacidad de absorber una mayor proporción de energía renovable.

En este contexto, se realizan estudios específicos que exploran las consecuencias de implementar un sistema fotovoltaico junto a un sistema de almacenamiento en sustitución de la central eléctrica basada en combustibles fósiles. Los resultados de estas simulaciones indican una reducción significativa, superior al 80%, en las pérdidas de las líneas de distribución, y una mejora sustancial en la estabilidad del voltaje. De tal manera que, estos resultados confirman la viabilidad del almacenamiento como una solución muy adaptable y factible para resolver el problema de la gestión de la demanda y mejorar el rendimiento general del sistema eléctrico (Gómez-Ramírez, y otros, 2022). Asimismo, destaca la importancia de investigar y perfeccionar la integración de sistemas de almacenamiento con baterías de energía en plantas de energía renovable, especialmente en el contexto de países en desarrollo, como Honduras.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La producción energética de Honduras depende en su mayoría de la generación por combustibles fósiles, una fuente no renovable de contaminación. Esto contribuye al cambio climático, una de las mayores amenazas que enfrenta el mundo hoy. El uso de BESS en Honduras puede ayudar a reducir la dependencia de los combustibles fósiles, mitigar el cambio climático y proporcionar energía confiable a los hogares y empresas hondureños. Según la Asociación Hondureña de Productores de Energía Eléctrica (AHPEE), el 39,24% de las necesidades del país en 2021 se cubrirán a través de fuentes de producción de energía no renovables.

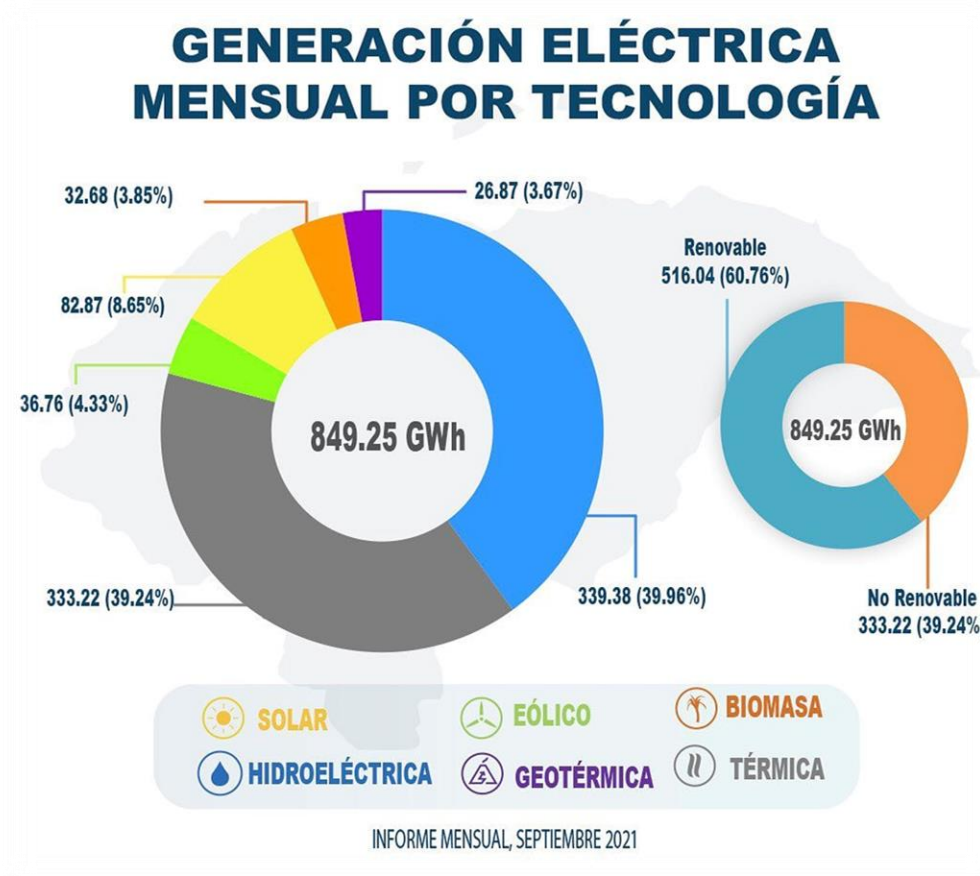


Figura 1. Informe de Generación Eléctrica Mensual por Tecnología.

Fuente: (Asociación Hondureña de Productores de Energía Eléctrica, 2021).

1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

Actualmente en la granja solar Choluteca I cuenta con una producción de 20 MW de potencia de generación de Corriente Alterna nominal, de los cuales se tiene una cantidad en excedente que no es remunerada por parte del estado, a lo cual se promueve como solución el implementar un sistema BESS que permita gestionar los excesos de energía en horario pico por la granja solar Choluteca I, almacenando los excedentes y liberando en horario de baja generación para ser remunerados de manera adecuada, analizando así su viabilidad de implementar un sistema de almacenamiento de energía con baterías (BESS) desde una perspectiva técnica y económica.

1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Basándonos en el enunciado anterior, surge la siguiente interrogante: ¿Es factible desde el punto de vista técnico y económico, la implementación de un sistema de almacenamiento de energía con batería en la Planta Solar Choluteca I?

1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Es viable desde una perspectiva técnica la incorporación de un sistema de almacenamiento de energía con baterías BESS en la instalación solar de Choluteca I?
2. ¿Resulta económicamente viable la incorporación de un sistema de almacenamiento de energía con baterías BESS en la planta solar de Choluteca I?
3. ¿Cómo se puede desarrollar e implementar una estrategia de aplicabilidad para la integración exitosa del sistema de almacenamiento de energía con baterías (BESS) en la Planta Solar Choluteca I, asegurando la conformidad con las mejores prácticas y normas del Project Management Institute (PMI)?

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

1. Evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar un sistema de almacenamiento de energía con baterías BESS en la Planta Solar Choluteca I, con el fin de mejorar la eficiencia y la confiabilidad de la generación de energía solar en esa instalación.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar la viabilidad técnica de la integración del Sistema de Almacenamiento de Energía con Baterías (BESS) en la Planta Solar Choluteca I mediante un análisis exhaustivo de la infraestructura existente, la capacidad de carga y descarga de las baterías, y su compatibilidad con el sistema solar.
2. Realizar un análisis económico para determinar si es rentable implementar un sistema BESS en la planta solar de Choluteca I.
3. Desarrollar una estrategia de aplicabilidad para la implementación del sistema de almacenamiento de energía con baterías (BESS) en la Planta Solar Choluteca I, alineada con las mejores prácticas y normas del Project Management Institute (PMI).

1.5 JUSTIFICACIÓN

La introducción de sistemas de almacenamiento de energía en baterías (BESS) en la red eléctrica desempeña un papel crucial en la transición hacia una matriz energética más sostenible y en la mitigación del cambio climático. Estos sistemas permiten la integración eficaz de fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, al ofrecer la posibilidad de optimizar los costos energéticos al almacenar energía durante los periodos de menor demanda y liberarla durante los periodos de alta demanda, reduciendo así la necesidad de adquirir energía a precios elevados.

En el caso específico de la Planta Choluteca I, que actualmente tiene una capacidad máxima de generación instalada de 20 MW, existe un margen significativo para mejorar su rentabilidad y contribuir al avance de tecnologías sostenibles. Esto se evidencia en la situación actual en la que solo una fracción de la generación se compra a la estatal, y los excedentes generados durante las horas pico se entregan a la red sin una remuneración adicional. Estos excedentes tienen un valor monetario sustancial.

La implementación de un sistema de almacenamiento de energía con baterías en esta planta proporcionaría ventajas tanto técnicas como económicas. Aumentaría el margen de venta de energía promedio anual y haría de Choluteca I un pionero en la implementación de esta tecnología en Honduras. Dado que Honduras ya es el máximo generador de energía fotovoltaica en comparación con sus países vecinos en la región centroamericana, esta iniciativa podría abrir el camino para la implementación de sistemas similares en otras plantas generadoras del país.

La posibilidad de almacenar energía durante las horas de generación pico y liberarla durante las horas de máxima demanda a nivel nacional, como se observa en los registros de la Empresa Nacional Eléctrica (ENEE) y el Centro Nacional de Despacho (CND), reduciría la dependencia de la generación de energía basada en combustibles fósiles, lo que beneficiaría tanto al medio ambiente como a los costos asociados a esta forma de generación.

Desde una perspectiva ambiental, la promoción de nuevas tecnologías contribuye a combatir el calentamiento global, incentivando sistemas económicos, rentables y ambientalmente sostenibles. La implementación de sistemas de almacenamiento de energía con baterías no solo mejoraría la rentabilidad de la Planta Choluteca I, sino que también fomentaría una mayor adopción de tecnologías limpias en el país y en la región centroamericana, lo que tendría un impacto significativo en la economía y el medio ambiente a nivel nacional e internacional.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Este análisis es el proceso de identificar, evaluar y comprender el entorno en el que opera su organización. Incluye el entorno externo, como la economía, la política y la tecnología, así como el entorno interno, como los recursos, las capacidades y la cultura de la organización. El análisis de la situación actual es una herramienta esencial para la toma de decisiones estratégicas, ya que ayuda a los directivos a comprender las fortalezas y debilidades de la organización, así como las oportunidades y amenazas del entorno, permitiéndoles así tomar decisiones que les permitirán alcanzar sus objetivos (Kotler & Armstrong, 2013).

En el caso de la Planta Choluteca I, el análisis de la situación será en tres partes: el análisis del macroentorno, el análisis del microentorno y el análisis interno.

2.1.1 ANÁLISIS MACROENTORNO

2.1.1.1 DESAFIOS Y OPORTUNIDADES DE LOS SISTEMAS BESS

El análisis macroentorno de la situación actual de los sistemas BESS muestra que, aunque ha habido un aumento constructivo y operativo de los sistemas de almacenamiento de energía en todo el mundo, la capacidad total de BESS sigue siendo inferior al 1% del almacenamiento global de energía. Esto se debe a barreras técnicas y económicas, como los altos costos iniciales de instalación y la dependencia de los beneficios de la integración BESS del entorno donde se lleva a cabo la integración. Sin embargo, existe un interés en crecimiento en el uso de BESS y se están llevando a cabo proyectos para probar su eficacia en diferentes entornos (Hidalgo-Leon et al., 2017).

2.1.1.2 CONTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS BESS A LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

Los sistemas BESS pueden convertirse en una herramienta eficaz para integrar la energía renovable en el sistema eléctrico y resolver algunos de los problemas que la energía renovable crea en el sistema eléctrico. De esta forma, Zhang, et al. (2015) proponen un despacho cooperativo que incluye generación eólica, limitación de emisiones y BESS. Los resultados muestran que implementando BESS en el sistema eléctrico se pueden reducir las emisiones de gases de efecto invernadero hasta en un 20%. Esto significa que BESS puede ayudar a reducir la huella de CO₂ de la energía y en los sistemas de energía ayuda a mejorar en su sostenibilidad

(pág. 24).

2.1.1.3 CRECIMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN AMÉRICA LATINA Y DESAFÍOS ASOCIADOS

Actualmente, el uso de energías renovables, especialmente sistemas solares y BESS, está creciendo significativamente en América Latina. La región está construyendo cuatro veces más capacidad solar que Europa, y se espera que anuncie o inicie la construcción de otros 100 GW de capacidad solar. Además, se espera que la capacidad de almacenamiento de energía en América Latina crezca un 33% entre 2020 y 2025. Se espera que la demanda de electricidad en América Latina casi se duplique para 2040, según informes (Fabricius & Ocampo, 2023).

En América del Sur, esta fuente de energía tiene un enorme potencial debido a los altos niveles de radiación solar de la región, la creciente demanda de electricidad y las nuevas leyes que promueven el uso de energías renovables. Chile como país suramericano, es uno de los líderes en la región en términos de sistemas fotovoltaicos instalados y políticas progresistas para instalar parques solares a gran escala para aprovechar zonas con alta radiación solar, este país ha invertido en la construcción de grandes plantas solares, como el parque solar São Gonçalo en Brasil, que tiene una capacidad de generación de 437.04 MW y siendo uno de los parques más grandes construidos en América Latina hasta la fecha. Además, Chile ha implementado políticas para adoptar e incrementar el uso de energía solar, como la eliminación de impuestos a la importación de paneles solares y creando fondos que financien proyectos de energía renovable en el país. Brasil también es conocido por incluir la energía solar fotovoltaica en las subastas de energía, lo que ha aumentado el número de instalaciones solares conectadas a la red cuando en 2019, el país inauguró el parque solar Nova Olinda, que tiene una capacidad de generación de 210 MW y siendo este el segundo parque solar más grande de América Latina. Sin embargo, otros países de la región tienen una baja participación de la energía fotovoltaica en su matriz energética. Ecuador y Colombia tienen una participación del 0,11% y 0,17%, respectivamente, otros países, como Argentina y Perú, tienen un enorme potencial para la energía solar, pero aún tienen que adoptar políticas progresistas para promover su uso. A pesar de los desafíos que enfrenta la energía fotovoltaica en América del Sur, hay razones para ser optimistas sobre su futuro. Los costos de la tecnología fotovoltaica han bajado sus costos de manera significativa, lo que lo hace más accesible para los consumidores y empresas que actualmente existen en gran cantidad. A esto se suma la creciente demanda de electricidad y la necesidad de reducir

emisiones (Vargas Gil et al., 2020).

En términos generales, el progreso tecnológico ha impulsado un continuo aumento en el rendimiento de los Sistemas BEES, generando un creciente interés en países que aún no han adoptado esta tecnología. Este interés se ha intensificado junto con el crecimiento de la demanda y la construcción de plantas solares. No obstante, es crucial considerar los retos regulatorios y de infraestructura para asegurar un desarrollo sostenible y seguro de las energías renovables en la región.

2.1.1.4 MODELO DE CONEXIÓN BASE

Un sistema de generación de energía fotovoltaica conectado a la red a gran escala está constituido por una serie de unidades de generación de energía fotovoltaica, que son unidades de generación que están conectadas a la línea de inversores, una gran cantidad de componentes de paneles fotovoltaica generan la energía de CC y luego la distribuyen al inversor que convierte la energía de CC en energía de CA y, finalmente la energía de CA a través del del transformador entrega la energía a la red eléctrica por medio de líneas de transmisión.

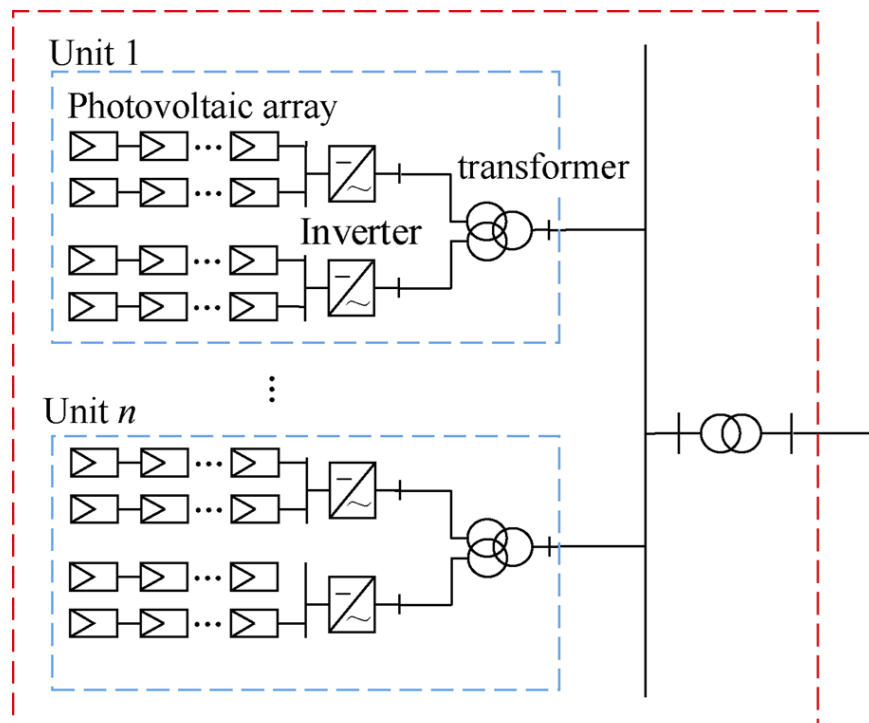


Figura 2. Generación Fotovoltaica conectada a Red.

Fuente: (Fei Li, 2018).

El transporte se realiza por medio de una línea de alta tensión hasta la estación transformadora (subestación) que reducen la tensión de la línea (media o baja), y permiten la distribución a los puntos de demanda, que para el caso particular de la planta Choluteca I entrega a la línea L353, del sistema eléctrico interconectado nacional. Un esquema básico de una planta conectada a la red es el de la figura 2.

Un panel solar fotovoltaico es un dispositivo diseñado para transformar la energía solar en energía eléctrica. Sus propiedades en términos de voltios y amperios son influenciadas por diversos factores ambientales, como la intensidad de la luz solar y la temperatura del lugar donde se encuentra instalado. Además, es importante destacar que las celdas fotovoltaicas exhiben un comportamiento no lineal, lo que significa que su respuesta no es proporcional a los cambios en la radiación solar (Fei Li, 2018).

Ante esta variación de no linealidad de producción y dependencia de factores externos como ser la temperatura y la irradiancia solar, y sobre la declaración de que en la planta Choluteca I, el CND exige con frecuencia ayudar con compensación de potencia reactiva para regular la tensión en la red cuando los inversores producen mucho reactivo y el factor de potencia está por debajo de 0.95, empiezan a perder producción que no es remunerada por la Empresa nacional de Energía Eléctrica (ENEE), siendo esta pérdida en la producción por compensación.

El no aprovechamiento de la totalidad de la energía producida en sus picos de generación o visto desde el inversor en la máxima producción del mismo, incurre en pérdidas económicas, las cuales bajo un modelo de aplicación de sistema de carga de energía con el uso de baterías (BESS) se podría compensar esta pérdida actual y distribuirla como una inyección de energía a la red en los tiempos donde se tenga baja producción y de compensación regular de factor de potencia, proyectándose esta como una remunerada de esta energía actualmente desperdiciada cuando la oferta de generación supera la demanda de distribución. Muchos expertos consideran que el almacenamiento de energía eléctrica (abreviado EES) es el "santo grial" de la industria eléctrica. Actualmente, las baterías de iones de litio son las de menor costo y más eficientes y pueden usarse en aplicaciones experimentales en muchos proyectos. La implementación de la tecnología de ion-litio se encuentra en una etapa de crecimiento y está siendo optada por compañías como Tesla y Panasonic, entre otras que grandes compañías tecnológicas con altos niveles de financiamiento que permiten el desarrollo de y avance continuo y profundo en este

campo (Barahona, 2020).

Algunas de las ventajas del almacenamiento de energía son las siguientes:

- Deducción de carga pico (reducción de pico) en subestaciones.
- Almacenamiento de energía eólica en horas pico.
- Bsmoothing (energía para grandes parques solares).
- Servicios auxiliares (regulación de frecuencia, capacidad de arranque en negro).
- Mejora de la confiabilidad del alimentador de transmisión y distribución.
- Control de Factor de Potencia.

La introducción de un nuevo elemento (almacenamiento) como factor principal en el futuro diseño de la red no es una tarea fácil. Cualquier cambio importante en cualquier forma requiere un ajuste de las prácticas comerciales de los servicios públicos y las estructuras del mercado administradas por el gobierno (Roberts & Sandberg, 2011).

2.1.1.5 CLASIFICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BESS

Los sistemas BESS de almacenamiento de energía se caracterizan por un proceso químico eléctrico, donde la energía es almacenada a gran escala en corriente directa y convertida por medio de inversores en corriente alterna la cual se puede distribuir a la red para ser utilizada de forma regular en las vivienda, comercio e industrias, y para estos sistemas se mantienen dos tipos de grupos las cuales son: baterías de flujo y las baterías secundarias (Breeze, 2018).

2.1.1.5.1 BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO

Este modelo de baterías existe desde los años 1800 y es la de mayor distribución a nivel mundial y la más antigua (Akhil, 2016).

El principio de funcionamiento de estos sistemas implica la conversión de energía eléctrica en energía electroquímica mediante un proceso químico reversible llamado "reducción-oxidación". En el nivel más básico, estas celdas constan de una o más celdas electroquímicas, cada una de ellas nominal de 1,2 V, que contienen un ánodo o cátodo y un cátodo o ánodo. Estas baterías están sumergidas en una solución conductora llamada electrolito, que permite que los iones se muevan entre los electrodos y los terminales, permitiendo que la electricidad fluya a través de la batería (Akhil, 2016).

Sus principales características de baterías de plomo-ácido se describen a continuación:

- Es la tecnología mayor estudiada por lo tanto de la que se tiene mayor conocimiento.
- Su eficiencia esta entre 75% y 90% en la actualidad.
- Cuanta con 1 segundo de tiempo de respuesta para conexión y desconexión.
- El mayor porcentaje de los materiales de esta batería es reciclable hasta un 70%.

Su característica más notoria es la de tóxica-corrosiva por sus residuos peligrosos a grandes magnitudes y su manipulación tiene que hacerse siguiendo una serie de regulación y reglamentos establecidos tanto para su trabajo como para su desecho. Dentro de las empresas con más renombre en la manipulación para el desecho de estas baterías y sus componentes químicos es Recicladora Ambiental RAM – Recimat que es una empresa autorizada y que realiza estas actividades en muchos países del mundo, realizando el desecho de manera adecuada y mediante el proceso de reciclaje el 70% de los componentes químicos de las baterías es reutilizado en tres subproductos que son: lingotes de plomo, plástico y electrolito.

Dentro de sus aplicaciones, la más destacable es en el área de telecomunicación en sistemas de respaldo, para mantener la continuidad de del flujo de datos en tiempos de desconexión instantáneos o por periodos de tiempo determinados según sean las capacidades instaladas.

2.1.1.5.2 BATERÍAS DE ION-LITIO

Se estima que este tipo de batería ha sido implementada en más de 460 proyectos a nivel mundial, actualmente es la tecnología que presentado el mayor crecimiento en aplicaciones a grandes escales ya que permite mayor electromovilidad (Akhil, 2016). En la Figura 3 se muestra de forma esquemática su funcionamiento.

Al igual que las baterías de plomo-acido utiliza el proceso químico reversible de “Reducción- oxidación”, con la diferencia que estas cuentas con más de una sola celda donde el voltaje nominal llega hasta 3.7 V por cada celda y dependiendo la cantidad de celdas tendremos la capacidad total necesaria (Breeze, 2018).

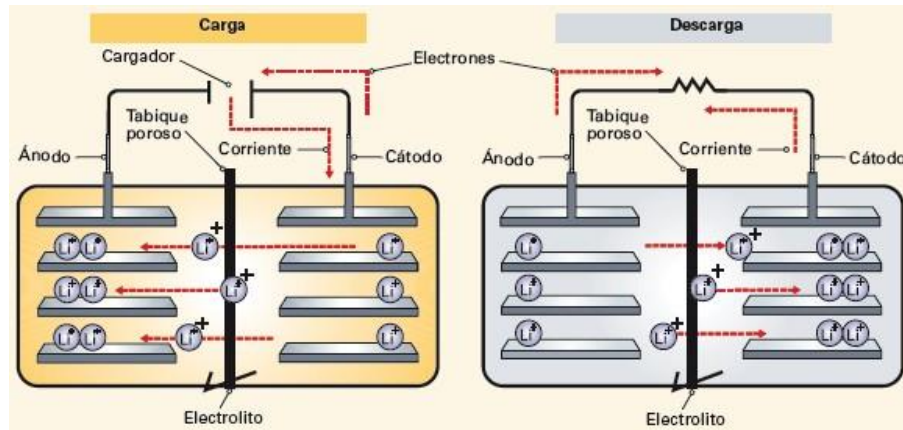


Figura 3. Funcionamiento esquemático de una batería *Ion-Litio*

Fuente: (Morante, 2014).

Sus principales características se describen a continuación:

- Es considerada actualmente la batería con mayor eficiencia alcanzando porcentaje mayores que las de plomo-acido, de entre 90% y 98%.
- Su vida de funcionamiento va desde los 10 a 15 años de operación.
- Permite carga y descarga llegando hasta los 10000 ciclos.
- Su tamaño es reducido según la capacidad que ocupemos en comparación a otras tecnologías.
- Su tiempo de respuesta en comparación a la batería de plomo-acido menor de 1 segundo.
- El nivel de auto descarga por día es igual o menor al 0.2%.

La tecnología de ion litio es de suma importancia en los Sistemas de Almacenamiento de Energía por diversas razones fundamentales debido a que ofrecen una alta densidad de energía, lo que significa que pueden almacenar una gran cantidad de energía en un espacio reducido. Esto las hace ideales para aplicaciones donde se requiere una gran cantidad de energía en un espacio limitado, como en sistemas de almacenamiento de energía para microrredes aisladas. Aunque las baterías de ion litio tienen una duración limitada de aproximadamente 2 a 5 años, son capaces de soportar una gran cantidad de ciclos de carga y descarga, lo que las hace ideales para aplicaciones donde se requiere un uso frecuente, como en sistemas de respaldo de energía. De

igual forma, las baterías de ion litio son ampliamente utilizadas en una variedad de aplicaciones, desde dispositivos portátiles hasta vehículos eléctricos y sistemas de almacenamiento de energía a gran escala. Su versatilidad las convierte en una opción atractiva para una amplia gama de aplicaciones. Igualmente, la tecnología de ion litio ha experimentado un avance significativo en términos de peso, capacidad de almacenamiento y potencia. Esto ha llevado a una mayor producción y ventas de baterías de ion litio en los últimos años, lo que demuestra su creciente importancia en el mercado de almacenamiento de energía (Lagos Alarcón, 2021).

La preocupación ambiental en torno al reciclaje de esta tecnología es significativa. A pesar de contar con empresas certificadas para el manejo de desechos, el impacto ambiental a largo plazo de estos residuos aún no se ha determinado completamente debido a la prolongada vida útil de la tecnología. La compañía Tesla, en su rol como proveedor de soluciones de baterías de ion-litio, se compromete activamente con la sostenibilidad medioambiental mediante un enfoque de reciclaje de ciclo cerrado en colaboración con sus clientes. La empresa asume la responsabilidad financiera de la disposición final de las baterías, estableciendo alianzas estratégicas con dos especialistas en reciclaje: Umicore en Bélgica y KBI en Norteamérica. Estas asociaciones se centran en lograr un reciclaje eficiente, recuperando hasta el 60% de los componentes de almacenamiento, como el níquel y el óxido de cobalto de litio. Estos subproductos se reintegran en la cadena de fabricación de las baterías de ion-litio, cerrando así el ciclo de manera sostenible. Sin embargo, este es aún un porcentaje muy bajo de reciclamiento en comparación a las baterías de plomo-acido (Kelty, 2011).

Sus principales aplicaciones son en la industria automotriz con su empresa de mayor uso TESLA, en sistema fotovoltaicos y en sistemas energéticos en general.

2.1.1.5.3 BATERÍAS DE NÍQUEL-CADMIO

Su patente fue en los años 1902, logrando una mayor madurez investigativa y siendo unas de las primeras tecnologías químicas estudiadas en el almacenamiento de energía (Sandia National Laboratories, 2017).

Al igual que las anteriores tecnologías ocurre en el proceso químico reversible de “Reducción-oxidación”, con sus celdas electroquímicas alcanzando voltajes de 1.2 V por celda nominal (Breeze, 2018).

Sus principales características se describen a continuación:

- Esta la uncia capazas de operar en rangos de temperatura bajas -20 a -40 grados Celsius en comparación a las otras tecnologías.
- Su eficiencia es mucho menor que las demás entre 60% y 80%.
- Su tiempo de respuesta es igual o menor a 1 segundo.

Es utilizada usualmente en zonas de temperaturas muy bajas y al mismo tiempo en sistema fuera de red para sistemas solares.

2.1.1.5.4 BATERÍAS DE SULFURO DE SODIO

Funciona bajo el principio de reacción de reducción-oxidación al igual que las demás con la diferencia que esta ópera a altas temperaturas utilizando el sulfuro líquido como el electrodo positivo y el sodio fundido como el electrodo negativo, estos dos separados por un tubo Beta-alúmina de cerámica como electrolito (Breeze, 2018).

Sus principales características y ventajas se describen a continuación:

- Su eficiencia es de 70% y 85%.
- Capacidad de respuesta menor a 1 segundo.
- Su tiempo de vida entre carga y descarga es, en promedio, de 6 a 13 años, según los ciclos de vida de 4500.

Es utilizada usualmente es en sistema fuera de red para sistemas solares y de reserva.

2.1.1.5.5 BATERÍAS ZEBRA

Sus siglas significan Zero Emission Battery Research, han estado en el mercado desde 1995, y hasta la actualidad no ha tenido mayor desarrollo su tecnología (Sandia National Laboratories, 2017).

Se asimila al funcionamiento de las baterías de Sulfuro de Sodio (NaS), las cuales también lleva una reacción de reducción-oxidación en altas temperaturas, y utiliza el cloruro de níquel como el electrodo positivo.

Sus principales características y ventajas se describen a continuación:

- Eficiencia de 80% a 90%
- Su capacidad de respuesta es menor a 1 segundo.

Sus principales aplicaciones son en vehículos eléctricos y funciones de soporte de la red.

2.1.1.5.6 BATERÍAS DE FLUJO REDOX DE VANADIO

Sus siglas son VRFB, son conocidas por ser denominadas baterías de flujo que ha sido estudiada desde el año 2000 y sus dos empresas desarrolladoras son: Prudent Energy China, y Cellstrom Austria (Sandia National Laboratories, 2017). Su funcionamiento se ve representado en la Figura 4.

Su principio de funcionamiento es un proceso de reducción-oxidación de diferentes formas iónicas de Vanadio. Esta reacción se produce cambiando la composición de varios electrolitos almacenados a través de dos tanques externos desde los cuales se bombean a la celda de vanadio según sea necesario, permitiendo que estos electrolitos fluyan a través de la membrana de intercambio iónico (Breeze, 2018).

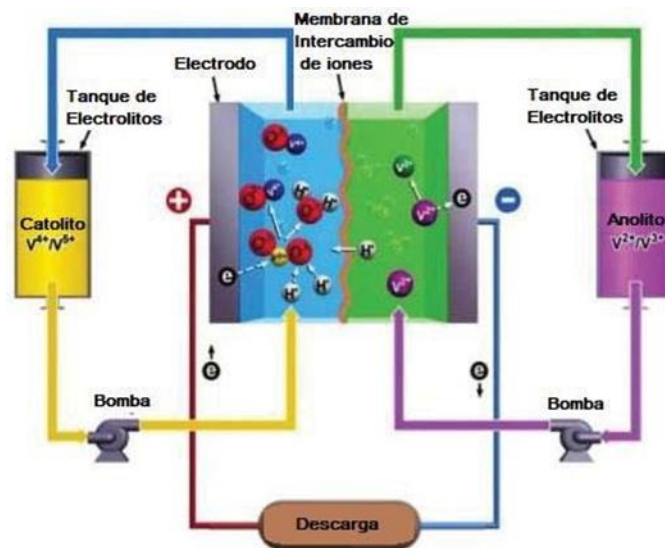


Figura 4. Funcionamiento de Batería VRFB.

Fuente: (<https://www.revistel.pe/Edicion106/Tema4.html>).

Sus principales características se describen a continuación:

- 10000 ciclos de vida útil, siendo uno de los más altos.
- A pesar de poseer mayor número de ciclos de vida tiene eficiencia baja de 65% a 80%.
- Opera entre 10 °C a 50 °C.

Su aplicación es para sistemas fuera de red, control de frecuencia y eficiencia a la red.

2.1.1.5.7 BATERÍAS DE FLUJO HÍBRIDAS

Estas baterías combinan las características de las baterías convencionales anteriormente descritas con ventajas de una batería de Redox de Vanadio. Aún se encuentran en etapa de desarrollo.

El principio de funcionamiento del sistema de batería de flujo híbrido consiste en combinar las características antes descritas almacenando un material activo dentro de la celda electroquímica, mientras que el otro material activo permanece en el electrolito líquido y se almacena externamente en el tanque de electrolito (Breeze, 2018).

Sus principales características se describen a continuación:

- Su eficiencia esta entre el 65% a 75%.
- Su capacidad de respuesta es igual o menor a 1 segundo.
- Al igual que las VRFB se temperatura de operación de es 10 °C a 50 °C.

Sus aplicaciones típicas son en sistemas fuera de red, desplazamiento temporal de energía y aplicaciones de eficiencia a la red.

2.1.1.6 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS BESS

Una batería es un dispositivo que convierte la energía química en energía eléctrica mediante la oxidación y reducción de materiales. Consisten en una unidad base que se combina con otras unidades en serie o paralelo para conseguir un nivel de potencia o voltaje. Se han producido varios tipos de celdas electroquímicas. Está diseñado y puede usarse en sistemas de energía que incluyen: plomo ácido, inundado, regulado por válvula, azufre sódico, iones de litio, aire metálico, batería de flujo, vanadio redox, zinc-bromo, níquel-cadmio, etc. Estas baterías tienen algunos parámetros específicos que las caracterizan. Se puede señalar lo siguiente:

1. El voltaje de circuito abierto, medido cuando la batería no está trabajando.
2. Su capacidad en Ah. Que representa la cantidad de corriente que puede suministrarse en una descarga de demanda especificada.
3. SOC. Porcentaje de capacidad de la batería que está disponible con respecto a su nominal valor.

4. Corriente máxima de descarga de la batería.
5. SOH. Muestra el estado general de una batería y su capacidad para entregar un rendimiento específico en comparación con una batería nueva.
6. SOF. Es el estado de descarga que muestras los ciclos de trabajos en funciones específicas.
7. DOD. Es su profundidad de descarga que representa la cantidad de energía que se puede extraer de una batería y esta se expresa como un porcentaje de totalidad de la capacidad de la batería (San Martín et al., 2011).

Asimismo, la Tabla 1 ofrece un resumen de las principales características que poseen los sistemas BESS según su tecnología.

Tabla 1. Características Técnicas más Relevantes de los BESS

Tecnología	Dens. De E. (Wh/Kg)	Densidad de P. (MW)	Eficiencia (%)	Ciclos de Vida	Disponibilidad (%)	Vida Útil (años)	Temp (°C)	Costo (\$/ kWh)
Plomo-Ácido	30-50	0001-50	70-90	500-2000	99.99	3-15	-5 a 40	50-400
Ion-Litio	75-250	0.001-50	75-95	1000-10000	97+	5-20	-30 a 60	600-2500
Niquel-Cadmio	50-75	0-50	60-70	1000-3500	99+	5-20	-40 a 50	400-2400
Sulfuro-Sodio	100-240	0.05-30	71-90	2000-5000	≤ 99.98	5-20	N. D.	200-600
Polisulfuro de Bromuro (PSB)	> 400	0.005-120	60-75	100-13000	N. D.	10-15	0 a 40	150-1000
Redox de Vanadio (VRB)	10-75	0.005-1.5	65-85	12000+	96-99	5-20	0 a 40	150-1000

Fuente: (Hidalgo-Leon et al., 2017).

2.1.1.7 IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS BESS

Los costos anteriormente sobre la planta de producción Choluteca I, que depende de un ente externo regulador para poder compensar o no compensar reactivo y desaprovechando la energía generada en esos momentos, pudiendo ser almacenada y redistribuida en lapsos de tiempos más específicos donde esta penalidad y esta sub-compensación no afecte el ingreso a la red de esta energía almacenada y contribuya a un mejoramiento de la calidad de red y a su vez a una remuneración mayor. Es aquí donde se integran los sistemas de almacenamiento BESS para

aprovechar al máximo el rendimiento del sistema en el que se están instalando, que en este caso particular será suministrado a una planta fotovoltaica local ya mencionada.

Cuando se emplean sistemas de almacenamiento de energía en baterías (BESS) en el contexto del almacenamiento en red, se hace necesario un modelado avanzado que permita un monitoreo y control preciso del sistema de almacenamiento. Asimismo, esta tecnología se suele acompañar con un sistema de gestión de baterías (BMS) que se encarga de regular la utilización del sistema de almacenamiento para lograr una mayor eficiencia de tal manera que se pueda aprovechar al máximo el potencial de los BESS en baterías de ion-litio y otros tipos de baterías (Lawder et al., 2014).

La red eléctrica debe tener la capacidad de generación para satisfacer las demandas de los consumidores finales. Sin embargo, la demanda de electricidad varía mucho tanto diaria como estacionalmente, y hacer funcionar los generadores para que coincidan con las cargas que tienen amplios márgenes pico a base es un gran desafío. Los proveedores de electricidad deben tener suficiente capacidad instalada para satisfacer la demanda máxima y operar continuamente con capacidad suficiente para satisfacer la demanda inmediata. El cumplimiento de estos requisitos generalmente significa que la capacidad se opera al 20% sobre la demanda estimada y solo se utiliza un promedio del 55% de la capacidad de generación instalada en el transcurso de un año. Los dispositivos de almacenamiento de energía electroquímica brindan la capacidad, la ubicación y la flexibilidad de respuesta rápida necesarias para satisfacer las necesidades de las aplicaciones en una gama mucho más amplia de funciones que muchos otros tipos de almacenamiento. Debido a su flexibilidad y eficiencia, según el avance de la programación cada vez más aplicaciones de red se están volviendo adecuadas para BESS a medida que los costos de las baterías disminuyen mientras el rendimiento y la vida útil continúan mejorando (Lawder et al., 2014).

2.1.1.8 IMPLEMENTACIÓN DE BMS Y SSC

Los BESS requieren un sistema de administración de baterías (BMS por sus siglas en inglés) para monitorear y mantener el funcionamiento seguro y óptimo de cada paquete de baterías y un control de supervisión del sistema (SSC por sus siglas en inglés) para monitorear el sistema completo describe una estructura general BESS-BMS utilizada para la implementación:

- Igualar la demanda máxima de energía.

- Seguimiento de carga para aumentar la generación útil.
- Mejorar la estabilidad de la red, su calidad de la energía y también proporcionar equilibrio (por ejemplo, control de frecuencia).
- Reduciendo la intermitencia de la fuente.

El sistema BESS-BMS, son sistemas que trabajan juntos para gestionar de la mejor manera distribución de la energía en la red (Véase Figura 5). Sin embargo, aunque ambos funcionen en conjunto los estados internos de los acumuladores son imposibles de ver por parte del BMS y el SSC, lo estados que son accesibles de visualizar por parte de los sistemas son:

- Voltaje.
- Corriente-
- Temperatura.
- Concentraciones de iones electrolitos (en baterías de flujo solo).

Y, el BMS y el SSC solo pueden controlar el BESS manipulando:

- Corriente.
- Flujo de electrolito (solo en baterías de flujo).
- Temperatura ambiente (cuando se dispone de refrigeración o calefacción). Una arquitectura de flujo de mando de estos sistemas es la siguiente.

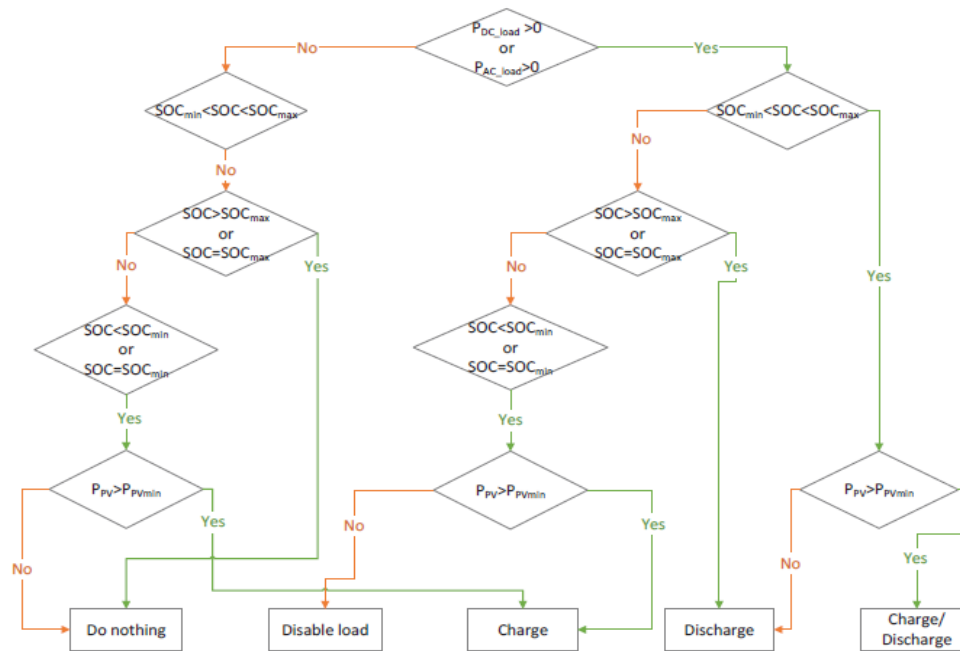


Figura 5. Diagrama de flujo implementando el BEMS para maximizar la generación FV para la carga BESS.

Fuente: (Barchi et al., 2018).

Durante el funcionamiento normal, las reacciones secundarias en baterías de iones de litio y su aislamiento eléctrico en los materiales debido a tensiones inducidas por iones de intercalación / desintercalación reducen la capacidad disponible de la celda. Esta reducción de capacidad puede exacerbarse cuando se opera en condiciones extremas, por lo que una función del BMS es minimizar el efecto de reacciones secundarias no deseadas. La reducción de las reacciones secundarias requiere el conocimiento de los estados internos de la batería para predecir y prevenir las condiciones que conducen a la pérdida de capacidad. Desafortunadamente, comprender los estados internos es difícil debido a la cantidad limitada de variables en la batería que se pueden medir en línea (Dongping Xu, 2019).

2.1.1.9 PROTOTIPO DE SISTEMA COMPLETO FV-BESS-BMS

En la Figura 6 se muestra la conexión que tendría el sistema de forma esquemática en, el cual se adapta a las instalaciones actuales disponiendo del sistema FV, FV de Entrada, Alimentación y AC-RED 230V, adaptando el sistema de baterías BESS y el sistema de comunicación con control IBEMS.

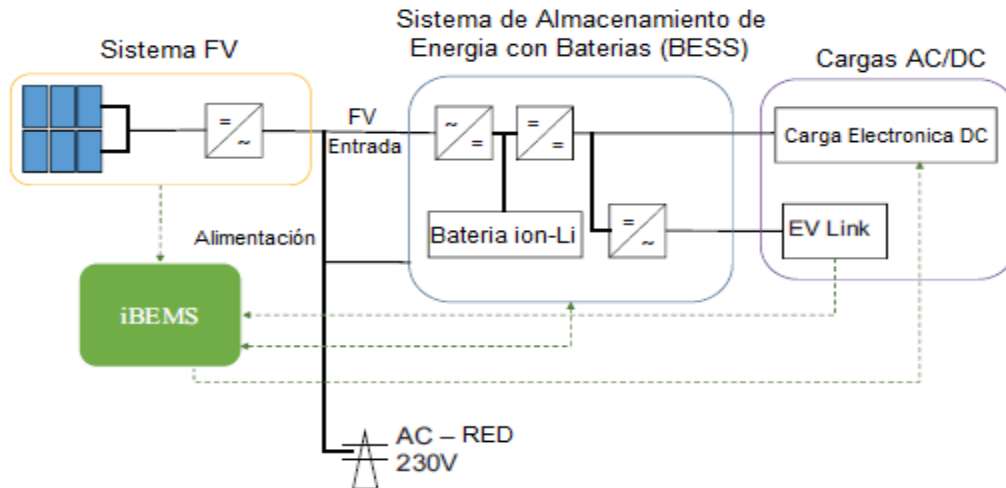


Figura 6. Prototipo Diagrama de Bloques de un Sistema FV-BESS controlado por un BEMS.

Fuente: (Barchi et al., 2018).

2.1.2 ANÁLISIS MICROENTORNO

El análisis del microentorno es una herramienta importante para las empresas que operan en el mercado hondureño de plantas de energía solar. Este análisis puede ayudar a las empresas a identificar las fortalezas y debilidades de su posición competitiva, así como las oportunidades y amenazas en el mercado actual (Kotler & Armstrong, 2013).

2.1.2.1 DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN HONDURAS

Sus antecedentes se remontan en el año 1994, punto de partida de la mayor crisis energética en Honduras, donde se dio apertura al ingreso de la generación de propiedad privada que se basaban principalmente de fuentes de generación térmica (Barahona, 2020).

En el año 2007, se presenta la ley para promover e incentivar la generación de energía renovable, dando 20 años de recortes de impuestos y una exención de aranceles a la importación de todo equipo de sistema fotovoltaico. Esta aprobación fue destinada promover la inversión por parte del sector privado lo que dio paso con las instalaciones y generación de los sistemas renovables en el país.

La energía fotovoltaica actualmente es considerada infinita por su forma de generación y lo seguirá siendo en los próximos años, aunque su eficiencia aun no llega a su máximo potencial. Esta perseverancia nos llevaría a un futuro donde la utilización de la energía fotovoltaica podría subir en porcentajes anuales según las tecnologías avanzadas y los modelos de adquisición son cada vez más económicos y de mayor rentabilidad, creando así euforia en la población por adquirir nuevos modelos de generación como la energía fotovoltaica que sean amigables con el medio ambiente, ya que según los datos brindados por el Centro Nacional de Despacho (CND), ente encargado de garantizar la continuidad y seguridad del suministro eléctrico en el país, en Honduras se está consumiendo un 33.2% de energía generado por bunker hasta Junio del 2021 y era de 36.7% para diciembre del 2018. en comparación a un 10% de generación de energía solar hasta junio del 2021 y 10% para diciembre del 2018, donde no se observa un crecimiento enfatizando en la generación de energía fotovoltaica, pero si un decrecimiento del 3.5% de generación no renovable por bunker (Barahona, 2020).

La producción energética en el año 2022 ha sido de 9,760.83 GWh de los cuales 2,504.25 GWh (25.66%) son de generación hidroeléctrica, 0.12 GWh (0.00%) de generación térmica, 3,587.27 GWh (36.75%) de plantas térmicas privadas, 1,323.64 GWh (13.56%) de plantas hidro privado, 443.59 GWh (4.54%) de plantas Biomasa, 684.47 GWh (7.01%) del parque eólico en la zona sur, 939.82 GWh (9.63%) de parque fotovoltaico la mayoría en el sur del país y 277.68 GWh (2.84%) de planta geotérmica. En el mismo año 2022, el consumo interno servido fue de 9,943.67 GWh que es un aumento de 0.97 % en comparación al año 2021 que fue de 9,848.15 GWh (Centro Nacional de Despacho, 2023).

La diversificación de la energía en todas sus formas de generación es conveniente para el país Honduras aprovechando todos sus recursos de los cuales se disponen en buena cantidad, siendo así la energía fotovoltaica un fuente potencial que se está acomodando y tomando fuerza en la generación actual de la nación y también de manera global en los demás países tanto centroamericanos como del mundo, siendo idóneo para solucionar los actuales problemas que presentamos de manera global en temas medioambientales de los modelos actuales de generales por carburo, teniendo en cuenta que los costos de producción están al alcance para apoyar el desarrollo.

2.1.2.2 PLANTAS DE GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICAS EN HONDURAS

Según el Centro Nacional de Despacho (CND), para el 2023, en el país se encuentran conectadas 17 plantas de generación solares fotovoltaica que poseen una capacidad de producir 510.78 MW según Tabla 2, lo que representa el 28.55% de la demanda nacional, que actualmente es de 1,788.8 MW.

Tabla 2. Plantas Solares en Honduras

No	PLANTA SOLAR	CAPACIDAD INSTALADA (MW)
1	CENTROAMERICANA MARCOVIA	35
2	CHOLUTECA I (SERSA)	20
3	CHOLUTECA II (SERSA)	30
4	CINCO ESTRELLAS (ECSA)	50
5	COHESSA	50
6	EL POLLITO	20
7	ENERBASA (PAVANA SOLAR)	25
8	FOTERSA (SOLAR DEL PACIFICO I)	20
9	FOTOVOLTAICA NACAOME I (PACIFIC SOLAR)	50
10	FOTOVOLTAICA NACAOME II (PRODERSSA)	50
11	FRAY LAZARO	5
12	HELIOS	25
13	LAS LAJAS	10
14	LLANOS DEL SUR	14.81
15	MECER	25
16	PRADOS-SUR	30.97
17	SOPOSA	50
TOTAL		510.78

Fuente: (Centro Nacional de Despacho, 2023).

El microentorno de las plantas solares en Honduras es competitivo. Las empresas que operan en este mercado enfrentan una serie de desafíos, como una fuerte competencia, el poder de negociación de los proveedores y la amenaza de nuevos participantes. Sin embargo, también existen algunas oportunidades, como el crecimiento del mercado y la demanda de energía limpia.

Desde el 2015 Honduras ha presentado un crecimiento en la generación de energía fotovoltaica desde la implementación de programas de gobierno que fomentan estos proyectos. Sin embargo, el mercado aún no está saturado y existe la posibilidad de que nuevas empresas interesadas puedan optar a la venta de esta generación (Reyes, 2019).

Actualmente, varias empresas están activas en el mercado solar hondureño. La

competencia entre estas empresas puede ser intensa ya que compiten por recursos y participación de mercado. Sin embargo, el mercado aún no está saturado y las empresas todavía tienen margen de crecimiento. De igual forma, en el país, la generación de energía eléctrica a través de recursos naturales de carácter renovable, como lo es la energía fotovoltaica, es una prioridad del gobierno. Sin embargo, aún existe la amenaza de que los consumidores opten por fuentes de energía más tradicionales, como lo es la generación por combustible fósil. Además, la energía hidroeléctrica también es una de las formas de generación importantes en el país.

Los factores mencionados anteriormente, el microentorno de las plantas solares en Honduras también está influenciado por una serie de otros factores, como que el país tiene un clima tropical, con temperaturas promedio de 27 grados Celsius. Este clima es favorable para la producción de energía solar, ya que el sol brilla mucho durante todo el año. La geografía: Honduras es un país montañoso, cuenta con una gran cantidad de terreno plano también adecuado para la instalación de granjas solares. El gobierno hondureño se está comprometiendo con el desarrollo de las energías renovables tomando en cuenta todos los factores antes mencionados.

2.1.2.3 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO BESS EN HONDURAS

Hasta el momento, en nuestro país aún no se emplean estas tecnologías. En la actualidad, ninguna de las plantas solares en funcionamiento está equipadas con sistemas de almacenamiento de energía, debido a que el despacho de energía solar es priorizado por el CND. En otras palabras, toda la energía generada se vierte directamente a la red y debido a este enfoque, no se percibe la necesidad de implementar un sistema de almacenamiento de energía.

2.1.3 ANÁLISIS INTERNO

2.1.3.1 PLANTA DE GENERACIÓN SOLAR CHOLUTECA I

En el 2014, se inició la construcción de la planta solar Choluteca I, la cual finalizó en el año siguiente, empezando su funcionamiento el 4 de agosto del 2015. Un estimado de vida de la planta es de 30 años, según el modelo de tecnología usado, con una alta posibilidad de poder expandir su generación. Según Galán Montás (2016), se estima que el costo de inversión de la planta solar Choluteca I junto con la planta Choluteca II fue de un aproximado de \$61.8 millones de dólares en un área de 151 hectáreas de terreno con una capacidad de generación instalada de 58 MWp (pág. 2).

Choluteca I está ubicada en el departamento de Choluteca, Honduras (Véase Figura 7), cuenta con una capacidad de generación instalada de 20 MW de potencia nominal en corriente alterna en la salida de los inversores instalados y 23,323.60 kWp de potencia pico en corriente directa nominal instalado hasta junio del 2021, controlada su producción y compra de energía por el CND.

Este parque tiene una dimensión de 60 hectáreas, con una capacidad total de 20MW, se obtienen aproximadamente 40GWh anualmente, previniendo así, las emisiones de 11,133.5 toneladas de CO2 al año. Esta planta entrega su energía a la subestación Santa Lucia, ubicada en Choluteca, en la comunidad de San José de la Landa, con dos líneas unipolares de transmisión en 34.5kV (Centro Nacional de Despacho, 2023).

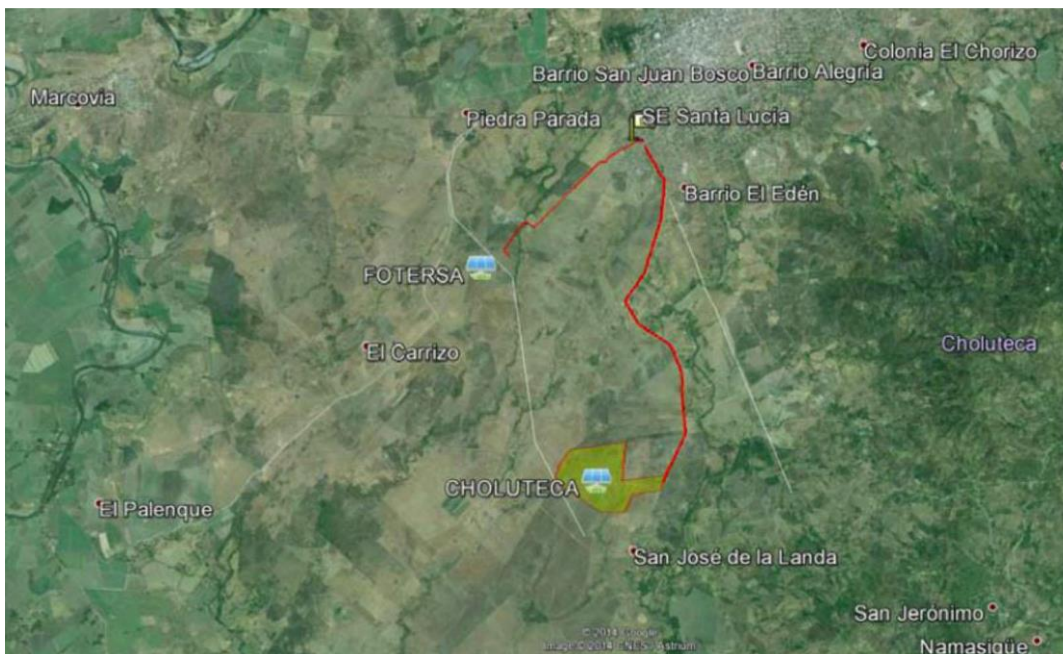


Figura 7. Área de Influencia el Proyecto Solar Fotovoltaico Choluteca I

Fuente: (Google Earth Pro, 2023).

Dentro de las fortalezas de la planta se pueden incluir su tamaño, su ubicación y su tecnología. La planta es una de las plantas solares más grandes de Honduras, lo que le da una ventaja de escala. La planta está ubicada en una región con un alto potencial solar, lo que le permite generar una gran cantidad de energía. La planta utiliza tecnología de paneles solares de alta eficiencia, lo que le permite generar energía a un bajo coste.

De igual manera, dentro de sus debilidades se pueden mencionar su coste, su ubicación remota y su vulnerabilidad a los desastres naturales. El coste de venta de la energía solar sigue siendo alto en comparación a otras fuentes de energía. La planta está ubicada en una región remota, lo que puede dificultar el acceso a los suministros y servicios. La planta es vulnerable a los desastres naturales, como huracanes e inundaciones.

Sin embargo, dentro de las oportunidades que enfrenta la planta solar Choluteca I incluyen el creciente mercado de la energía solar, el compromiso del Gobierno de Honduras con las energías renovables y el potencial de la planta para generar ingresos para el Gobierno de Honduras. El mercado de energía solar en Honduras está creciendo rápidamente. El gobierno hondureño está comprometido con el desarrollo de las energías renovables y ha formulado varias políticas para promover el desarrollo de la energía solar. La planta solar Choluteca I genera ingresos para el Gobierno de Honduras al vender energía a la red eléctrica.

Por último, las amenazas que enfrenta la planta solar Choluteca I incluyen el cambio climático, desarrollo de nuevas tecnologías de energía renovable y la falta de financiamiento. El cambio climático podría afectar negativamente lo que produce diariamente de energía solar la planta. El desarrollo de nuevas tecnologías de energía renovable podría hacer que la energía solar sea menos competitiva, aunque es una fuente inagotable. La falta de financiación podría dificultar la construcción y operación de la planta solar Choluteca I.

2.2 CONCEPTUALIZACIÓN

Esta sección del estudio aborda la conceptualización de las variables que serán exploradas en los próximos capítulos, con el fin de analizar la viabilidad técnica y económica del proyecto.

2.2.1 VARIABLES DEPENDIENTES

Se refieren a los elementos o factores que están sujetos a cambios o variaciones en función de otras variables en un estudio. En otras palabras, son los resultados, efectos o comportamientos que se observan y registran, y que están influenciados por las variables independientes (Hernández Sampieri et al., 2014, pág. 129).

2.2.1.1 TASA INTERNA DE RENDIMIENTO

La Tasa Interna de Rendimiento (TIR) es una medida financiera utilizada en la

evaluación de proyectos de inversión que calcula la tasa de rendimiento que iguala el valor presente neto (VPN) de los flujos de efectivo futuros con la inversión inicial. En otras palabras, es la tasa de descuento que hace que el valor presente de los beneficios y costos de un proyecto sea cero. La importancia de la TIR en la evaluación de proyectos radica en que proporciona información sobre la rentabilidad relativa de una inversión, permitiendo a los inversionistas comparar diferentes proyectos y tomar decisiones informadas sobre dónde asignar recursos financieros. Generalmente, se considera que un proyecto es aceptable si la TIR es mayor que la tasa de descuento o tasa de oportunidad requerida para el proyecto, ya que esto indica que la inversión generará retornos superiores a la tasa mínima requerida (Baca Urbina, 2010).

2.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

Son aquellas que se manipulan o controlan en un estudio con el propósito de analizar su efecto sobre las variables dependientes. Estas variables representan las condiciones o factores que se consideran causantes de cambios en otras variables, y su modificación o variación se realiza de manera deliberada para observar su impacto en el fenómeno estudiado (Hernández Sampieri et al., 2014, pág. 129).

2.2.2.1 VIABILIDAD TÉCNICA

Según Sapag Chain (2011) la viabilidad técnica de proyectos se refiere a la evaluación de la factibilidad física o material de llevar a cabo una iniciativa. Es decir, consiste en determinar si es posible implementar el proyecto desde un punto de vista técnico, considerando aspectos como la infraestructura existente, la capacidad tecnológica, la disponibilidad de recursos y la competencia del personal involucrado. Este análisis busca asegurar que el proyecto pueda llevarse a cabo de manera práctica y efectiva, evitando obstáculos técnicos que puedan surgir durante su ejecución. De esta forma, la viabilidad técnica implica evaluar la compatibilidad del proyecto con las capacidades y recursos disponibles, así como la identificación y gestión de posibles desafíos tecnológicos. Por consiguiente, la viabilidad técnica es esencial para garantizar que un proyecto no solo sea teóricamente sólido, sino también viable desde un punto de vista práctico y material. (pág. 26).

2.2.2.2 VIABILIDAD ECONÓMICA

La viabilidad económica de proyectos constituye un pilar fundamental en la planificación y ejecución de iniciativas, delineando la capacidad del proyecto para generar rendimientos

financieros sostenibles a lo largo del tiempo. Este aspecto crucial va más allá de la mera factibilidad financiera inicial, extendiéndose hacia un análisis exhaustivo de los costos, ingresos y beneficios asociados al proyecto.

Para medir la viabilidad económica de un proyecto, se deben considerar diversas variables esenciales. En primer lugar, la evaluación de los costos iniciales y recurrentes constituye una parte integral. Esta evaluación abarca desde los costos de inversión iniciales hasta los gastos operativos recurrentes, incluyendo mantenimiento, personal y otros elementos cruciales. La comprensión precisa de estos costos es esencial para proyectar la capacidad del proyecto para operar dentro de márgenes financieros razonables. En paralelo, el análisis de ingresos proyectados es fundamental. Este componente implica una estimación detallada de las fuentes de ingresos que generará el proyecto a lo largo de su vida útil. Los ingresos pueden derivar de ventas, servicios, o cualquier otro modelo de generación de ingresos específico del proyecto. La precisión en esta proyección es crucial para evaluar la sostenibilidad financiera y el potencial retorno de la inversión. Además, la consideración de los beneficios tangibles e intangibles es un aspecto esencial al medir la viabilidad económica. Los beneficios tangibles pueden incluir ahorros de costos, eficiencias operativas o aumentos en la productividad. Por otro lado, los beneficios intangibles, como mejoras en la reputación de la empresa o el impacto social positivo, también desempeñan un papel crucial en la evaluación del éxito económico a largo plazo. Igualmente, el análisis de riesgos y la aplicación de técnicas como el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR) son herramientas valiosas para evaluar la viabilidad económica. Estas técnicas permiten considerar la depreciación del valor del dinero en el tiempo y la rentabilidad del proyecto a lo largo de su ciclo de vida (Baca Urbina, 2010).

2.2.2.3 ESTRATEGIAS DE APLICABILIDAD

La implementación de estrategias de aplicabilidad en proyectos como las basadas en la metodología del Project Management Institute (PMI) resulta indispensable para asegurar una gestión eficiente y efectiva. De tal manera que estas estrategias proporcionan una estructura flexible que permite adaptar las mejores prácticas del PMI a las características específicas de cada proyecto, optimizando así la asignación de recursos, reduciendo riesgos y mejorando la coordinación entre equipos. Al implementar una estrategia de aplicabilidad, se promueve la consistencia en la gestión de proyectos dentro de una organización, lo que facilita la estandarización de procesos y la mejora continua. Además, contribuye a la creación de una

cultura organizativa que valora la calidad, la transparencia y la eficiencia en la ejecución de proyectos, lo que, en última instancia, conduce a un mayor éxito en la consecución de objetivos y resultados positivos en el ámbito del proyecto (Project Management Institute, 2017).

2.3 TEORÍAS DE SUSTENTO

2.3.1 BASES TEÓRICAS

Hay varias teorías que sustentan la implementación de los sistemas de almacenamiento de energía con baterías (BESS). Dentro de las más importantes a mencionar están:

2.3.1.1 EVALUACIÓN TÉCNICA DE PROYECTOS

El estudio técnico de un proyecto es una de las etapas fundamentales en la evaluación y planificación de un proyecto, ya sea un proyecto empresarial, de construcción, de desarrollo de productos, o de cualquier otro tipo. Implica analizar e identificar los aspectos técnicos y operativos del proyecto para asegurar su viabilidad y éxito (Sapag Chain, 2011).

De esta manera, los estudios técnicos juegan un papel crucial en el estudio de viabilidad de la implementación del sistema BESS, ya que ayuda a determinar si el proyecto es técnicamente viable, capaz de alcanzar sus objetivos operativos y si puede ser rentable en el largo plazo. Esto es esencial para tomar decisiones informadas y planificar adecuadamente la implementación de sistemas de almacenamiento de energía. Además, los estudios técnicos ayudan a evaluar la viabilidad general del proyecto, así como los aspectos financieros, económicos y ambientales del estudio de viabilidad.

2.3.1.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS

El estudio económico de un proyecto es una parte fundamental de la evaluación de viabilidad y se centra en analizar los aspectos tanto financieros como económicos asociados a esta iniciativa. Con esta evaluación podremos determinar si el proyecto es viable desde el punto de vista económico (Baca Urbina, 2010).

Por lo tanto, es necesario realizar un estudio económico para determinar si el proyecto del sistema BESS es económicamente viable y proporciona retornos financieros adecuados. Ayudando así a la toma de decisiones en evaluar la rentabilidad de un proyecto y compararlo con otras opciones de inversión. Además, el estudio económico se integra con el análisis técnico, ambiental y legal en el estudio de viabilidad para proporcionar una visión integral de la viabilidad de un proyecto de almacenamiento de energía.

2.3.1.3 LA TEORÍA DE LA ECONOMÍA DE ESCALA

A medida que aumenta el tamaño del sistema BESS, el precio unitario disminuye. unidad de almacenamiento. Esto se debe a que los costos fijos, como los costos de materiales y mano de obra, se pueden distribuir entre varias unidades de almacenamiento. Asimismo, esto se debe a una mejor utilización de los recursos y una asignación eficiente de los costos fijos (Marshall, 1890).

2.3.1.4 LA TEORÍA DE LA ESCASEZ DE RECURSOS

Partiendo del principio de escasez, ampliamente utilizado en economía, Ávila y Lugo (2004) afirma: “que con necesidades ilimitadas y recursos limitados no podemos tener plena satisfacción de todo lo que necesitamos y, por lo mismo, debemos elegir entre varias alternativas” (pág. 133).

Por lo que, llevado al contexto de la electricidad, podemos afirmar que, si la demanda de energía aumenta, la oferta de recursos energéticos tradicionales se vuelve más escasa. Esto hace que los precios de la energía aumenten, lo que hace que los sistemas BESS sean más atractivos económicamente.

2.3.1.5 LA TEORÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

La generación de energía a partir de combustibles fósiles libera gases de efecto invernadero a la atmósfera, lo que contribuye al cambio climático (Salaverry & Botana, 2022). Los sistemas BESS pueden ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero al proporcionar una fuente de energía renovable y confiable.

2.3.1.6 LA TEORÍA DE LA CONFIABILIDAD DE LA RED

Para tener un sistema confiable, se debe de entregar de forma ininterrumpida el suministro de energía a los clientes conectados a la red (Carrón González et al., 2019). Pero en el país, el servicio no está disponible todo el tiempo debido a las interrupciones. Sin embargo, los sistemas BESS pueden ayudar a mejorar la confiabilidad de la red al proporcionar energía de respaldo durante apagones o períodos de alta demanda.

2.3.1.7 LA TEORÍA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Este se refiere al uso óptimo de la energía para obtener un resultado deseado. Implica maximizar la producción, los servicios o el rendimiento utilizando la menor cantidad posible de energía (Guerrero Pérez, 2018). En otras palabras, la eficiencia energética busca reducir los

desperdicios y las pérdidas de energía, mejorando así la relación entre la energía utilizada y los resultados logrados. En el contexto de los sistemas BESS, la eficiencia energética se refiere a cuánta energía se puede almacenar y liberar de manera efectiva sin pérdidas significativas en el proceso. Una alta eficiencia energética en los sistemas BESS es esencial para maximizar su utilidad y garantizar que la energía almacenada esté disponible cuando sea necesario.

2.3.1.8 LA TEORÍA DE LA INTERMITENCIA

Se refiere al fenómeno de que la producción y suministro de energía eléctrica no es continua y uniforme, sino que cambia de manera desigual con el tiempo. Esta variación puede deberse a una variedad de factores, como las fluctuaciones en la producción de fuentes de energía renovables, como la solar y la eólica, o fluctuaciones en la demanda de electricidad en diferentes momentos del día (Kuntz & Dawe, 2005).

Si la intermitencia es particularmente relevante en las energías renovables, siendo que su generación está influenciada por condiciones climáticas cambiantes. Por ejemplo, la generación de energía solar depende no solo de la cantidad de luz solar disponible sino también de la temperatura, que varía a las condiciones climáticas y la hora del día. Al mismo tiempo de manera similar, la generación de energía eólica está relacionada con la velocidad del viento, que puede ser inconsistente.

Los sistemas BESS pueden atenuar los efectos de la generación de energía intermitente, al proporcionar un medio para almacenar y liberar energía de manera controlada, ayudando así a lograr una mayor estabilidad y confiabilidad en la red eléctrica (Hill et al., 2012).

2.3.1.9 LA TEORÍA DE LA FLEXIBILIDAD

Se enfoca en la adaptación y en la capacidad rápida operación del sistema eléctrico a los cambios en la oferta y la demanda (Naranjo, 2006). Esto es necesario para garantizar la estabilidad, confiabilidad y eficiencia del suministro de energía en un entorno en constante cambio.

Los sistemas BESS son componentes clave para implementar la teoría de la flexibilidad en el sistema eléctrico. Con su capacidad de almacenar y liberar energía de manera rápida y de forma eficiente permite la adaptación a los cambios en la generación y de demanda, contribuyendo así a la estabilidad y la confiabilidad del sistema eléctrico en un entorno energético en constante cambio.

2.3.1.10 LA TEORÍA DE LA SOSTENIBILIDAD

El marco BESS es muy útil para apoyar y promover la teoría de la sostenibilidad de muchas maneras. Estos sistemas de almacenamiento de energía pueden desempeñar un papel clave en la promoción de prácticas sostenibles en el sector energético y el logro de los objetivos económicos, sociales y ambientales asociados con la teoría de la sostenibilidad. Los sistemas BESS pueden integrar mejor la energía renovable, mejorar la eficiencia energética, mejorar la resiliencia de la red y promover la innovación tecnológica en el sector energético. Estas inversiones ayudan a crear un sistema energético más sostenible y equilibrado desde el punto de vista económico, social y medioambiental (Breeze, 2018).

2.3.1.11 ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

La administración de proyectos constituye un conjunto fundamental de metodologías que guían la planificación y dirección de tareas y recursos con el fin de alcanzar objetivos específicos y mensurables (TIC Portal, 2023). En el contexto de la propuesta de factibilidad para implementar un sistema de almacenamiento de energía con baterías (BESS) en la Planta Solar Choluteca I, la gestión de proyectos se erige como un componente esencial. La aplicabilidad de principios SMART (específico, medible, alcanzable, relevante y temporal) se torna crucial para estructurar las operaciones de manera eficiente, asegurando la viabilidad técnica y financiera del proyecto. La gestión efectiva de proyectos facilita la coordinación eficaz de los recursos, el seguimiento de hitos clave y la adaptabilidad ante desafíos emergentes, garantizando así el éxito en la implementación del sistema BESS en la planta solar. Este enfoque metodológico proporciona una estructura sólida para optimizar el rendimiento del proyecto y garantizar resultados acordes con los objetivos planteados.

2.3.1.12 EVALUACIÓN DE PROYECTOS

La evaluación de proyectos se convierte en un proceso crítico en el contexto de implementar un sistema BESS en la Planta Solar. Este análisis exhaustivo implica valorar todos los elementos del proyecto, desde su viabilidad técnica y legal hasta su sostenibilidad económica. En este proyecto específico, la evaluación se convierte en un mecanismo clave para determinar la eficacia, calcular riesgos potenciales y establecer respuestas estratégicas. La importancia de esta evaluación radica en su capacidad para proporcionar un seguimiento y control continuo, permitiendo comparaciones y mediciones precisas de la evolución del proyecto. Además, esto se alinea con la visión de Sapag Chain (2011), que destaca la necesidad de estudiar múltiples

viabilidades, como la técnica, legal y económica, para asegurar el éxito de la inversión. Este enfoque holístico no solo busca anticiparse a posibles desviaciones, amenazas u oportunidades, sino también enmarcar las decisiones en un contexto integral que abarca aspectos de gestión y política vinculados a la viabilidad económica.

2.3.2 METODOLOGÍAS DESARROLLADAS POR OTROS INVESTIGADORES

2.3.3.1 ENTREVISTAS

Según Hernández Sampieri et al. (2014), una entrevista es una interacción estructurada entre dos o más personas, donde un entrevistador plantea preguntas con el objetivo de obtener información detallada y significativa del entrevistado. Por consiguiente, en la gestión de proyectos, las entrevistas resultan fundamentales para comprender las necesidades y expectativas de los interesados, identificar requisitos clave, y obtener perspectivas valiosas que contribuyan al éxito del proyecto. De tal manera que permiten establecer una comunicación efectiva, alinear objetivos, mitigar riesgos y construir relaciones sólidas con los miembros del equipo y las partes interesadas. Asimismo, la información recopilada a través de entrevistas influye en la toma de decisiones estratégicas, mejora la planificación y ejecución del proyecto, y fomenta una gestión proactiva y adaptativa para abordar los desafíos que puedan surgir a lo largo del ciclo del proyecto.

2.3.3.2 RECOPIACIÓN DOCUMENTAL

La recopilación documental es el proceso de reunir, revisar y analizar información a partir de documentos existentes, ya sean impresos o electrónicos, con el fin de obtener datos relevantes para una investigación. Por consiguiente, desempeña un papel esencial en la investigación, proporcionando una base sólida de datos provenientes de diversas fuentes, como libros, informes, artículos y registros oficiales. Esta metodología se destaca por su capacidad para contextualizar el problema de investigación, brindar antecedentes, y respaldar teorías o hipótesis previas. Además, al permitir acceder a una amplia gama de información acumulada, la recopilación documental enriquece el marco teórico, facilita la revisión de la literatura y contribuye a la construcción de argumentos sustentados y fundamentados en evidencia. Su importancia radica en su capacidad para robustecer la validez y confiabilidad de la investigación al incorporar datos verificables y contextualizar los hallazgos dentro de un marco conceptual e

histórico más amplio (Torrealba & Rodríguez, 2009).

2.3.3.3 SIMULACIÓN EN PROGRAMAS COMPUTACIONALES

Las simulaciones por programas computacionales son procesos que utilizan modelos matemáticos y algoritmos implementados en software para imitar el comportamiento de sistemas complejos o fenómenos en un entorno virtual. Estas simulaciones permiten reproducir condiciones específicas, realizar experimentos virtuales y observar cómo evolucionan variables a lo largo del tiempo. La importancia de las simulaciones en investigación radica en su capacidad para proporcionar una comprensión profunda del problema, analizar escenarios hipotéticos y prever resultados en entornos controlados y seguros. Este enfoque es valioso en campos como la ingeniería, la física, la biología y la economía, donde la experimentación directa puede ser costosa, peligrosa o impracticable. Las simulaciones facilitan la exploración de múltiples condiciones, optimizan diseños, respaldan la toma de decisiones y permiten evaluar el impacto de variables específicas, contribuyendo así al avance del conocimiento y a la resolución de problemas complejos en diversas disciplinas (Contreras et. al, 2009).

2.3.3.4 EL ESTÁNDAR PARA LA DIRECCIÓN PROYECTOS DEL PMI

El estándar para la dirección de proyectos del PMI, conocido como PMBOK (Project Management Body of Knowledge), es un conjunto de directrices y mejores prácticas establecido por el Project Management Institute (PMI), una entidad líder a nivel mundial en la promoción y desarrollo de la gestión de proyectos. El PMI es una organización sin fines de lucro que reúne a profesionales de la dirección de proyectos y busca avanzar en la disciplina a través de estándares, certificaciones y recursos educativos (Lledó & Rivarola, 2007).

El PMBOK, por su parte, representa una compilación de conocimientos y experiencias acumuladas en la gestión de proyectos a nivel internacional. Su propósito es proporcionar un marco de referencia completo que abarca áreas clave de la dirección de proyectos, como la planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre. Este estándar define términos, procesos y buenas prácticas que sirven como guía para los profesionales de la gestión de proyectos, permitiéndoles abordar proyectos de manera consistente, eficiente y exitosa (Project Management Institute, 2017).

En esencia, el PMBOK del PMI actúa como un recurso esencial que unifica y estructura

el conocimiento global en gestión de proyectos, brindando a los profesionales un marco coherente y reconocido internacionalmente para el desarrollo y la ejecución de proyectos en diversas industrias y sectores.

2.3.3.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS

La viabilidad económica tiene como objetivo principal determinar la rentabilidad de una inversión, analizando cuidadosamente la relación entre los beneficios y costos estimados de un proyecto. Esta evaluación es esencial para discernir si la implementación del proyecto resulta en una inversión rentable. Esta herramienta es crucial en la evaluación global de proyectos porque proporciona una perspectiva clave sobre la capacidad del proyecto para generar retornos financieros sostenibles a lo largo del tiempo, asegurando la toma de decisiones fundamentadas y orientadas al éxito en el ámbito empresarial y de desarrollo (Sapag Chain, 2011).

2.3.3 INSTRUMENTOS UTILIZADOS POR OTROS INVESTIGADORES

2.3.3.1 RETScreen EXPERT

Es una herramienta de software creada por el Gobierno de Canadá que se especializa en el análisis y evaluación de proyectos relacionados con energías renovables y eficiencia energética. Este software permite llevar a cabo estudios integrales de viabilidad técnica, financiera y ambiental para proyectos vinculados con fuentes de energía renovable, incluyendo solar, eólica, hidroeléctrica, biomasa y geotérmica, así como para medidas de eficiencia energética. RETScreen Expert empodera a los usuarios al ofrecer una evaluación detallada del potencial de rendimiento de un proyecto, analizar sus costos y beneficios, estimar las emisiones de gases de efecto invernadero, y en última instancia, respaldar la toma de decisiones informadas para la implementación de iniciativas sostenibles. Este software se ha convertido en una herramienta integral en el campo de la planificación y desarrollo de proyectos de energía limpia a nivel global (Government of Canada, 2023).

2.3.3.2 HOMER Pro

Es un software especializado en la simulación y optimización de sistemas de energía híbridos y autónomos. Desarrollado por la empresa HOMER Energy, este software es ampliamente utilizado en la planificación y diseño de sistemas de energía renovable, tales como microredes, sistemas híbridos de energía solar, eólica, y almacenamiento de baterías. HOMER Pro permite a los usuarios modelar diversas configuraciones de sistemas energéticos, evaluar la

viabilidad técnica y económica, y optimizar la combinación de tecnologías para satisfacer las necesidades de energía de manera eficiente y sostenible. Además, ofrece herramientas avanzadas para el análisis de costos, la simulación de diferentes escenarios y la toma de decisiones informadas en el ámbito de la electrificación descentralizada y la integración de fuentes renovables (HOMER Energy, 2023).

2.3.3.3 HeliScope

Es un software de diseño y análisis para instalaciones de energía solar fotovoltaica. Este software es utilizado por profesionales y diseñadores en la industria solar para realizar evaluaciones detalladas de proyectos solares. HeliScope permite a los usuarios modelar el rendimiento de un sistema solar fotovoltaico teniendo en cuenta diversos factores como la ubicación geográfica, la inclinación y orientación de los paneles solares, la sombra, y otros parámetros específicos del proyecto. Con HeliScope, los diseñadores pueden realizar análisis de sombreado, optimizar la disposición de los paneles solares, calcular la producción de energía, y evaluar la rentabilidad de un proyecto solar. Esta herramienta es valiosa para la planificación y diseño eficientes de instalaciones solares, ayudando a maximizar la generación de energía y a mejorar la precisión en la estimación de los rendimientos de los proyectos fotovoltaicos. (Aurora Inc. Company, 2023).

2.3.3.4 GOOGLE EARTH

Esta aplicación aprovecha imágenes satelitales y datos geospaciales para ofrecer una representación tridimensional del terreno, permitiendo a los diseñadores y planificadores explorar ubicaciones, visualizar la topografía y evaluar detalles geográficos clave en la fase de diseño de proyectos (Google Earth, 2023). Aunque no está diseñado específicamente para la planificación detallada de instalaciones solares, su capacidad para proporcionar una representación visual detallada del entorno lo convierte en una valiosa adición en las fases iniciales de proyectos de energía solar.

2.3.3.5 TASA INTERNA DE RETORNO

La Tasa Interna de Retorno (TIR) constituye una medida financiera crucial en la evaluación de proyectos de inversión, representando la tasa de rendimiento anualizada que iguala el valor presente neto (VPN) de los flujos de efectivo futuros con la inversión inicial. Su importancia radica en que proporciona una evaluación clara de la rentabilidad del proyecto,

siendo un criterio fundamental en la toma de decisiones de inversión. Cuando la TIR supera la tasa de descuento o el rendimiento requerido, el proyecto se considera viable. Además, facilita la comparación entre proyectos, permitiendo la selección de aquellos con tasas de retorno más atractivas, y sirve como indicador de la sensibilidad del proyecto a cambios en los flujos de efectivo. Es decir, la TIR es una herramienta esencial que guía las decisiones financieras al evaluar la rentabilidad y viabilidad de los proyectos a lo largo de su vida útil lo que explica su importancia el determinarlo (Baca Urbina, 2010).

2.4 MARCO LEGAL

Los sistemas fotovoltaicos en Honduras se rigen por una serie de leyes y regulaciones destinadas a crear un entorno propicio para promover el uso de energía renovable en Honduras. Estas medidas suelen incluir incentivos financieros y legales para el desarrollo de proyectos de inversión privada en el campo de las energías renovables. Por lo tanto, estas medidas están contribuyendo al crecimiento del mercado solar fotovoltaico de Honduras.

Las leyes y regulaciones hondureñas respecto a las instalaciones de energía solar son muy importantes para el crecimiento del mercado de esta tecnología. Estas medidas crean un entorno favorable para la inversión privada y ayudan a reducir el coste de la energía solar. Asimismo, la energía solar se ha convertido en una opción viable para los hogares y empresas hondureñas. Se espera que el mercado de equipos de energía solar en Honduras siga creciendo en los próximos años. Refleja el compromiso del gobierno hondureño con el desarrollo de la energía renovable y, al promover estas leyes, pretende hacer que la energía solar sea más accesible y asequible, así como reducir la dependencia de Honduras de los combustibles fósiles y promover un futuro más sostenible (Diario Oficial La Gaceta, 2014).

2.4.1 LA LEY GENERAL DE INDUSTRIA ELÉCTRICA

La Ley General de la Industria Eléctrica (LGIE), aprobada en 2014 y publicada en el diario La Gaceta mediante decreto no. 404-2013, es considerada la ley más importante en esta materia y tiene como objetivo regular todo lo relacionado con la electricidad, generación en Honduras y transmisión de electricidad, así como distribución, importación y exportación. En particular, la ley regula las condiciones de funcionamiento del sistema eléctrico nacional, la organización y funcionamiento del mercado eléctrico, la regulación de los precios de la electricidad, la protección del medio ambiente y la mejora de la eficiencia energética. Además, la

ley define los roles y responsabilidades de las empresas que generan, transmiten, distribuyen y comercializan electricidad, así como de los consumidores calificados que optan por hacerlo (Diario Oficial La Gaceta, 2014).

2.4.2 EL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE LA INDUSTRIA ELECTRICA

El reglamento, conocido por su abreviatura RLGIE, fue aprobado en 2020 y publicado en la publicación oficial "La Gaceta" mediante el protocolo CREE-073. El RLGIE de Honduras tiene como objetivo fijar el marco legal y regular la generación, transmisión, operación, distribución y comercialización de electricidad en el país. También está armonizado con los acuerdos internacionales en la materia y regula la importación y exportación de electricidad, así como el funcionamiento del sistema de interconexión del país, incluyendo su relación con los sistemas energéticos vecinos, así como con los sistemas energéticos regionales y los sistemas energéticos nacionales. Mercado centroamericano de electrodomésticos. Asimismo, el objetivo del reglamento es asegurar el suministro de electricidad eficiente, confiable y sustentable a los consumidores hondureños y promover el desarrollo del sector eléctrico del país.

2.4.3 LA LEY DE PROMOCIÓN PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON RECURSOS RENOVABLES

Esta ley publicada en el Diario Oficial "La Gaceta" en el 2007 mediante decreto No. 70-2007, tiene como finalidad de promover el desarrollo sostenible de Honduras mediante la inversión en energía renovable. Esta ley busca la reducción de la contaminación, ayudar a la economía y el mejoramiento de la calidad de vida de los hondureños. Uno de sus objetivos es promover la inversión y el desarrollo de proyectos de energía renovable, lo que reduciría la dependencia de Honduras de los combustibles importados, que son costosos y pueden ser perjudiciales para el medio ambiente.

Asimismo, esta ley introduce reformas en los procesos de autorización para acelerar la construcción de nuevas plantas de energía renovable para asegurar que Honduras pueda beneficiarse de sus recursos renovables lo más rápido posible. Asimismo, busca crear empleos en zonas rurales durante la construcción de proyectos de energías renovables. Esto ayudará a mejorar la economía rural, el acceso a servicios básicos y reducir la pobreza al mejorar la calidad de vida de la población rural al permitirles participar en los beneficios de los proyectos de energía reciclada.

También la ley apunta a aumentar la eficiencia de los sistemas nacionales interconectados promoviendo la competencia entre un mayor número de actores. Esto ayudará a garantizar que los consumidores hondureños tengan acceso a energía asequible, confiable y de menor costo. Además, la ley buscará nuevas alternativas a las fuentes de energía tradicionales como el carbón y el petróleo. Esto ayudará a diversificar la matriz energética de Honduras y garantizar la seguridad energética del país (Diario Oficial La Gaceta, 2013).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

A continuación, se describe la metodología de investigación empleada con el propósito de garantizar una coherencia metodológica que permita proporcionar respuestas a las preguntas de investigación. En este contexto, se proporciona un detalle sobre la manipulación de las variables, el enfoque metodológico, el diseño de la investigación, las técnicas utilizadas y las fuentes de información que respaldan el estudio.

3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA

La Tabla 3 exhibe la matriz metodológica como una herramienta que simplifica la síntesis investigativa y verifica la secuencia lógica de los procesos de investigación.

Tabla 3. Matriz de Congruencia Metodológica.

TÍTULO	PROBLEMA	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS		VARIABLES	
			GENERAL	ESPECÍFICOS	INDEPENDIENTES	DEPENDIENTES
Estudio de Factibilidad para la Integración de Sistema BESS en la Planta Solar de Choluteca I	¿Es factible desde el punto de vista técnico y económico, la implementación de un sistema de almacenamiento de energía con batería en la Planta Solar Choluteca I?	¿Es viable desde una perspectiva técnica la incorporación de un sistema de almacenamiento de energía con baterías BESS en la instalación solar de Choluteca I?	Evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar un sistema de almacenamiento de energía con baterías BESS en la Planta Solar Choluteca I, con el fin de mejorar la eficiencia y la confiabilidad de la generación de energía solar en esa instalación.	Evaluar la viabilidad técnica de la integración del Sistema de Almacenamiento de Energía con Baterías (BESS) en la Planta Solar Choluteca I.	Viabilidad Técnica	Tasa Interna de Retorno (TIR)
		¿Resulta económicamente viable la incorporación de un sistema de almacenamiento de energía con baterías BESS en la planta solar de Choluteca I?		Realizar un análisis económico para determinar si es rentable implementar un sistema BESS en la planta solar de Choluteca I.	Viabilidad Económica	
		¿Cómo se puede desarrollar e implementar una estrategia de aplicabilidad para la integración exitosa del sistema de almacenamiento de energía con baterías (BESS) en la Planta Solar Choluteca I, asegurando la conformidad con las mejores prácticas y normas del Project Management Institute (PMI)?		Desarrollar una estrategia de aplicabilidad para la implementación del sistema BESS en la Planta Solar Choluteca I.	Estrategia de Aplicabilidad	

Fuente: (Propia, 2023)

3.1.2 ESQUEMA DE VARIABLES DE ESTUDIO

Para Hernández Sampieri (2014) “una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse” (p. 105).

En la Figura 8 y en la Figura 9 se presenta un esquema donde se muestran las diferentes variables de estudio y sus respectivas dimensiones.

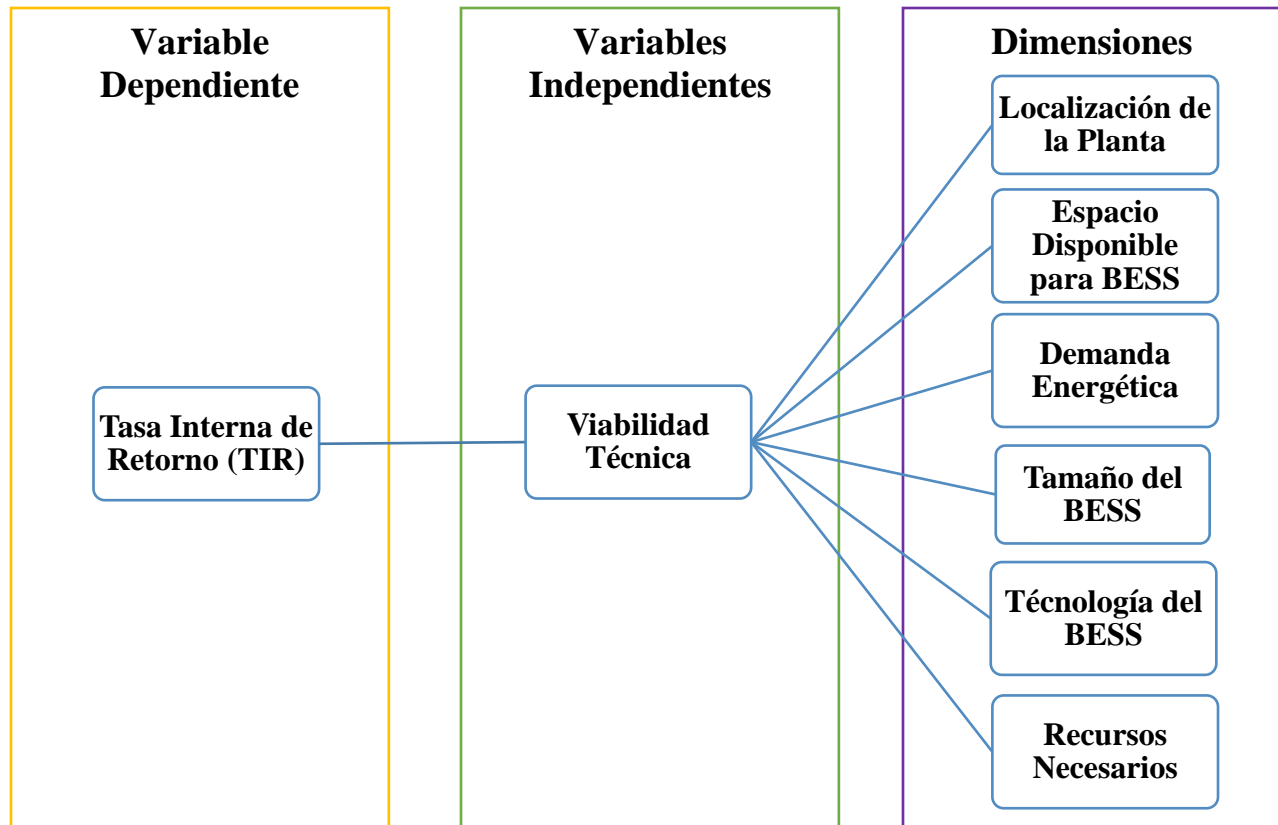


Figura 8. Esquema de la variable de Viabilidad Técnica y sus Dimensiones.

Fuente: (Propia, 2023).

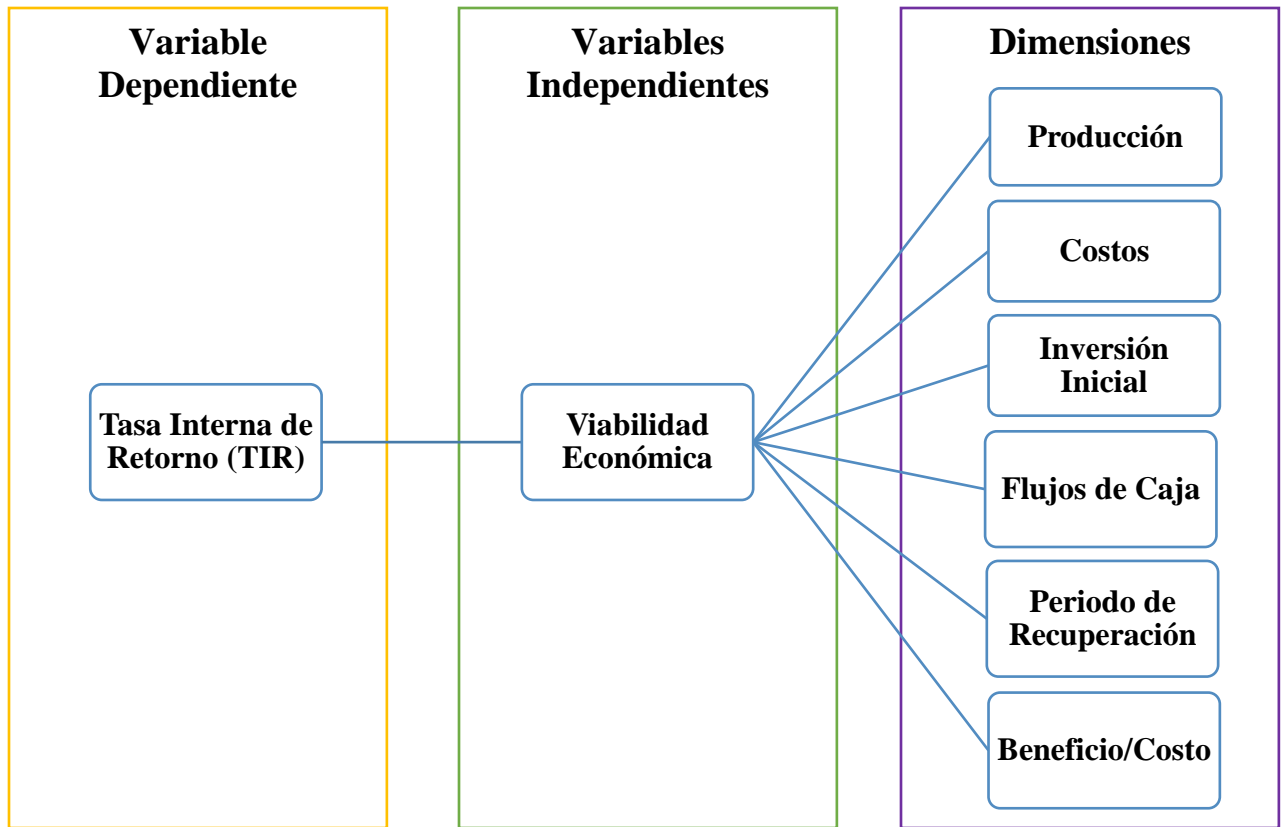


Figura 9. Esquema de la variable de Viabilidad Económica y sus Dimensiones.

Fuente: (Propia, 2023).

3.1.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

En la Tabla 4 se muestra la operacionalización de las variables de investigación.

(Tabla 4. Operacionalización de las Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN		DIMENSIÓN	INDICADOR	PREGUNTAS	ENFOQUE	ESCALA	TÉCNICA
	CONCEPTUAL	OPERACIONAL						
Tasa Interna de Rendimiento	Medida financiera utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que calcula la tasa de rendimiento que iguala el valor presente neto (VPN) de los flujos de efectivo futuros con la inversión inicial. En otras palabras, es la tasa de descuento que hace que el valor presente de los beneficios y costos de un proyecto sea cero (Baca Urbina, 2010).	Se considera que un proyecto es aceptable si la TIR es mayor que la tasa de descuento o la tasa mínima aceptable de retorno (TMAR). De lo contrario, se rechaza.	TIR	Índice de Rentabilidad	¿Implementar el sistema de almacenamiento de baterías BESS en la planta solar Choluteca I resulta rentable?	Cuantitativo	Razón	Evaluación Económica
Factibilidad Técnica	En el estudio técnico, se abordan aspectos como la selección y dimensionamiento de equipos, la evaluación de la tecnología a emplear, la identificación de los procesos y métodos de producción, así como la determinación de los recursos humanos y	La compatibilidad del sistema BESS se evaluará basado en las características técnicas que ofrecen las distintas tecnologías. De este modo, determinar cuales se integran mejor con la infraestructura de planta solar existente.	Localización de la Planta	Ubicación geográfica	¿Dónde está localizada la planta solar Choluteca I?	Cuantitativo	Razón	Google Earth
					¿Cuáles son las dimensiones del terreno de la planta?	Cuantitativo	Razón	Google Earth
			Espacio Disponible para BESS	Áreas disponibles	¿Cuáles son las áreas disponibles para instalar BESS?	Cuantitativo	Razón	Google Earth

Continuación de Tabla 4.

VARIABLE	DEFINICIÓN		DIMENSIÓN	INDICADOR	PREGUNTAS	ENFOQUE	ESCALA	TÉCNICA
	CONCEPTUAL	OPERACIONAL						
materiales requeridos. Además, se analiza la compatibilidad con las normativas y regulaciones pertinentes, garantizando que el proyecto cumpla con estándares de calidad, seguridad y eficiencia (Sapag Chain, 2011)			Demanda Energética	kW	¿Cuál es la demanda eléctrica que tiene suple la Planta Solar Choluteca I?	Cuantitativo	Razón	Históricos de Demanda
				kWh	¿Cuánta energía despacha la Planta Solar Choluteca I anualmente?	Cuantitativo	Razón	Históricos de Energía Despachada
			Tamaño del BESS	Dimensiones físicas	¿Cuál es el espacio físico requerido por BESS?	Cuantitativo	Razón	Especificaciones Técnicas (Catálogo)
				Capacidad de almacenamiento	¿Cuál es la capacidad de almacenamiento requerido por BESS?	Cuantitativo	Razón	Especificaciones Técnicas (Catálogo)
			Tecnología del BESS	Tipos de tecnologías disponibles en mercado	¿Cuáles tecnologías BESS están disponibles en mercado?	Cualitativo	Nominal	Especificaciones Técnicas (Catálogo)
			Recursos Necesarios	Presupuesto	¿Cuáles son los recursos necesarios para implementar BESS en la Planta Solar Choluteca I?	Cuantitativo	Razón	Cotizaciones

Continuación de Tabla 4.

VARIABLE	DEFINICIÓN		DIMENSIÓN	INDICADOR	PREGUNTAS	ENFOQUE	ESCALA	TÉCNICA
	CONCEPTUAL	OPERACIONAL						
Factibilidad Económica	Esta evaluación busca cuantificar y analizar los costos y beneficios asociados con la implementación del proyecto a lo largo de su ciclo de vida, permitiendo tomar decisiones informadas sobre la asignación de recursos financieros y la viabilidad a largo plazo (Baca Urbina, 2010)	Se calculará el periodo de recuperación de la inversión para determinar el tiempo necesario requerido para que los beneficios igualen los costos iniciales. De igual forma, se determinará la tasa interna de retorno (TIR) para estimar la rentabilidad del proyecto comparándola con la tasa de descuento mínima requerida.	Producción	kWh	¿Cuánta energía adicional se producirá al implementar BESS en la Planta Solar Choluteca I?	Cuantitativo	Razón	Simulaciones con software PVSyst, Meteonorm, Base de datos de la NASA
				USD	¿Cuánto será el ingreso estimado por venta de energía adicional producida al implementar BESS en Planta Solar Choluteca I?	Cuantitativo	Razón	Estudio Económico
			Costos	USD	¿Cuáles son los costos de implementar un sistema BESS en la Planta Solar Choluteca I?	Cuantitativo	Razón	Estudio Económico
			Inversión Inicial	USD	¿Cuál es la Inversión inicial requerida para implementar un sistema BESS en la Planta Solar Choluteca I?	Cuantitativo	Razón	Estudio Económico

Continuación de Tabla 4.

VARIABLE	DEFINICIÓN		DIMENSIÓN	INDICADOR	PREGUNTAS	ENFOQUE	ESCALA	TÉCNICA
	CONCEPTUAL	OPERACIONAL						
			Flujos de Caja	USD	¿Cuáles son los flujos netos efectivos proyectados para la implementación de Sistema BESS en Planta Solar Choluteca I?	Cuantitativo	Razón	Estudio Económico
			Periodo de Recuperación	Años	¿Cuál sería el periodo de retorno de la Inversión de implementar Sistema BESS en la Planta Solar Choluteca I?	Cuantitativo	Razón	Estudio Económico
			Beneficio/ Costo	Índice de Beneficio/Costo	¿Cuál es el índice Beneficio/Costo de Implementar Sistema BESS en la Planta Solar Choluteca I?	Cuantitativo	Razón	Estudio Económico

Fuente: (Propia, 2023).

3.1.4 HIPÓTESIS

Partiendo que las hipótesis constituyen interpretaciones que intentamos ofrecer para abordar la problemática investigada; son respuestas temporales que formulamos a las preguntas de investigación previamente establecidas (Hernández Sampieri et al., pág. 104). A continuación, se plantea la hipótesis de la investigación y la hipótesis nula para determinar la factibilidad de implementar un sistema de almacenamiento de energía con baterías en la Planta Solar Cholulteca I que posee una capacidad de generación de 20 MW:

Hi: La viabilidad técnica y financiera de implementar un sistema BESS en la Planta Solar Cholulteca I será respaldada por una Tasa Interna de Retorno (TIR) que excederá el costo de capital asociado al proyecto.

Ho: La viabilidad técnica y financiera de implementar un sistema BESS en la Planta Solar Cholulteca I no será respaldada por una Tasa Interna de Retorno (TIR) debido a que no excederá el costo de capital asociado al proyecto.

3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo debido a la necesidad de medir variables claves de manera numérica. Este enfoque permite realizar análisis de costo-beneficio, comparar opciones de manera cuantitativa y evaluar la viabilidad económica y financiera del proyecto. El diseño de la investigación es de naturaleza no experimental, ya que no implica la manipulación de las variables bajo estudio. De tal manera que se basó en las características reales de los equipos, calculando costos e ingresos según la realidad, sin intervenir selectivamente en los datos.

La investigación adopta un enfoque transversal, utilizando datos de referencia como costos, vida útil de equipos, precio de energía, inflación, entre otros, recopilados al inicio de la investigación y proyectados en el tiempo mediante técnicas de valoración del dinero en el tiempo.

El alcance de la investigación es descriptivo, compuesto por un estudio técnico que determinó el tamaño óptimo de la planta fotovoltaica y del sistema de baterías, y una evaluación financiera que determinará la viabilidad económica del proyecto.

El estudio técnico se apoyó en programas computacionales que permitieron realizar

simulaciones que definieron el tamaño ideal de la planta y del sistema de baterías. Asimismo, en la evaluación financiera se calculó la Tasa Interna de Retorno (TIR) para determinar la rentabilidad financiera del proyecto.

Por consiguiente, la Figura 10 ilustra el enfoque y método utilizado en la presente investigación.

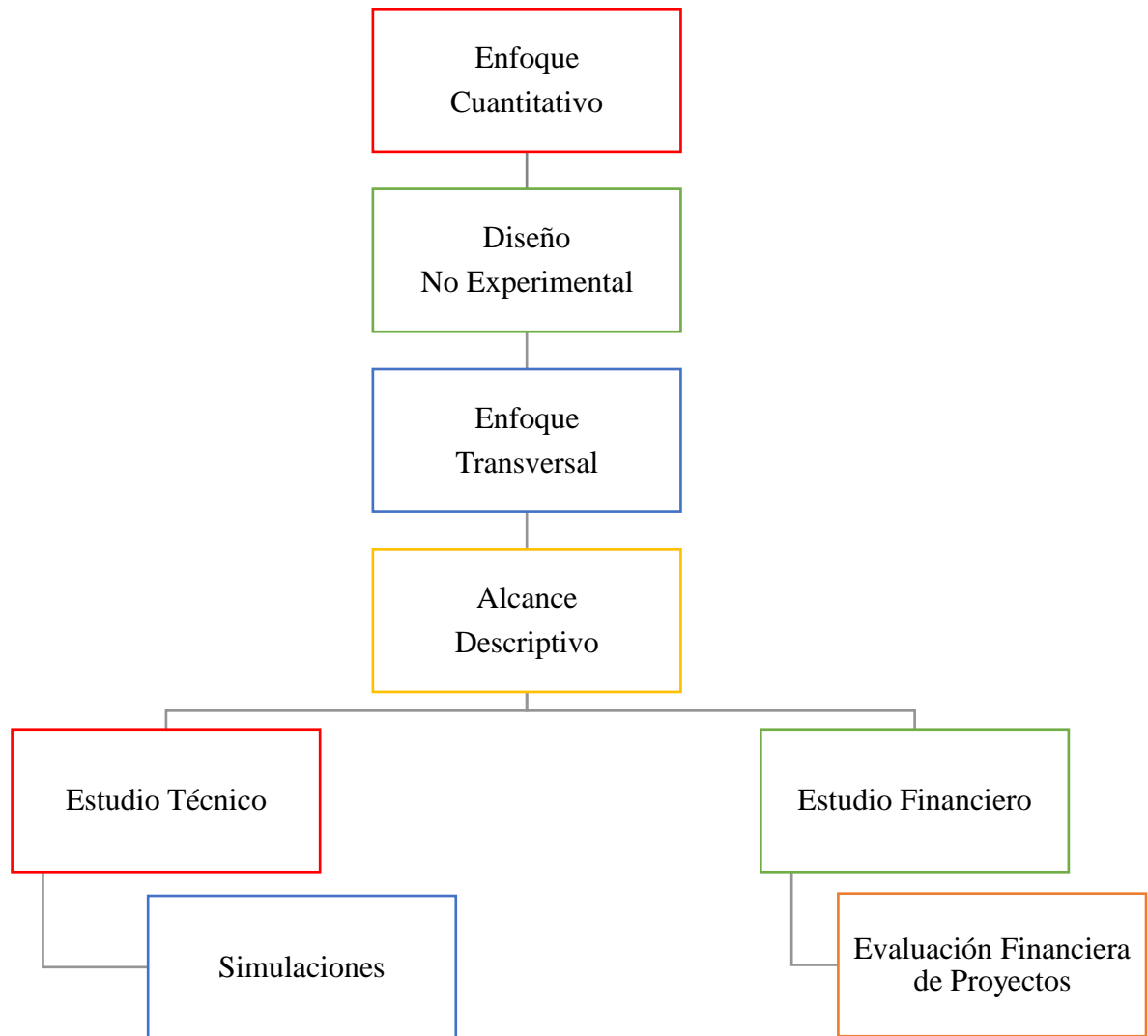


Figura 10. Enfoque y Método de Investigación.

Fuente: (Propia, 2023)

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En la Tabla 5 se muestra a detalle las actividades a realizar para cumplir con los objetivos

de la investigación.

Tabla 5. Actividades a Realizar.

FASE	ACTIVIDAD	RECURSOS		DURACIÓN	RESPONSABLE		
		HUMANOS	MATERIALES				
1	Estudio Técnico	1	Dimensionar el sistema BESS requerido por la planta Choluteca I.	2 personas	PVSyst	3 días	Carlos Cano Walter López
		2	Determinar la localización óptima del sistema BESS dentro de la planta.	2 personas	Google Earth	1 día	Carlos Cano Walter López
		3	Simulación diseño previo y después de la instalación del sistema de BESS	2 personas	PVSyst Microsoft Excel	2 días	Carlos Cano Walter López
		4	Realizar ajustes al diseño acorde a los resultados obtenidos en la primera simulación.	2 personas	PVSyst Microsoft Excel	2 día	Carlos Cano Walter López
2	Estudio Financiero	5	Estimar los costos de la Inversión	2 personas	Microsoft Excel	3 días	Carlos Cano Walter López
		6	Realizar la Evaluación Financiera del Proyecto.	2 personas	Microsoft Excel	2 días	Carlos Cano Walter López
		7	Hacer un Análisis de Sensibilidad	2 personas	Microsoft Excel	2 días	Carlos Cano Walter López
3	Otros	8	Análisis y Conclusiones	2 personas	Microsoft Word	1 semana	Carlos Cano Walter López

Fuente: (Propia, 2023).

3.3.1 POBLACIÓN

Dentro del ámbito de la factibilidad de implementar un sistema de almacenamiento de

energía con baterías (BESS) en la Planta Solar Choluteca I, se destaca que, debido a las características particulares del estudio, no se dispuso de una población específica para llevar a cabo un análisis. En este caso, la investigación se centró en evaluar la viabilidad de la planta solar con sistema de baterías en un sitio y condiciones específicas, siendo este enfoque no estadístico y orientado en circunstancias particulares de la instalación.

3.3.2 MUESTRA

Considerando lo anterior, donde no se determinó una población específica, nuestro enfoque difiere de seleccionar una muestra típica. En lugar de eso, nos concentramos en comprender la Planta Solar Choluteca I en su totalidad, evitando la elección de partes específicas para el análisis. Esto se debió a que la investigación se centra en entender cómo la implementación de un sistema de almacenamiento de energía con baterías podría operar en ese lugar específico, sin buscar hacer generalizaciones para una población más extensa. Es decir, en este contexto, la muestra es indeterminada.

3.4 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS

3.4.1 TÉCNICAS

La evaluación técnica y financiera para la implementación del sistema de almacenamiento de energía con baterías (BESS) en la Planta Solar Choluteca I se llevó a cabo mediante diversas técnicas:

1. **Recolección de Documentos:** Inicialmente, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre plantas solares, sistemas de almacenamiento de energía y las leyes actuales pertinentes para identificar las opciones más adecuadas desde el punto de vista técnico y financiero para la planta Choluteca I.
2. **Entrevistas:** Se realizaron entrevistas a profesionales expertos en proyectos similares para obtener asesoramiento sobre detalles técnicos específicos del diseño y consideraciones financieras, contribuyendo así a una evaluación más precisa y adaptada a la implementación del sistema BESS en la planta Choluteca I.
3. **Estudio Técnico de Proyectos:** Se realizó este análisis con la finalidad examinar si las características propias de la planta como ser su diseño y disponibilidad de terreno, además de las especificaciones técnicas de operación de los equipos y la distribución de estos, dentro de

la planta, permiten la integración de un sistema BESS. De tal manera, poder determinar los requisitos mínimos que el sistema BESS debe cumplir para operar de la mejor manera dentro de la planta.

4. Estudio Económico de Proyectos: Se realizó este análisis para determinar los flujos netos de efectivos proyectados a 20 años, estimando la producción, ingresos, costos e inversión requerida para la implementación del proyecto de implementar el sistema BESS en la planta solar Choluteca I.
5. Evaluación Económica de Proyectos: Se realizó con la finalidad de determinar la rentabilidad económica del proyecto en un horizonte temporal de 20 años, utilizando indicadores como la tasa de descuento, VAN, TIR, índice Beneficio/Costo y el Periodo de Retorno de la Inversión.
6. Históricos de Demanda y Energía suministrada por la planta: Se obtuvieron históricos de demanda y energía producidos por la planta Solar Choluteca I. Los cuales están disponibles en el portal oficial del Centro Nacional de Despacho (CND).
7. Catálogos de Equipos: Se recopilaron catálogos electrónicos de algunos sistemas BESS disponibles en el mercado de distintos fabricantes con la finalidad de examinar las características técnicas de los equipos para identificar los que mejor se integren con la Planta Solar existente.
8. Cotizaciones: Una vez definido el diseño mediante el estudio técnico, se calcularon los costos de los equipos y su instalación a través de cotizaciones obtenidas de los proveedores, considerando las particularidades de la implementación del sistema BESS en la planta Choluteca I.

3.4.2 INSTRUMENTOS

Para la realización de la investigación nos auxiliaremos de los siguientes instrumentos:

1. Microsoft Excel: Esta herramienta se utilizó para realizar los cálculos que permitieron determinar la Tasa Interna de Retorno (TIR) considerando los flujos estimados, la inversión inicial y el tiempo de operación del proyecto en diferentes escenarios.
2. Google Earth: Tal como se mencionó en la sección 2.3.3.4. A través de imágenes satelitales

detalladas y mapas tridimensionales, la plataforma permitió visualizar infraestructuras existentes, optimizando la integración del sistema BESS en la red eléctrica. Asimismo, facilitó la planificación de la disposición física de los sistemas BESS, permitiendo la consideración de la orientación y sombreado en relación con los paneles solares.

3. **Simulador Nasa Prediction of Worldwide Energy Resource:** Con esta herramienta la NASA ofrece una valiosa herramienta para la evaluación y planificación de recursos energéticos a nivel global. Por lo tanto, nos permitirá hacer predicciones precisas sobre la disponibilidad y distribución de recursos energéticos, basadas en datos satelitales y modelos climáticos avanzados. Este simulador permite a los investigadores y profesionales del sector energético analizar el potencial de generación de energía solar en diferentes regiones del mundo, facilitando la toma de decisiones estratégicas en la implementación de proyectos solares y la optimización de la infraestructura energética a escala internacional (NASA, 2023).
4. **Software Meteonorm:** Es una herramienta esencial en la planificación y evaluación de proyectos energéticos, especialmente aquellos relacionados con fuentes renovables como la energía solar. Meteonorm proporciona datos climáticos detallados y fiables, basados en mediciones reales y modelos climáticos, permitiendo a los profesionales de la energía realizar análisis precisos del potencial solar en ubicaciones específicas. Su capacidad para generar series temporales de datos meteorológicos es crucial para la simulación y modelado de sistemas de energía renovable, facilitando la toma de decisiones informada en la instalación de plantas solares y la optimización de su rendimiento en diversas condiciones climáticas (Meteonorm, 2023).
5. **Software PVSyst:** Es una herramienta esencial en todas las fases de desarrollo y gestión de proyectos solares fotovoltaicos. Desde el diseño preliminar hasta la optimización detallada, la herramienta ofrece simulaciones precisas que consideran variables como la ubicación, inclinación, orientación y sombras, garantizando la máxima eficiencia del sistema. De tal manera que será utilizada para realiza un análisis a largo plazo para evaluar la viabilidad económica, identifica pérdidas y factores que afectan el rendimiento mediante la elaboración de un informe (PVSyst, 2023).
6. **Matrices de Criterios de Selección:** esta herramienta resultó esencial para evaluar y comparar diversos sistemas BESS disponibles en el mercado. De tal manera que proporcionó un marco

estructurado para ponderar y clasificar criterios clave, como densidad energética, capacidad de descarga, eficiencia, tamaño compacto, compatibilidad con el espacio disponible, vida útil y mantenimiento. La matriz permitió una toma de decisiones fundamentada, al asignar ponderaciones a cada criterio según su importancia relativa, facilitando así la identificación del sistema BESS más adecuado para optimizar la eficiencia y operación de la planta solar, contribuyendo a la viabilidad técnica del proyecto.

7. **Análisis de Sensibilidad:** Este instrumento se utilizó para evaluar la robustez y resiliencia financiera del proyecto frente a posibles cambios en variables clave. Al utilizar el análisis de sensibilidad, se pudo identificar y cuantificar los efectos de variaciones en factores como costos de implementación, tasas de interés, precios de energía y vida útil del sistema BESS. Esta herramienta permitió comprender cómo estas variables impactan en los indicadores financieros, como el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), ofreciendo así una visión más completa y realista de la viabilidad económica del proyecto y respaldando la toma de decisiones estratégicas.

3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN

De acuerdo con Torres et al. (2020) una investigación es científicamente válida al estar sustentada en información verificable, que responda lo que se pretende demostrar con la hipótesis formulada. Para ello, es imprescindible realizar un proceso de recolección de datos en forma planificada y teniendo claros objetivos sobre el nivel y profundidad de la información a recolectar. En este contexto, las fuentes de información desempeñan un papel fundamental al proporcionar el sustento necesario para respaldar las ideas, argumentos y conclusiones presentadas en una tesis.

3.5.1 FUENTES PRIMARIAS

Las fuentes primarias son esenciales y deben provenir de documentos académicos, profesionales y certificados para asegurar su credibilidad. Estas fuentes han surgido como parte o resultado de investigaciones anteriores, cuyos hallazgos se derivaron mediante el uso de enfoques y técnicas científicas. Un ejemplo ilustrativo es el planteamiento de Torres et al. (2020), quienes sostienen que "las fuentes primarias abarcan aquellos recursos en los cuales los datos se originan directamente de la población o de una muestra representativa de la misma".

Para garantizar la apropiada recopilación de datos, es imperativo adquirirlos mediante métodos de investigación previamente establecidos. En este sentido, se han empleado como fuentes primarias: los datos históricos de energía y demanda despachada por la Planta Solar Choluteca I disponibles en el portal de internet oficial del CND, la base de datos predicción sobre los recursos energéticos mundiales proporcionada por NASA y la base de datos brindada por el Software de meteorología Meteonorm que brinda los datos de irradiación mundial.

3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS

Este tipo de fuentes son las que ya han procesado información de una fuente primaria. El proceso de esta información se pudo dar por una interpretación, un análisis, así como la extracción y reorganización de la información de la fuente primaria (Maranto Rivera & González Fernández, 2015, pág. 3). Por consiguiente, en esta investigación se utilizaron como fuentes secundarias, la información proveniente de: libros o secciones de libros de diferentes autores (a excepción de los aportes originales, que son considerados fuentes primarias), documentos de sitios web, artículos de revistas, leyes, reglamentos y normativas, tesis de ejemplos disponibles en el CRAI, manuales (fondo y forma), etc.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo exploraremos los resultados y análisis de nuestra investigación sobre la viabilidad de implementar un sistema de almacenamiento de energía (BESS) en la planta solar de Cholulteca I. Los datos recopilados nos ofrecen información detallada sobre la viabilidad técnica y los beneficios económicos asociados con esta tecnología. Los resultados se centran en cómo el BESS puede mejorar la rentabilidad de la generación solar, abordando la variabilidad de la energía. Además, examinamos cómo esta solución se compara económicamente con los métodos convencionales. Con la presentación clara de estos resultados, buscamos respaldar la idea de que integrar un sistema BESS en una planta solar es una opción técnicamente viable y económicamente rentable para avanzar hacia una generación de energía renovable más eficiente.

4.1 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

A continuación, se describe el proceso de recolección de datos realizado para la elaboración del estudio técnico y económico destinado a determinar la rentabilidad del proyecto de integrar un sistema BESS en la planta solar.

En el ámbito técnico, el análisis se inicia con una descripción minuciosa de la planta solar, comprendiendo su capacidad instalada y la tecnología empleada. Este paso es esencial para contextualizar el proyecto y entender su funcionamiento intrínseco. Posteriormente, se aborda la determinación de la demanda satisfecha por la planta, utilizando registros históricos para identificar patrones y optimizar la capacidad de respuesta. En este punto, el estudio se torna hacia la necesidad de implementar un sistema BESS, cuya capacidad se determina mediante un análisis exhaustivo de las fluctuaciones en la generación solar y la demanda eléctrica.

La fase siguiente abarca la investigación de las tecnologías BESS disponibles en el mercado. Este proceso implica evaluar parámetros como la capacidad de almacenamiento, eficiencia y vida útil de cada sistema. La selección final se realiza a través de herramientas diversas, desde cotizaciones y catálogos de equipos. Además, se realiza un análisis espacial utilizando herramientas como Google Earth para evaluar aspectos geográficos que podrían influir en la implementación del sistema BESS.

Por otro lado, el estudio económico constituye una fase crucial en la toma de decisiones. Por consiguiente, se continuó con la determinación de la energía adicional a producir y entregar mediante el BESS se efectúa considerando los patrones de generación y demanda utilizando el

software PVSyst, Meteonorm y la base datos de la NASA, con la finalidad de aumentar la productividad de la planta.

De igual forma, se realizó la evaluación de los ingresos por la venta estratégica de energía almacenada y los costos asociados con la producción, mantenimiento y operación del sistema constituye un componente integral del análisis económico. Asimismo, se identificó la inversión inicial necesaria y la búsqueda de fuentes de financiamiento potenciales añaden complejidad al estudio. De la misma manera, se prosiguió con la determinación de la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) que se convierte en un elemento clave para evaluar la viabilidad financiera del proyecto. Además, se proyectaron los flujos de caja a lo largo del tiempo, proporcionando una visión clara de los ingresos y costos asociados con la implementación del sistema BESS. Finalmente, el cálculo de indicadores financieros como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión para cerrar el análisis económico, ofreciendo una evaluación integral de la rentabilidad del proyecto.

4.2 ANÁLISIS DE VIABILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO

En este apartado se busca evaluar la posibilidad de integrar el sistema BESS a la planta Solar Choluteca I. De tal manera que este estudio se enfocó en analizar la idoneidad de diversas tecnologías BESS, considerando criterios clave como densidad energética, eficiencia, capacidad de carga y descarga, vida útil, dimensionamiento físico, área requerida para su instalación y mantenimiento.

4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA SOLAR

La Planta Solar Choluteca I se encuentra ubicada en el Municipio de Choluteca, Departamento de Choluteca, en la comunidad de San José de la Landa, en las coordenadas UTM 16P 477256.00 m E, 1462199.00 m N. Véase Figura 11.

La Planta Solar tiene instalado 20 paneles solares de 154 strings cada uno con células fotovoltaicas de silicio policristalino de la marca Suntech, modelo STP290-24/VD distribuido en 20 transformadores de 1 MVA cada uno, que elevan el voltaje de 480V a 34.5 KV que a su vez están conectado al transformador T636 de 120 MVA que eleva el voltaje de 34.5 KV a 230 KV, despachando así la energía a través de la línea de transmisión L636 de 230 KV conectada a la subestación Santa Lucía, tal como se muestra en la Figura 12.

Choluteca I tiene una capacidad de 20 MW instalada en un área de 60 hectáreas, tal como

se muestra en la Figura 13.

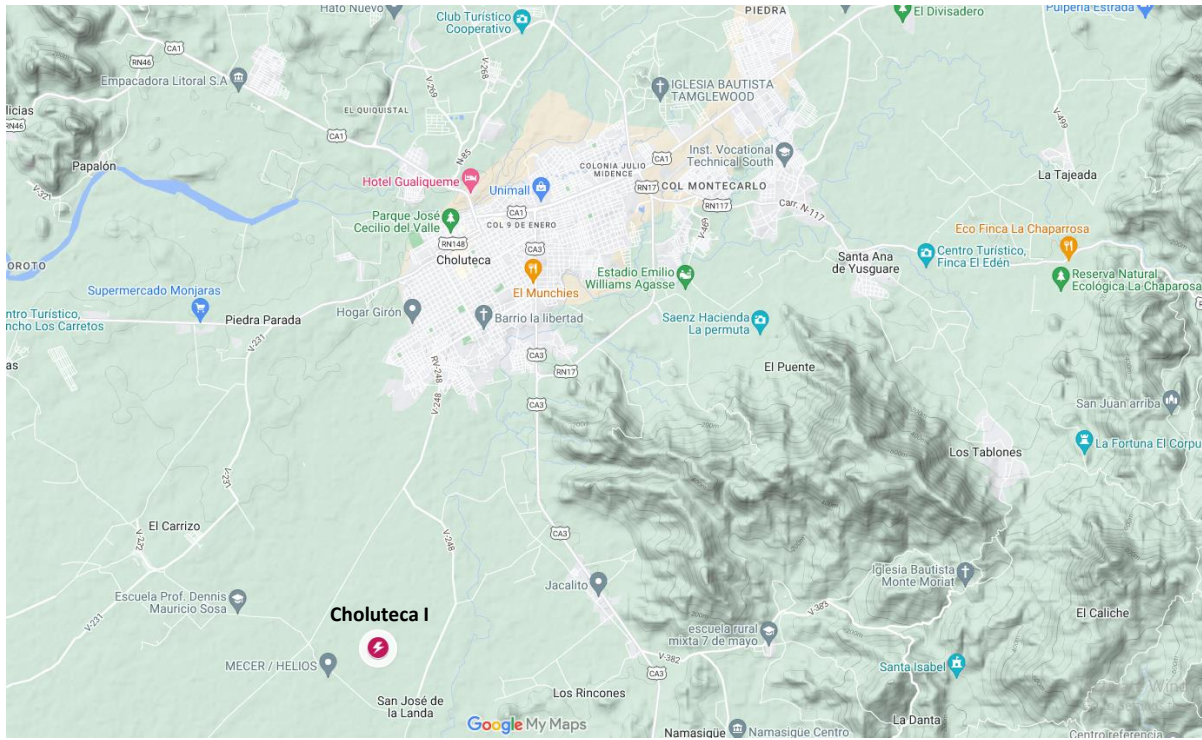


Figura 11. Ubicación de la Planta Solar Choluteca I.

Fuente: (Google Maps, 2023).

DIAGRAMA UNIFILAR CHOLUTECA I - ACTUAL

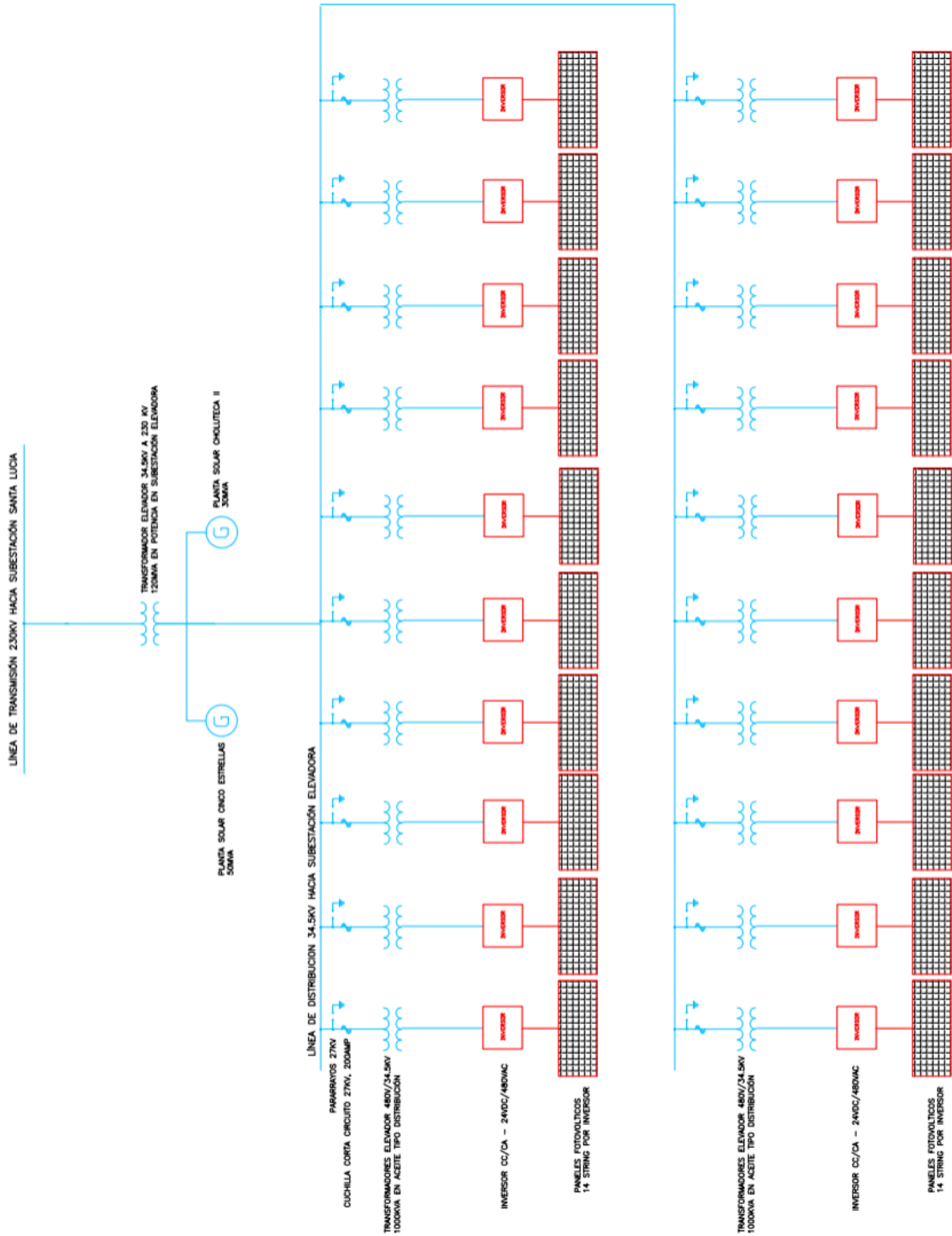


Figura 12. Diagrama Eléctrico Actual de la Planta Solar Choluteca I.

Fuente: (Propia, 2023).

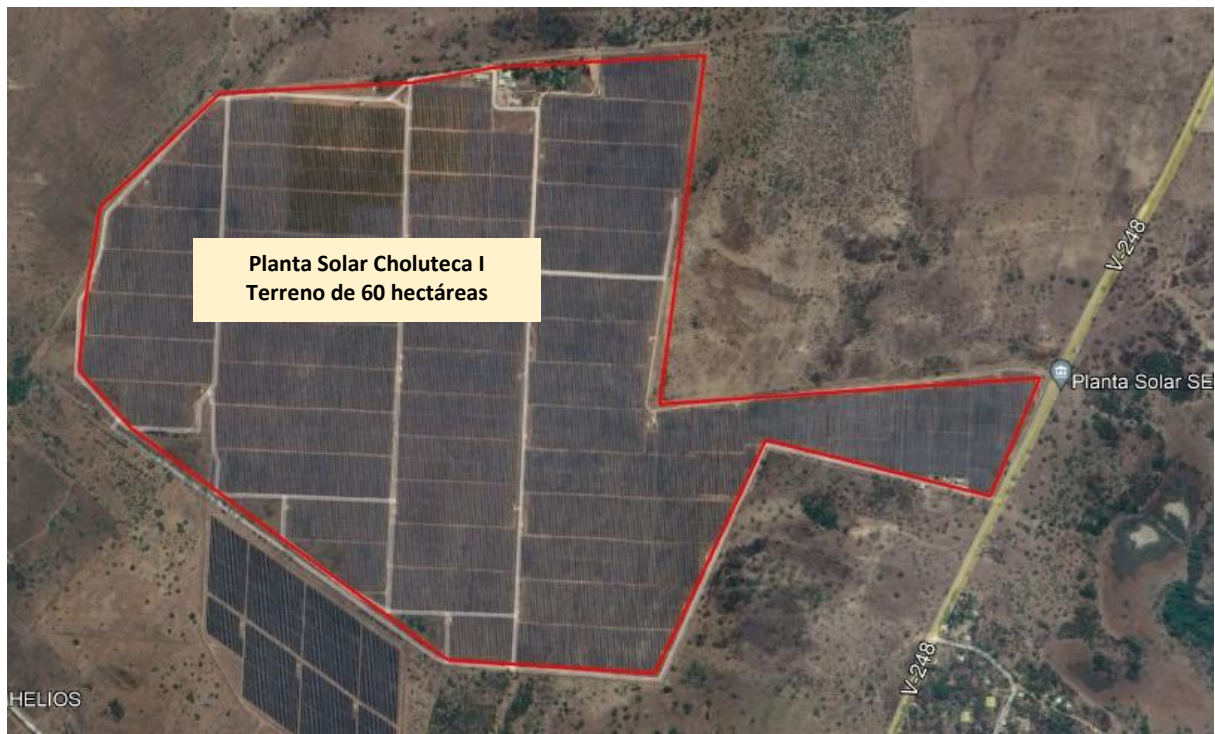


Figura 13. Terreno de la Planta Solar Choluteca I.

Fuente: (Google Earth, 2023)

4.2.2 DEMANDA ELÉCTRICA SATISFECHA POR LA PLANTA

A pesar de que la producción de energía ha caído a un 13% desde el 2019 al 2022, según datos del CND (Figura 14), se observa que la planta solar ha venido despachando entre 3.53 GWh y 4.13 GWh en promedio, siendo el mes de marzo el de mayor producción (ver Tabla 6). La Figura 15 muestra este comportamiento mensual en los últimos 4 años. De igual forma, en la Figura 16 podemos apreciar, de una muestra de datos tomada de los últimos 3 meses (septiembre a noviembre), la curva horaria típica de demanda que ha tenido la planta solar donde se observa que la planta opera 12 horas diaria en el horario de 06:00 – 18:00, en donde su horario de mayor producción es de 10:00 – 14:00 supliendo una demanda arriba de 16.0 MW, superando los 18.0 MVA a pleno mediodía.

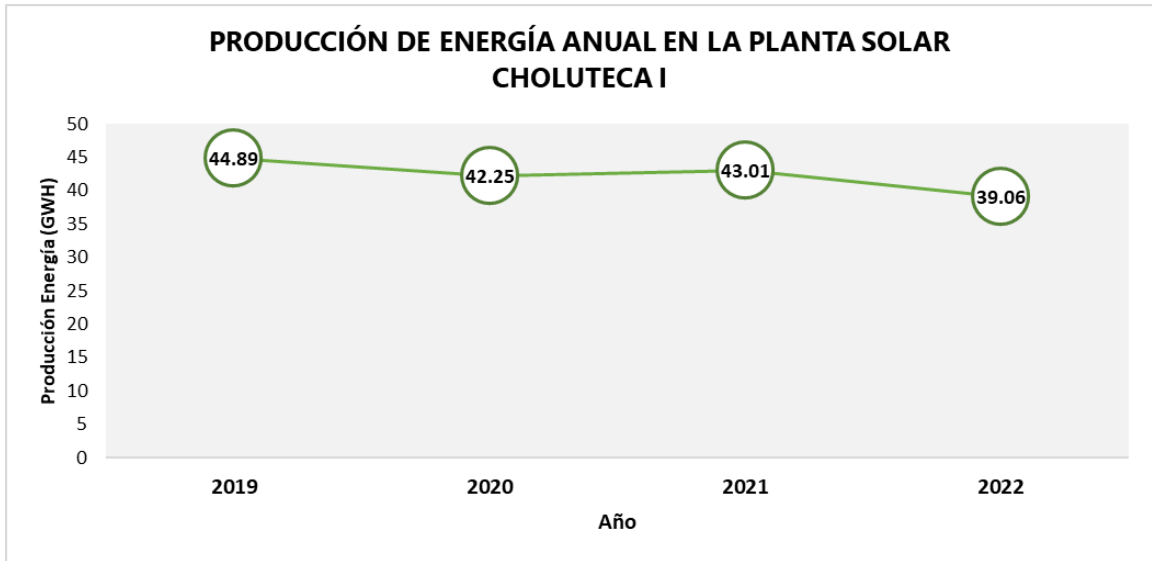


Figura 14. Producción de Energía Anual de Planta Solar Cholteca I

Fuente: (Centro Nacional de Despacho, 2023).

Tabla 6. Producción de Energía Mensual de Planta Solar Cholteca I

Producción Energía (GWh)				
Mes	2019	2020	2021	2022
Ene	3.94	3.81	3.44	3.68
Feb	3.64	3.91	3.51	3.30
Mar	4.43	4.31	3.90	3.89
Abr	3.70	3.93	3.79	3.60
May	3.31	3.41	3.92	3.31
Jun	3.85	3.34	3.66	2.84
Jul	3.95	3.87	3.57	3.35
Ago	3.89	3.53	3.44	3.13
Sep	3.76	3.64	3.30	2.78
Oct	3.51	3.36	3.66	2.78
Nov	3.39	2.26	3.42	3.07
Dic	3.53	2.88	3.41	3.34
Total	44.89	42.25	43.01	39.06
Producción de GWh Promedio Mensual:				3.53
Producción de GWh Promedio en los meses de mayor producción (marzo):				4.13

Fuente: (Centro Nacional de Despacho, 2023).

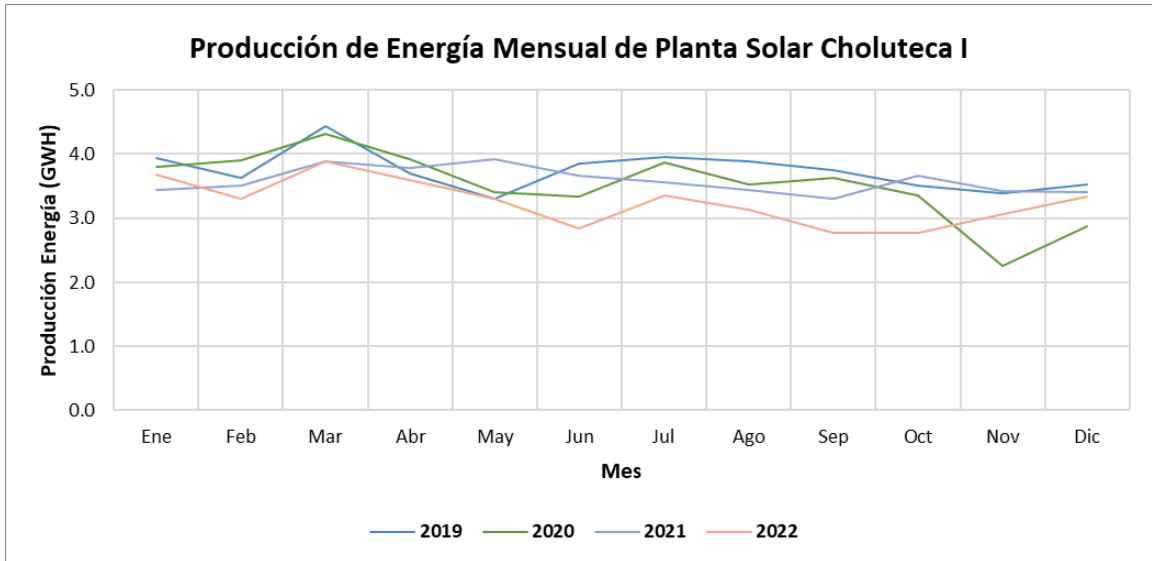


Figura 15. Producción de Energía Mensual en Planta Solar Choluteca I.

Fuente: (Centro Nacional de Despacho, 2023).

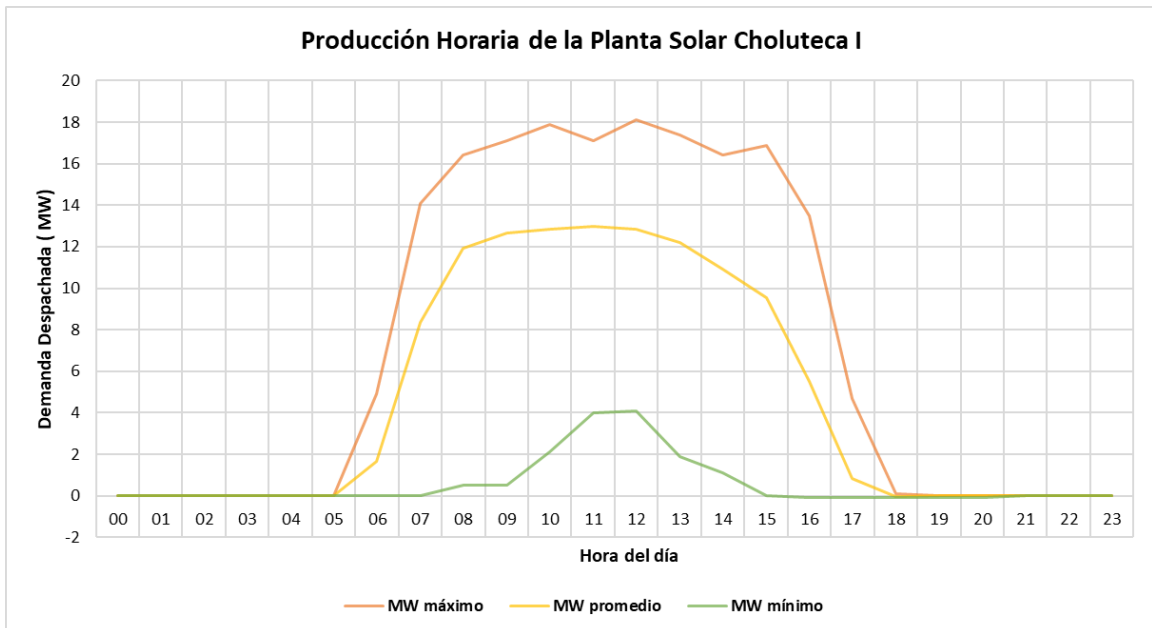


Figura 16. Producción Horaria en Planta Solar Choluteca I

Fuente: (Centro Nacional de Despacho, 2023).

4.2.3 CAPACIDAD DE SISTEMA BESS REQUERIDO

En la Figura 17, se muestra la ubicación de cada uno de los transformadores dentro de la planta, en donde cada espacio tiene, en promedio, un área de 1,120 (14 x 80) metros cuadrados como se mira en la Figura 18. Por lo que la intención es instalar, de forma distribuida, un banco de baterías BESS a cada inversor. De tal manera, que la energía que no se despache a través del transformador, esta se almacene en el banco de baterías BESS para luego ser liberada posteriormente en los horarios de alta demanda y baja producción. En la Figura 19, se propone la forma de cómo se conectaría un banco de batería BESS.

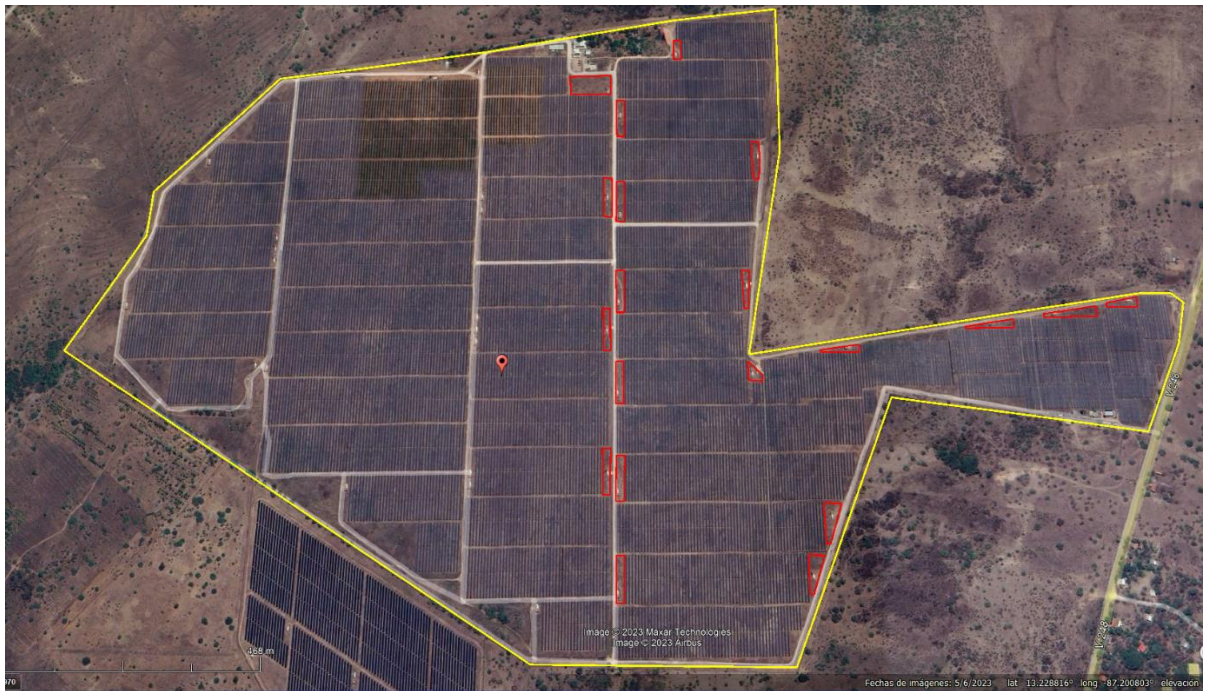


Figura 17. Ubicación de Transformadores en la Planta Solar Choluteca I.

Fuente: (Google Earth, 2023).



Figura 18. Área Típica de Ubicación de Transformadores.

Fuente: (Google Earth, 2023).

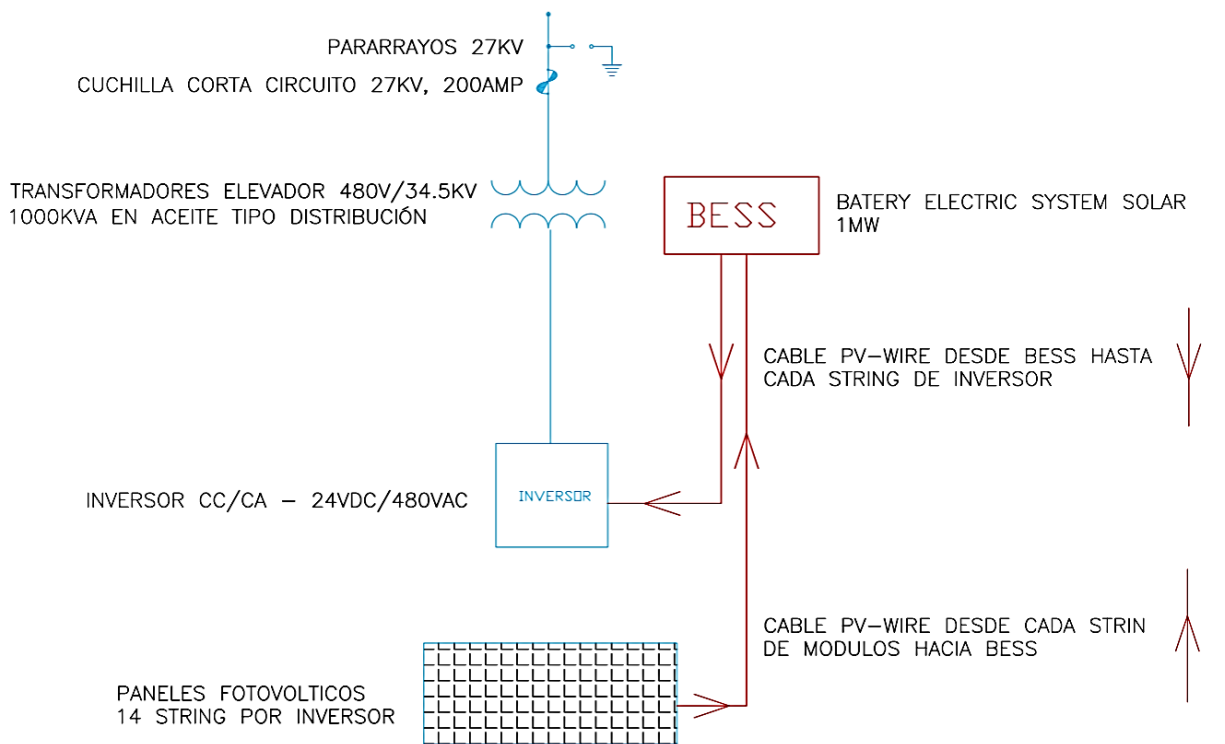


Figura 19. Diagrama Eléctrico de un Sistema BESS integrado a Inversor y Transformador.

Fuente: (Propia, 2023).

4.2.4 TÉCNOLOGÍAS DE SISTEMAS BESS DISPONIBLES EN EL MERCADO

Se ha determinado utilizar las baterías con tecnología Ion-Litio a pesar de su mayor costo. Sin embargo, este es compensado por la ventaja de ofrecer una larga duración, una mayor temperatura de operación y mayor eficiencia (Véase Tabla 1).

Asimismo, antes de seleccionar el Sistema BESS óptimo para la planta, ha sido necesario investigar de las opciones disponibles en el mercado, empezando con la identificación de los potenciales proveedores, de los cuales se consultaron las siguientes fabricas dedicadas al rubro (véase Tabla 7):

Tabla 7. Algunos Proveedores de Baterías BESS.

No.	Proveedor	Dirección	Sitio Web	Correo Electrónico	Teléfono
1	Samsung SDI	3655 North 1st Street, San Jose, CA 95134, USA.	www.samsungsdi.com	hk1.kim@samsung.com	+1 408 544 4491
2	Contemporary Amperex Technology Co., Ltd. (CATL)	No. 2, Xingang Road, Zhangwan Town, Jiaocheng District, Ningde, Fujian, P.R. China	www.catl.com		+86 593 2583668
3	Panasonic Industry Co., Ltd.	1006, Oaza Kadoma, Kadoma-shi, Osaka 571-8506, Japan	industrial.panasonic.com/ac/e		+1 800 344 2112
4	TROES	3600 Steeles Ave. E Markham, ON, Canada L3R9Z7	www.troescorp.com	info@troescorp.com support@troescorp.com	+1 888 998 7637
5	Tesla	1 Tesla Rd, Austin, TX 78725, United States	www.tesla.com/energy	press@tesla.com	
6	PKENERGY	902, Tower B, Hongrongyuan North Station Center, North Station Community, Minzhi Street, Longhua District, Shenzhen, China	https://pkenergypower.com /	info@pkenergypower.com	+861 5684161840

Fuente: (Propia, 2023).

Tras la identificación de los proveedores, se revisaron los catálogos en busca de sistemas de baterías BESS que cumplieran con los requisitos deseados. El único criterio utilizado fue la confirmación de que fueran de ion litio y con una capacidad de potencia de al menos 1 MW. De esta forma, obtuvimos el listado de opciones que se detalla en la Tabla 8.

Tabla 8. Algunos Sistemas BESS disponibles en el Mercado.

No.	Proveedor	Marca	Modelo	Capacidad (MW)	Capacidad de Carga/Descarga (kW)	Eficiencia de Conversión	Voltaje (V)	Fases	Tamaño (m3)	Peso	Vida Útil de la Batería	Comunicación
1	TROES	TROES	TI-1000-2488	1 MW	0.5c a 0.5c	98.00%	480.00	3	40 ft contenedor	36200 Kg	10 años	TCP/Modbus/RS485
2	Samsung SDI	Samsung	E3-R256	0.256 MW	0.5c a 6c	80.00%	N. D.	N. D	N. D.	1929 kg	15 años	
3	CATL	CATL	ENERC	3.72 MW	0.5c a 0.5c		1331.2	3	40 ft contenedor	35000 kg	20 años	
4	PKNERGY	PKNERGY	PK-BESS	1MW	N. D.	93.80%	480.00	3	40 ft contenedor	N. D.	20 años	TCP/RS485
5	TESLA	TESLA	Megapack	1MW	0.5c a 0.5c	92.00%	480.00	3	40 ft contenedor	84 lbs	20 años	TCP/Modbus/RS485

Fuente: (Catálogos de Distintos Fabricantes, 2023).

4.2.5 SELECCIÓN DEL SISTEMA BESS MAS ACORDE A LA PLANTA

Para elegir el sistema BESS que cumpla con los requisitos necesarios para garantizar el funcionamiento óptimo y deseado de la planta, se utilizaron una matriz de criterios de selección. Esta matriz se construyó considerando factores relevantes para la selección de un sistema BESS, a los cuales se les asignaron un valor ponderado según su importancia en la toma de decisiones, como se detalla en la Tabla 9. Posteriormente, se asignó a cada criterio una puntuación del 1 al 5, donde 1 indica insatisfactorio y 5 representa excelente. De este modo, se seleccionó el sistema BESS con la puntuación más alta. Tal resultado se visualiza en la Tabla 10.

Tabla 9. Matriz de Criterios de Selección de BESS.

No	Criterio de Selección	Ponderación
1	Densidad Energética (Wh/m3)	20%
2	Capacidad de Descarga (kW)	15%
3	Eficiencia de Conversión	15%
4	Tamaño y Peso Compacto	10%
5	Compatibilidad con el Espacio Limitado	10%
6	Vida Útil de la Batería	10%
7	Mantenimiento	10%
8	Se dispone de descripción detallada del Sistema de Baterías.	10%
	Total	100.00%

Fuente: (Propia, 2023).

Tabla 10. Matriz de Selección de Sistemas BESS.

No.	Criterio	Ponderación	TROES		Samsung		CATL		PKENERGY		TESLA	
			TI-1000-2488		E3-R256		ENERC		PK-BESS		Megapack	
			Punt.	Calif.	Punt.	Calif.	Punt.	Calif.	Punt.	Calif.	Punt.	Calif.
1	Capacidad de Almacenamiento	20%	5	1	1	0.2	1	0.2	5	1	5	1
2	Capacidad de Descarga	15%	5	0.75	2	0.3	5	0	1	0.15	5	0.75
3	Eficiencia de Conversión	15%	5	0.75	4	0.6	1	0.15	4	0.6	4	0.6
4	Tamaño y Peso Compacto	10%	5	0.5	1	0.1	5	0.5	5	0.5	5	0.5
5	Compatibilidad con el Espacio Limitado	10%	5	0.5	1	0.1	5	0.5	5	0.5	5	0.5
6	Vida Útil de la Batería	10%	3	0.3	2	0.2	5	0.5	5	0.5	5	0.5
7	Mantenimiento	10%	3	0.3	1	0.1	4	0.4	1	0.1	5	0.5
8	Soporte Técnico	10%	4	0.4	5	0.5	4	0.4	2	0.2	4	0.4
Total		100%	4.5		2.1		2.65		3.55		4.75	

Fuente: (Propia, 2023).

De tal manera que podemos observar que el de baterías BESS mejor puntuado fue el ofrecido por la compañía estadounidense Tesla seguido por la empresa canadiense TROES, por lo que consideramos contemplar cualquiera de estas opciones a adquirir.

4.2.6 REQUERIMIENTOS PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA BESS

Se realizó una cotización a un contratista con la capacidad de desarrollar el proyecto para estimar los recursos e inversión requerida para la implementación del sistema BESS en la planta solar Choluteca I, las cuales pueden ser consultadas en el Anexo 7. Ya con esta referencia, en la Tabla 11, se enlista recursos necesarios y sus costos estimados para la implementación de sistema de baterías BESS en la planta Solar de tal manera que quede acondicionado como lo muestra en el diagrama unifilar de la Figura 20. De esta forma, es como finalmente quedaría conectado el sistema, según la propuesta.

Tabla 11. Recursos Necesarios para Implementar BESS en la Planta Solar Choluteca I.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	
				C. UNIT	TOTAL
I	TRAMITES GUBERNAMENTALES				
1.00	Anexo al estudio de Medioambiente, para la instalación de sistemas BESS, en granja solar Choluteca 1. Se realizara el estudio que se agregara al estudio actual como un anexo.	GLB	1.00	\$ 30,431.67	\$ 30,431.67
2.00	Tramites de permisos Municipales y gubernamentales para la ejecución del proyecto, incluyendo constancias, certificados, timbres, planos, movilización y todo lo que este tramite involucre para la finalización.	GLB	1.00	\$ 46,329.18	\$ 46,329.18
II	OBRA CIVIL				
3.00	Corte de tierra en la ubicación de los equipos. Incluye la movilización de desechos adecuadamente.	UNIDAD	20.00	\$ 5,000.00	\$ 100,000.00
4.00	Suministro e instalación de tierra selecta en las posiciones de corte de terreno, incluyendo compactación.	UNIDAD	20.00	\$ 4,600.00	\$ 92,000.00
5.00	Armado de hierro con varilla de 3/8 legitima corrugada para plancha de concreto de XX x XX con una capacidad de carga de 5000PSI	UNIDAD	20.00	\$ 2,000.00	\$ 40,000.00
6.00	Fundición de plancha de concreto de con capacidad de carga de 5000 PSI, sobre armado de hierro, incluyendo sobre este vibrado de concreto, nivelación y cepillado.	UNIDAD	20.00	\$ 8,000.00	\$ 160,000.00
II	OBRA ELECTRICA				
7.00	Suministro de equipo compacto de Sistema de Almacenamiento de Energia solar "BESS" con composición química Ion-Litio, con una capacidad de 1 MW, capacidad de descarga de 0.5C. Incluyendo sobre este costo de importación, pagos de impuestos.	UNIDAD	20.00	\$ 602,266.00	\$ 12,045,320.00
8.00	Tramites de desaduanaje de equipo BESS	UNIDAD	20.00	\$ 90,339.90	\$ 1,806,798.00
9.00	Movilización de equipos BEES desde aduana Puerto Cortes hasta granja solar Choluteca 1, incluyendo sobre estos movimientos los costos de seguro d e movilización, seguro de daños directos, seguro de daños a terceros, grúa de montaje a plataforma de movilización y grúa de desmontaje de plataforma a plancha en sitio de instalación.	UNIDAD	20.00	\$ 14,000.00	\$ 280,000.00
10.00	Instalación de cableado de comunicación utp cat 6E en tubería eléctrica PVC sch40 de 1" desde los equipos hasta cuarto de control de PCS-BMS-EMS. Incluye pruebas de certificación de ponchado punto a punto y reporte de las mismas	UNIDAD	20.00	\$ 2,872.80	\$ 57,456.00
11.00	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde string de módulos solares hasta el BESS, incluyendo sobre este 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string, conectores MC4 en ambos puntos de conexión.	UNIDAD	280.00	\$ 5,745.60	\$ 1,608,768.00
12.00	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde BESS hasta inversor solar, incluyendo sobre este 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string del BESS hasta cada string del inversor en conexión punto a punto, conectores MC4 en ambos puntos de conexión.	UNIDAD	280.00	\$ 5,745.60	\$ 1,608,768.00
13.00	Pruebas y certificación de cableado pv-wire, mostrando curva de perdida y pruebas de megger indicando la capacidad en MOHM no menor a 1000MOH por cada prueba en T=1s, T=1m, T=5m	UNIDAD	560.00	\$ 360.00	\$ 201,600.00
14.00	Aprovisionamiento de equipos BESS con vendedor del mismo, sobre este incluyendo las pruebas de carga y descarga de los equipos que estén sobre los parámetros de fabricación.	UNIDAD	20.00	\$ 3,564.00	\$ 71,280.00
15.00	Configuración y aprovisionamiento de sistema de control de BESS, en cuarto de PCS-BMS-EMS. Incluyendo conexión a sistema scada con el actual sistema de flujo de información para generación de reportes de rendimiento.	GLB	1.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
TOTAL				\$	18,168,750.85

Fuente: (Propia, 2023).

DIAGRAMA UNIFILAR CHOLUTECA I - MODIFICADO CON BESS

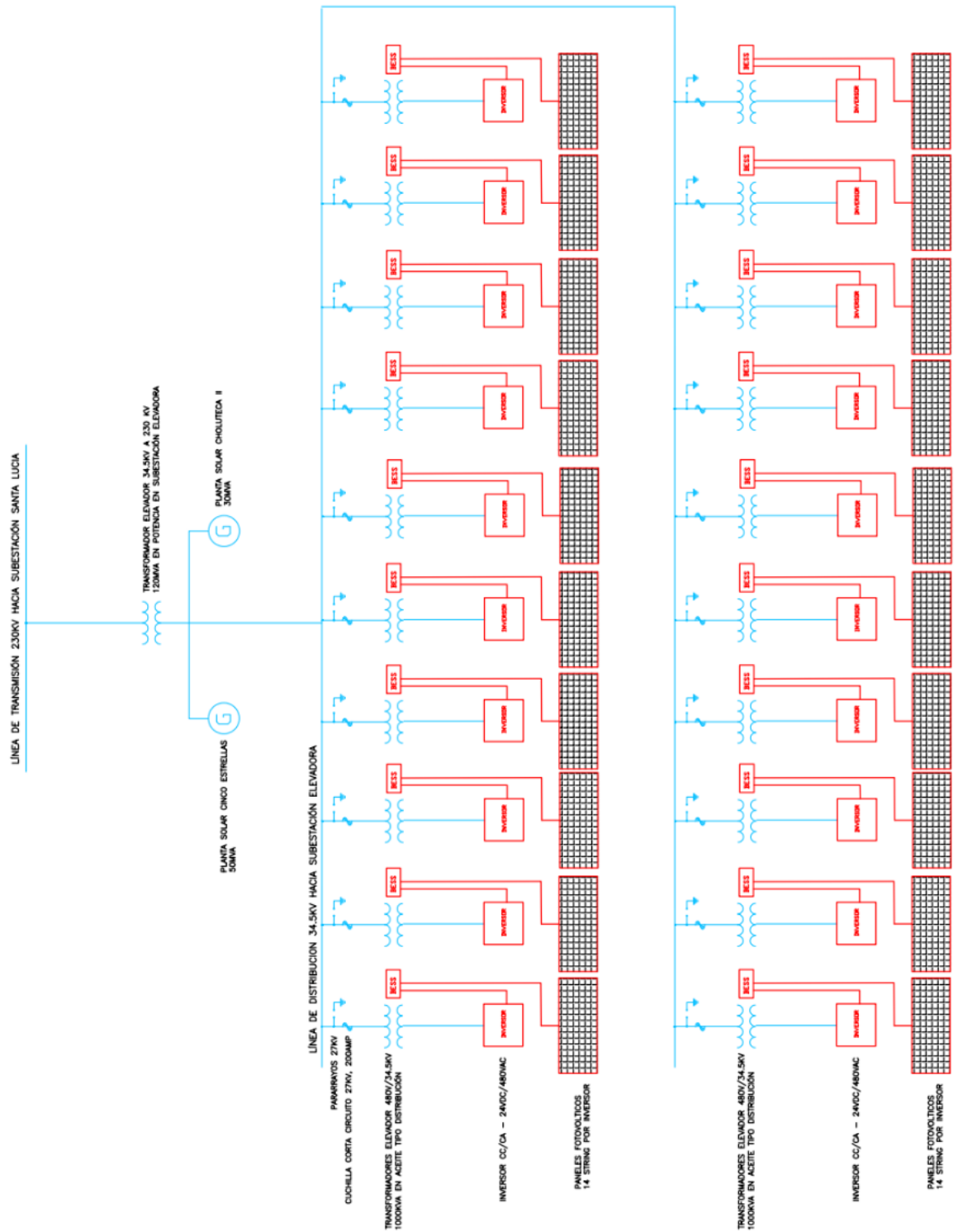


Figura 20. Diagrama Unifilar Propuesto de Planta Solar Choluteca I con BESS integrado.

Fuente: (Propia, 2023).

4.3 ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO

La importancia de este análisis es que radica en la capacidad de proporcionar una visión clara de los costos y beneficios asociados al proyecto para garantizar que este sea económicamente viable. Por consiguiente, en esta sección exploraremos los fundamentos que respaldan la viabilidad económica de la implementación del sistema BESS en la planta solar Choluteca I, reconociendo su papel central en el éxito integral del proyecto.

4.3.1 DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA CON BESS

Basándonos en las simulaciones realizadas en PVSyst (véase Figura 21) se determinó que para una potencia 1 MW, un porcentaje de descarga del 50%, un tiempo de descarga de 1 hora, los resultados muestran que la energía que el sistema puede entregar al año es de 598.407 MWh, que multiplicado por los 20 bancos de baterías de igual capacidad, podría almacenarse 11,968.14 MWh al año, energía adicional que estaría disponible a entregar al sistema para su venta en los horarios de baja demanda de la planta.

Según lo mostrado en la Figura 14, la generación anual alcanzada en 2019 fue equivalente a 44.89GWh y en el 2022 equivalente a 39.06 GWh. De esta manera, para el cumplimiento de los requerimientos ya mencionados en sección 2.1.1.7, sugerido por Lawder et al. (2014) de no de entregar más del 55% de la capacidad de generación instalada en la planta, en el transcurso de un año y según los 11.968 GWh que se podrían entregar anualmente, representa un 30.60%, en promedio, de la entrega de energía almacenada en BESS, considerando un 50% de descarga según la acumulación anual. Lo que ayudaría a mantener la vida útil de la batería de la batería acorde a las especificaciones del fabricante según Tabla 1.

4.3.2 CÁLCULO DE LOS INGRESOS DE PRODUCCIÓN

Se tomó como referencia el costo de US\$ 0.1382 por kWh como costo el de energía producida proveniente de fuente fotovoltaica (Diario La Prensa, 2022). De tal forma que se estima que anualmente la planta solar podría generar un ingreso de producción anual de \$1,653,997.

4.3.3 CÁLCULO DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN

En este caso, el único costo producción adicional al implementar el sistema BESS en la planta sería el de mantenimiento en sí del propio sistema que tiene un costo de \$8,830 al año con un incremento de 2% en los años subsiguientes, tal como lo publica el proveedor Tesla en su

portal de internet oficial.

4.3.4 DETERMINACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL

La implementación del sistema BESS en la planta solar Choluteca I requiere ejecutar gestiones administrativas y la adquisición de recursos para el montaje civil y eléctrico necesarios para la integración del sistema BESS en la planta. Por consiguiente, para llevar a cabo este proceso se estima que se requiere de inversión inicial de \$18,168,750.85, tal como lo muestra la Tabla 12.

Tabla 12. Inversión inicial estimada que se requiere para implementar BESS en la planta solar Choluteca I.

No.	Tipo de Inversión	Monto Estimado	Proporción
1	Tramites Gubernamentales	\$76,760.85	0.42%
2	Obra Civil	\$392,000.00	2.16%
3	Obra Eléctrica	\$17,699,990.00	97.42%
	Total	\$18,168,750.85	100%

Fuente: (Propia, 2023).



PVsyst V7.2.4
 VCO, Simulation date:
 27/07/21 23:37
 with v7.2.4

Project: CHOLUTECA_1
 Variant: NO_SHADING

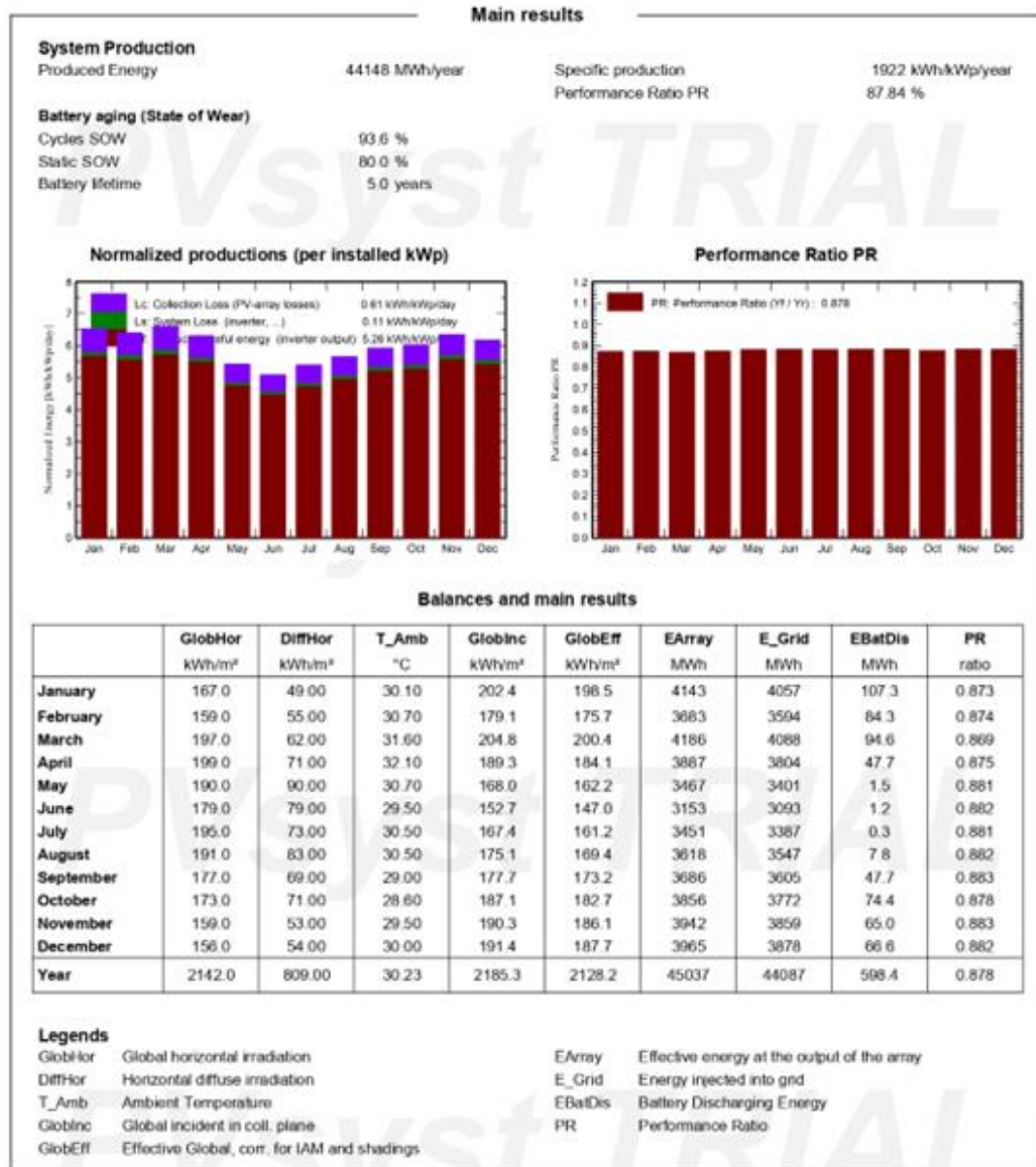


Figura 21. Simulación de la Energía Adicional Producida al Implementar BESS en la Planta.

Fuente: (PVsyst, 2023).

4.3.5 FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Para efectos de realizar el análisis el financiero, se ha considerado al Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), asumiendo, de forma conservadora, que financiará el 50% capital requerido de \$18,168,750.85 a una tasa de interés 11.74% al plazo de 15 años (Véase Anexo 9). De tal forma que el otro 50% quede financiado con recursos propios.

Asimismo, para el monto a financiar de \$9,084,375.43 se han calculado las anualidades para los plazos de 5, 10 y 15 años a intereses de 11.44%, 11.64% y 11.74% respectivamente. Véase la Tabla 13, Tabla 14 y Tabla 15.

Tabla 13. Cálculo de financiamiento a un plazo de 5 años.

Cálculo del Financiamiento				
Péstamo:	\$ 9,084,375.43	Anualidad:		\$ 2,485,226.42
Interés:	11.44%			
Años:	5			
Año	Interés	Pago de Fin de Año	Pago a Préstamo	Deuda Después del Pago
0				\$ 9,084,375.43
1	\$ 1,039,252.55	\$ 2,485,226.42	\$ 1,445,973.87	\$ 7,638,401.56
2	\$ 873,833.14	\$ 2,485,226.42	\$ 1,611,393.28	\$ 6,027,008.28
3	\$ 689,489.75	\$ 2,485,226.42	\$ 1,795,736.67	\$ 4,231,271.61
4	\$ 484,057.47	\$ 2,485,226.42	\$ 2,001,168.94	\$ 2,230,102.67
5	\$ 255,123.75	\$ 2,485,226.42	\$ 2,230,102.67	\$ 0.00
	\$ 3,341,756.65	\$ 12,426,132.08	\$ 9,084,375.43	

Fuente: (Propia; 2023).

Tabla 14. Cálculo de financiamiento a un plazo de 10 años.

Cálculo del Financiamiento				
Péstamo:	\$ 9,084,375.43	Anualidad:		\$ 1,584,170.06
Interés:	11.64%			
Años:	10			
Año	Interés	Pago de Fin de Año	Pago a Préstamo	Deuda Después del Pago
0				\$ 9,084,375.43
1	\$ 1,057,421.30	\$ 1,584,170.06	\$ 526,748.76	\$ 8,557,626.66
2	\$ 996,107.74	\$ 1,584,170.06	\$ 588,062.32	\$ 7,969,564.35
3	\$ 927,657.29	\$ 1,584,170.06	\$ 656,512.77	\$ 7,313,051.57
4	\$ 851,239.20	\$ 1,584,170.06	\$ 732,930.86	\$ 6,580,120.72
5	\$ 765,926.05	\$ 1,584,170.06	\$ 818,244.01	\$ 5,761,876.71
6	\$ 670,682.45	\$ 1,584,170.06	\$ 913,487.61	\$ 4,848,389.10
7	\$ 564,352.49	\$ 1,584,170.06	\$ 1,019,817.57	\$ 3,828,571.53
8	\$ 445,645.73	\$ 1,584,170.06	\$ 1,138,524.34	\$ 2,690,047.19
9	\$ 313,121.49	\$ 1,584,170.06	\$ 1,271,048.57	\$ 1,418,998.62
10	\$ 165,171.44	\$ 1,584,170.06	\$ 1,418,998.62	\$ -0.00
	\$ 4,598,351.59	\$ 7,920,850.31	\$ 3,322,498.72	

Fuente: (Propia, 2023).

De tal forma que se puede observar que para el plazo de 5 años se ha obtenido una anualidad de \$2,485,226.42. Para un plazo de 10 años, se requerirá el desembolso de una anualidad de \$ 1584,170.06. y para un plazo de 15 años, la cuota anual será de \$1,315,338.40. Así que estas son opciones que hay que tomar en cuenta si no se cuenta con los fondos propios para invertir.

Tabla 15. Cálculo de financiamiento a un plazo de 15 años.

Cálculo del Financiamiento				
Péstamo:	\$ 9,084,375.43	Anualidad:		\$ 1,315,338.40
Interés:	11.74%			
Años:	15			
Año	Interés	Pago de Fin de Año	Pago a Préstamo	Deuda Después del Pago
0				\$ 9,084,375.43
1	\$ 1,066,505.67	\$ 1,315,338.40	\$ 248,832.72	\$ 8,835,542.70
2	\$ 1,037,292.71	\$ 1,315,338.40	\$ 278,045.69	\$ 8,557,497.02
3	\$ 1,004,650.15	\$ 1,315,338.40	\$ 310,688.25	\$ 8,246,808.77
4	\$ 968,175.35	\$ 1,315,338.40	\$ 347,163.05	\$ 7,899,645.72
5	\$ 927,418.41	\$ 1,315,338.40	\$ 387,919.99	\$ 7,511,725.73
6	\$ 881,876.60	\$ 1,315,338.40	\$ 433,461.80	\$ 7,078,263.93
7	\$ 830,988.19	\$ 1,315,338.40	\$ 484,350.21	\$ 6,593,913.71
8	\$ 774,125.47	\$ 1,315,338.40	\$ 541,212.93	\$ 6,052,700.79
9	\$ 710,587.07	\$ 1,315,338.40	\$ 604,751.33	\$ 5,447,949.46
10	\$ 639,589.27	\$ 1,315,338.40	\$ 675,749.13	\$ 4,772,200.33
11	\$ 560,256.32	\$ 1,315,338.40	\$ 755,082.08	\$ 4,017,118.25
12	\$ 471,609.68	\$ 1,315,338.40	\$ 843,728.72	\$ 3,173,389.53
13	\$ 372,555.93	\$ 1,315,338.40	\$ 942,782.47	\$ 2,230,607.06
14	\$ 261,873.27	\$ 1,315,338.40	\$ 1,053,465.13	\$ 1,177,141.94
15	\$ 138,196.46	\$ 1,315,338.40	\$ 1,177,141.94	\$ -0.00
	\$ 5,004,042.29	\$ 6,576,691.99	\$ 1,572,649.70	

Fuente: (Propia, 2023).

4.3.6 DETERMINACIÓN DE LA TASA MÍNIMA ACEPTABLE DE RENDIMIENTO

Siendo conservadores, es posible que un inversionista logré obtener al menos un 10% de rendimiento anual de su inversión. De igual forma, considerando que el capital proviene de fuentes mixtas financiada 50% de fondos propios y el resto con una institución financiera, se espera que el proyecto tenga una TMAR de al menos del 10.87% considerando tomar el préstamo a un plazo de 15 años (véase Tabla 16).

Tabla 16. Cálculo de TMAR del proyecto.

TMAR Provenientes de Capital Mixto				
No.	Capital	% Aportación	TMAR	Ponderación
1	Inversión Propia	50%	10.00%	5.00%
2	Otras Empresas	0%	0.00%	0.00%
3	Instituciones Financieras	50%	11.74%	5.87%
		100%		10.87%

Fuente: (Propia, 2023).

4.3.7 CÁLCULO DEL FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO

Manteniéndonos conservadores asumiendo que el costo de la energía despachada se mantenga constante en el tiempo debido a que desconoce lo que estipula las cláusulas del contrato de compra/venta que la planta solar tiene con la empresa distribuidora de energía eléctrica en el país; se han estimado el flujo de caja de 20 años para el proyecto, tal como se observa en la Tabla 17.

4.3.8 CÁLCULO DE LA RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN

Haciendo uso de los flujos de caja proyectados para 20 años, y como se observa en la Tabla 18, podemos examinar que el proyecto no ha resulta rentable bajo el escenario conservador debido a que el VAN resultó ser de US\$ -966,747, el cual es menor que cero. Asimismo, se obtuvo una tasa interna de retorno (TIR) de 9.47%, la cual es inferior a la tasa mínima aceptable de retorno (TMAR) exigida de 10.87.

Además, se calculó la rentabilidad para los distintos plazos de préstamos con sus respectivas tasas de interés con diversos montos financiando solamente el 40%, 50% y 60% del capital con fondos propios y la diferencia con el préstamo. Y como se puede ver la Tabla 19, en ninguno de los escenarios, el proyecto tampoco resultó rentable debido a que ninguna de las TIR logró igualarse o superar la TMAR exigida.

Tabla 17. Flujos de Caja del Proyecto.

Cálculo de Flujo de Caja								
Flujo	Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
+	Ingresos		\$ 1,653,997	\$ 1,653,997	\$ 1,653,997	\$ 1,653,997	\$ 1,653,997	\$ 1,653,997
-	Costo de Producción		\$ 8,830	\$ 9,007	\$ 9,187	\$ 9,370	\$ 9,558	\$ 9,749
=	Utilidad Marginal		\$ 1,645,167	\$ 1,644,990	\$ 1,644,810	\$ 1,644,626	\$ 1,644,439	\$ 1,644,248
-	Costos de Administración		\$ 49,355	\$ 49,350	\$ 49,344	\$ 49,339	\$ 49,333	\$ 49,327
-	Costos de Venta		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
-	Costos Financieros		\$ 1,066,506	\$ 1,037,293	\$ 1,004,650	\$ 968,175	\$ 927,418	\$ 881,877
=	Utilidad Bruta		\$ 529,306	\$ 558,348	\$ 590,816	\$ 627,112	\$ 667,687	\$ 713,044
-	ISR (15%)		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
=	Utilidad Neta		\$ 529,306	\$ 558,348	\$ 590,816	\$ 627,112	\$ 667,687	\$ 713,044
+	Depreciación y Amortización		\$ 602,266	\$ 602,266	\$ 602,266	\$ 602,266	\$ 602,266	\$ 602,266
-	Pago de Préstamos		\$ 248,833	\$ 278,046	\$ 310,688	\$ 347,163	\$ 387,920	\$ 433,462
=	Flujo Neto de Efectivo (FNE)	\$ -9,084,375	\$ 882,740	\$ 882,568	\$ 882,394	\$ 882,215	\$ 882,034	\$ 881,848

Flujo	Concepto	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
+	Ingresos	\$ 1,653,997	\$ 1,653,997	\$ 1,653,997	\$ 1,653,997	\$ 1,653,997	\$ 1,653,997	\$ 1,653,997
-	Costo de Producción	\$ 9,944	\$ 10,143	\$ 10,346	\$ 10,553	\$ 10,764	\$ 10,979	\$ 11,199
=	Utilidad Marginal	\$ 1,644,053	\$ 1,643,854	\$ 1,643,651	\$ 1,643,444	\$ 1,643,233	\$ 1,643,018	\$ 1,642,798
-	Costos de Administración	\$ 49,322	\$ 49,316	\$ 49,310	\$ 49,303	\$ 49,297	\$ 49,291	\$ 49,284
-	Costos de Venta	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
-	Costos Financieros	\$ 830,988	\$ 774,125	\$ 710,587	\$ 639,589	\$ 560,256	\$ 471,610	\$ 372,556
=	Utilidad Bruta	\$ 763,743	\$ 820,413	\$ 883,755	\$ 954,552	\$ 1,033,680	\$ 1,122,118	\$ 1,220,958
-	ISR (15%)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
=	Utilidad Neta	\$ 763,743	\$ 820,413	\$ 883,755	\$ 954,552	\$ 1,033,680	\$ 1,122,118	\$ 1,220,958
+	Depreciación y Amortización	\$ 602,266	\$ 602,266	\$ 602,266	\$ 602,266	\$ 602,266	\$ 602,266	\$ 602,266
-	Pago de Préstamos	\$ 484,350	\$ 541,213	\$ 604,751	\$ 675,749	\$ 755,082	\$ 843,729	\$ 942,782
=	Flujo Neto de Efectivo (FNE)	\$ 881,659	\$ 881,466	\$ 881,269	\$ 881,069	\$ 880,864	\$ 880,655	\$ 880,442

Flujo	Concepto	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
+	Ingresos	\$ 1,653,997	\$ 1,653,997	\$ 1,653,997	\$ 1,653,997	\$ 1,653,997	\$ 1,653,997	\$ 1,653,997
-	Costo de Producción	\$ 11,423	\$ 11,651	\$ 11,884	\$ 12,122	\$ 12,364	\$ 12,611	\$ 12,864
=	Utilidad Marginal	\$ 1,642,574	\$ 1,642,346	\$ 1,642,113	\$ 1,641,875	\$ 1,641,633	\$ 1,641,386	\$ 1,641,133
-	Costos de Administración	\$ 49,277	\$ 49,270	\$ 49,263	\$ 49,256	\$ 49,249	\$ 49,242	\$ 49,234
-	Costos de Venta	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
-	Costos Financieros	\$ 261,873	\$ 138,196	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
=	Utilidad Bruta	\$ 1,331,424	\$ 1,454,879	\$ 1,592,850	\$ 1,592,619	\$ 1,592,384	\$ 1,592,144	\$ 1,591,899
-	ISR (15%)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
=	Utilidad Neta	\$ 1,331,424	\$ 1,454,879	\$ 1,592,850	\$ 1,592,619	\$ 1,592,384	\$ 1,592,144	\$ 1,591,899
+	Depreciación y Amortización	\$ 602,266	\$ 602,266	\$ 602,266	\$ 602,266	\$ 602,266	\$ 602,266	\$ 602,266
-	Pago de Préstamos	\$ 1,053,465	\$ 1,177,142	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
=	Flujo Neto de Efectivo (FNE)	\$ 880,225	\$ 880,003	\$ 2,195,116	\$ 2,194,885	\$ 2,194,650	\$ 2,194,410	\$ 2,194,165

Fuente: (Propia, 2023).

Tabla 18. Cálculo de la Rentabilidad del Proyecto.

Tasa de Descuento:	10.87%	El Proyecto No es Rentable a la Tasa de Descuento Seleccionada.
Valor Presente Neto (VAN):	\$ -966,747	
Tasa de Interna de Retorno (TIR):	9.47%	La Inversión se rechaza por no alcanzar la tasa mínima aceptable de rendimiento.

Fuente: (Propia, 2023).

Tabla 19. Rentabilidad con préstamos a distintos plazos e intereses.

Evaluación con préstamo a 15 años				
Capital	TMAR	Inversión Total: \$ 18,168,750.85		
Fondos Propios:	10%			
Institución Financiera:	11.74%	Plazo: 15 años		
Flujo Proyectado a:		20 años		
Proporción de Fondos Propios	TMAR Mixta	VAN	TIR	Decisión
40%	11.04%	\$ -1,145,706	9.09%	Se Rechaza
50%	10.87%	\$ -966,747	9.47%	Se Rechaza
60%	10.70%	\$ -748,638	9.76%	Se Rechaza
Evaluación con préstamo a 10 años				
Capital	TMAR	Inversión Total: \$ 18,168,750.85		
Fondos Propios:	10%			
Institución Financiera:	11.64%	Plazo: 10 años		
Flujo Proyectado a:		20 años		
Proporción de Fondos Propios	TMAR Mixta	VAN	TIR	Decisión
40%	10.98%	\$ -957,560	9.69%	Se Rechaza
50%	10.82%	\$ -782,281	9.87%	Se Rechaza
60%	10.66%	\$ -578,332	10.02%	Se Rechaza
Evaluación con préstamo a 5 años				
Capital	TMAR	Inversión Total: \$ 18,168,750.85		
Fondos Propios:	10%			
Institución Financiera:	11.44%	Plazo: 5 años		
Flujo Proyectado a:		20 años		
Proporción de Fondos Propios	TMAR Mixta	VAN	TIR	Decisión
40%	10.86%	\$ -676,196	10.13%	Se Rechaza
50%	10.72%	\$ -514,849	10.19%	Se Rechaza
60%	10.58%	\$ -337,575	10.25%	Se Rechaza

Fuente: (Propia, 2023).

De igual forma, si planteamos la TIR en función de la cantidad de bancos de baterías a instalar, notaremos que los ingresos por venta de energía, los costos de producción y la depreciación varían linealmente acorde al número de baterías a requerir. De la misma manera, podemos destacar que lo mismo sucede con la inversión inicial, que debido a que casi 98% de este valor va destinada a la obra eléctrica según la Tabla 12. De tal forma que podemos deducir que los flujos de caja también variarían linealmente en función de la cantidad de banco de baterías, por lo que independiente de la cantidad de bancos de baterías que se deseen adquirir, la TIR siempre será constante, por lo que no habría cambios en la rentabilidad del proyecto.

A pesar de que el BID ofrece préstamos al 4.83%, la tasa de interés del Banco Mundial varía entre el 1% y el 4% y los préstamos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) varían del 2% al 5% anual, dada la TIR de 9.47% del proyecto, este podría ser factible, sin embargo, sería un proyecto demasiado riesgoso debido al poco margen existente entre la TIR y la tasa de descuento.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se expondrá las conclusiones y recomendaciones surgidas durante el desarrollo de este proyecto de investigación con la finalidad de responder las preguntas y objetivos planteados en el capítulo I. Asimismo, estas conclusiones y recomendación están sustentadas por los estudio técnico y económico desarrollado por en el capítulo IV empleando la metodología descrita en el capítulo III.

5.1 CONCLUSIONES

1. La planta solar Choluteca I, con su capacidad para satisfacer hasta 20 MW en un día típico de verano durante 12 horas diarias (de 06:00 a 17:00), presenta un rendimiento histórico máximo registrado de 18 MW, especialmente entre las 10:00 y las 14:00, según la Figura 16. Ante la posibilidad de aprovechar la energía excedente durante horas de baja demanda, se plantea evaluar la viabilidad técnica de incorporar un sistema BESS. La infraestructura de la planta, que abarca 60 hectáreas (ver Figura 13), ofrece espacio suficiente para instalar estratégicamente 20 bancos de baterías BESS de 1 MW, con un promedio de 1,120 metros cuadrados por área disponible (14x80), como se muestra en la Figura 17. De esta forma, la elección del sistema BESS más adecuado se llevó a cabo mediante criterios ponderados (Tabla 9) y una matriz de decisión (Tabla 10). Se identificaron proveedores de EE. UU., Canadá, China y Japón que ofrecen sistemas BESS acordes a las especificaciones requeridas (Tablas 7 y 8). Los costos asociados a la implementación del BESS, estimados en USD 18,168,750.85, cubren trámites gubernamentales, obras civiles y eléctricas. Aunque este monto podría ser percibido como elevado, su limitación estaría condicionada a la disponibilidad de fondos. Sin embargo, con los recursos financieros necesarios, la viabilidad técnica del proyecto es evidente. La versatilidad de los sistemas BESS se destaca al integrarse a la infraestructura sin desafíos significativos, lo que hace factible la mejora de la eficiencia energética y el avance hacia una infraestructura más sostenible en la planta solar Choluteca I. De esta manera, las simulaciones en PVSyst (ver Figura 21) indican que, considerando una potencia de 1 MW, un 50% de descarga y 1 hora de tiempo de descarga, el sistema podría entregar anualmente 598,407 MWh de energía. Con 20 bancos de baterías, se podría almacenar 11,968.14 MWh adicional para su venta en periodos de baja demanda, generando ingresos anuales estimados de \$1,653,997 a una tarifa de USD 0.138 por kWh despachado. Los costos adicionales, principalmente mantenimiento y administrativos, junto

con la inversión inicial de USD 18,168,750.85, se consideran en este análisis. Por lo tanto, desde el punto de vista técnico, el proyecto muestra una sólida viabilidad. La planta solar Choloteca I cuenta con la capacidad y el espacio necesarios para integrar el sistema BESS, aprovechando eficientemente la energía excedente generada en momentos de baja demanda. La meticulosa selección del sistema BESS, respaldada por criterios ponderados y una matriz de decisión, fortalece la confianza en la implementación exitosa del proyecto sin desafíos técnicos significativos. La versatilidad de los sistemas BESS y su integración relativamente sencilla a la infraestructura existente respaldan la solidez técnica del proyecto.

2. A pesar de los ingresos generados, el análisis financiero revela desafíos significativos. Adoptando un enfoque conservador con financiamiento mixto (fondos propios e institución financiera), se estima un rendimiento anual del 10%, buscando alcanzar una TMAR de al menos 10.87% en un préstamo a 15 años. Sin embargo, al proyectar los flujos de caja a 20 años bajo un escenario conservador, el Valor Actual Neto (VAN) resulta en -\$966,747, y la Tasa Interna de Retorno (TIR) es del 9.47%, por debajo de la TMAR requerida. Diversos escenarios de préstamo no logran igualar o superar la TMAR, indicando que, desde una perspectiva económica, la implementación del sistema BESS en la planta Solar Choloteca I no es rentable en el contexto actual. Se sugiere una revisión exhaustiva de las variables clave para evaluar posibles ajustes y optimizaciones. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de investigación planteada. De esta manera, podría resultar congruente el hecho que aún no exista este tipo de sistema de almacenamiento de baterías instalado en ninguna planta de generación solar en el país.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Dado a que el proyecto es factible desde el punto de vista técnico se recomienda mantenerse informado de los avances que vayan surgiendo con estas tecnologías monitoreando su ritmo de adopción en otros países. De igual forma, se sugiere explorar configuraciones más eficientes y escalables del almacenamiento de energía, sin dejar de considerar las opciones modulares para adaptarse a las variaciones en la generación y demanda. Además, se aboga a que se realicen estudios de factibilidad de integrar otras tecnologías que vayan emergiendo con el pasar del tiempo. Todo esto, con la finalidad de buscar impactar positivamente en los costos operativos y, por ende, en la rentabilidad a largo plazo. De la misma manera, la colaboración estratégica con proveedores innovadores podría proporcionar acceso a soluciones personalizadas y tecnológicamente avanzadas, contribuyendo a la optimización integral del proyecto.
2. Con el propósito de abordar los desafíos económicos, se recomienda explorar otras estrategias de financiamiento creativas y desarrollar modelos de negocio que sean innovadores. La búsqueda de acuerdos financieros más ventajosos, como tasas de interés preferenciales y plazos de préstamo flexibles con instituciones financieras y agencias gubernamentales, podría mejorar la estructura financiera del proyecto. Asimismo, se insta a la búsqueda de otros modelos de negocio innovadores que capitalicen la capacidad del sistema BESS para proporcionar servicios auxiliares al sistema eléctrico, generando así ingresos adicionales. La diversificación de fuentes de ingresos a través de la participación en mercados de servicios auxiliares y programas de respuesta a la demanda se presenta como una estrategia clave para mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad financiera del proyecto. Asimismo, siempre hay que considerar que el estudio de estas estrategias requerirá una colaboración estrecha entre especialistas técnicos y financieros, así como una perspectiva proactiva para capitalizar oportunidades emergentes en el sector de almacenamiento de energía.

CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD

El diseño e implementación de un sistema BESS en la planta solar Choluteca I resultó ser viable por el análisis técnico ya que cumple con los requerimientos mínimos necesarios para su instalación física en el país, siendo una tecnología que no se ha implementado en ninguna planta de generación solar, y a pesar de que el proyecto no resultó viable desde el punto de vista financiero, no descartamos la idea de que si pueda serlo en el futuro bajo otras consideraciones. Por consiguiente, en el siguiente capítulo se describirá, en su etapa de inicio y planificación, los planes a seguir para la gestión del proyecto, a través de las áreas de conocimiento de la metodología del Project Management (PMI), que se encuentran plasmados en la “Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, Guía del PMBOK, la consideración de las buenas prácticas y lecciones aprendidas aumentan las probabilidades de éxito de los proyectos.

6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA

El nombre que se le ha otorgado al proyecto es: Implementación y Puesta en Operación de Sistema BESS en la Planta Solar de Choluteca I.

6.2 INTRODUCCIÓN DE LA APLICABILIDAD

La aplicación de los conocimientos adquiridos sobre la gestión de proyectos por medio de la metodología del PMI, para la factibilidad de la implantación de sistema de almacenamiento BESS en la granja solar Choluteca I, como parte de la incorporación de una tecnología que no ha sido implementada en el país y que se ha mostrado según la investigación realizada es una tecnología en avance y crecimiento a nivel mundial, ayudando a la estabilización de la red y al mismo tiempo ayudándonos a incrementar el volumen de entrega de energía a la red incrementando el tiempo de entrega de misma, cuando la curva de generación solar se encuentra en disminución según sea el comportamiento de nuestra luz solar tomando en cuenta la región en la que se ubica el proyecto y al sino tiempo los datos estadísticos de entrega de energía de los años de generación existente. Esto nos dio como resultado positivo y factible la implementación de un sistema BESS identificado y calculado a 1MW por cada modular de generación conectada a un transformador elevador de 1MW que convierte la energía de 480 V en AC a 34.5KV en AC, voltaje final de entrega a la subestación receptora de entrega de energía, considerando la instalación de los contenedores de sistemas BEES en su totalidad 20 unidades de 1MW

distribuidas según las ubicaciones actuales de la totalidad de los transformadores de 1MW cada uno, como se muestra en la Figura 17, siendo la distribución más factible de manera técnica para un ahorro económico distribuido. En cuanto a al análisis financiero, como dijimos antes, el proyecto no resultó rentable debido a que se obtuvo una VAN < 0 y una tasa interna de retorno (TIR) menor que la tasa mínima aceptable de retorno (TMAR) exigida, considerando que el capital provendrá de fuentes mixtas financiada 50% de fondos propios y el resto con una institución financiera, donde el TMAR es de 10.87%, la TIR es de 9.47% y el plazo de financiamiento es de 15 años, considerando una inversión inicial de \$18,168,750.85.

6.3 PROPUESTA DEL PROYECTO

A continuación, se presentan los planes para cada una de las áreas de conocimiento del PMI que tienen participación en la planificación del proyecto.

6.3.1 GRUPO DE PROCESOS DE INICIO

Los procesos de iniciación son aquellos procesos realizados para definir un nuevo proyecto o una nueva fase de un proyecto existente mediante la autorización para iniciar dicho proyecto. Se identifican los interesados internos y externos que van a interactuar o ejercer alguna influencia sobre el resultado global del proyecto, se selecciona el director del proyecto, esto se plasma en un acta de constitución del proyecto (Project Management Institute, 2017).

6.3.1.1 ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO

Según el Project Management Institute (2017), el acta de constitución es el documento emitido por el patrocinador del proyecto, que cuando lo aprueba, considera al proyecto como autorizado oficialmente, le brinda la autoridad al director del proyecto de aplicar los recursos existentes de la organización a las actividades del proyecto.

A continuación, se muestra el acta de constitución que autorizará el proyecto Implementación y puesto en operación de un sistema BESS en la granja solar Choluteca I.

Tabla 20. Acta de Constitución del Proyecto

Nombre del Proyecto:	Implementación y puesto en operación de un sistema BESS en la granja solar Choluteca I.
Director del Proyecto:	Walter Josué López Galeano
Rol del Director del Proyecto:	Exigir el cumplimiento de los entregables del proyecto
Autoridad del Director del Proyecto:	Contrataciones, compras, Cambios o modificaciones a planos, tiempos de entrega.
Patrocinador:	Planta Solar Choluteca I 50%, BCIE 50%
Cliente:	Granja Solar Choluteca I
Fecha de Inicio del Proyecto:	01 de marzo de 2024
Duración:	29 Meses
Presupuesto:	\$18,168,750.85
Descripción de alto nivel:	TIR: 9.47% TMAR: 10.87% Gestión y compra de equipos BESS para su instalación física en la granja solar Choluteca I, contratación de empresas subcontratistas eléctricas y civiles para la ejecución de obras complementarias para asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas BESS comprados. Estas obras serán supervisada y aprobadas por pare de la supervisión en sitio, tomando en cuenta las normativas de calidad y construcción actual.
Justificación:	Se implementa el proyecto en mejora del rendimiento de entrega de energía al sistema e incremento ene l volumen de venta del mismo, para tener una mejor rentabilidad económica, considerando que cuenta con las disposiciones técnicas para poder implementarlo y un análisis financiero factible.

Interesados del proyecto:	<ul style="list-style-type: none"> - Planta Solar Choluteca I - Empresa Nacional Energía Eléctrica (ENEE) - Centro Nacional de DESPACHO (CND) - Centro de Regulación de la Energía Eléctrica (CREE) - Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE)
Entregables del Proyecto:	- 20 unidades de equipos BESS instalados sobre plataformas, conectados, aprovisionados y en pleno funcionamiento.
Objetivos Específicos:	- Incorporación de 20 unidades de sistemas BESS en la granja solar Choluteca I de manera parcial durante la duración del proyecto de 24 meses, dejando las unidades completamente conectadas y aprovisionadas a la ed.
Requerimientos de alto nivel:	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación y creación de equipo de trabajo de ingeniería y compras - Compra temprana de 20 unidades de Equipos BESS como primer entregable critico en un plazo de entrega no mayor a 12 meses. - Evaluación y contratación de empresas de construcción civil y eléctrica para el acondicionamiento de las áreas de trabajo previo a la llegada de los equipos.

Supuestos y Restricciones:	Supuestos: <ul style="list-style-type: none"> - ENEE no permite la ampliación de capacidad de suministro, afectando a la totalidad del estudio y haciendo nula la inversión. - CREE bajo sus políticas no permite la instalación de estos equipos. - CND, cuantifica la generación suministrada, y solo reporta lo generado mas no lo suministrado por almacenamiento. - El fabricante garantiza un tiempo no mayor de 18 meses para la entrega de los equipos. - Las condiciones físicas en los espacios identificados son aptas para la implementación de las obras civiles. - Se consideran los puntos de conexión de acuerdo con secuencias de conexión general de sistemas solares. - La interconexión parcial del sistema se puede ejecutar uno a uno, para evitar la baja en la generación medida de forma global. Restricciones: <ul style="list-style-type: none"> - Formación del equipo de trabajo de ingeniería y compras en el menor plazo posible para la compra a tiempo de los equipos. - Tramites de permisos de construcción mayor a 3 meses desde el inicio del proyecto.
Riesgos:	<ul style="list-style-type: none"> - Compra tarde de los equipos BESS - Atrasos en los permisos de construcción. - Entrega tardía de los equipos BESS por parte del proveedor por diversas razones. - Condiciones climáticas no favorables. - Cualquier incidente en la movilización y maniobras de montaje de los equipos BESS desde embarque hasta instalación física.

6.3.1.2 GESTIÓN DE LOS INTERESADOS DEL PROYECTO

En este proceso se definen los interesados positivos y negativos del proyecto, se define el nivel de importancia que tendrán para el proyecto. Se busca desarrollar estrategias para que ellos participen de manera efectiva en todo el ciclo de vida del proyecto y determinar cómo el proyecto los beneficiará o afectará, en la Tabla 21 se desarrolla la gestión de los interesados del proyecto.

Tabla 21. Identificación de los Interesados del Proyecto

Interesado	Rol
Planta Solar Choluteca I	Dueño del Proyecto
Empresa Nacional Energía Eléctrica (ENEE)	Ente regulador de la distribución de la energía eléctrica a nivel Nacional
Centro Nacional de DESPACHO (CND)	Cuantificación de la energía despachada al sistema de distribución.
Centro de Regulación de la Energía Eléctrica (CREE)	Aplica las leyes y reglamentos de regulación energética
Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE)	Patrocinador del 50% del capital del proyecto
Proveedores BESS	Suministro de los equipos en tiempo y forma según sean requeridos.

En la Tabla 21 se muestran los principales participantes y/o interesados del proyecto, estableciendo el rol principal que tiene cada uno de ellos, en la siguiente tabla se clasifican cada uno de los interesados identificados anteriormente de acuerdo con su poder e interés dentro del proyecto.

6.3.2 GRUPO DE PROCESOS DE PLANIFICACIÓN

Según el Project Management Institute (2017), el grupo de procesos de la planificación del proyecto está compuesto por los procesos que se realizan para definir el alcance del proyecto, definir los objetivos, el coste del proyecto y establecer la línea de acción necesaria para el cumplimiento de dichos objetivos.

6.3.2.1 GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN

En este apartado se plantea la gestión de la integración del proyecto, que sirve para coordinar todos los elementos que se ven involucrados de un proyecto, permite mantener una visión de conjunto. Permite también, la toma de decisiones sobre dónde concentrar recursos y esfuerzos en el desarrollo del proyecto, así como también, anticipar posibles incidencias para que puedan ser atendidas antes de que se conviertan en riesgos críticos dentro del proyecto. A continuación, se muestra el plan de gestión de la integración del proyecto (Tabla 22).

Tabla 22. Plan de Gestión de la Integración del Proyecto

Plan de gestión	Descripción
Plan de Gestión Integración	Se pondrá en acción un plan de gestión de integración en donde habrá procesos de todos los grupos de procesos del proyecto para poder integrar y vincular el plan desde el inicio del proyecto hasta su finalización.
Plan de Gestión del Alcance	Definirá hacia donde se dirige el proyecto y los procedimientos necesarios para poder cumplir con las metas propuestas, se trata de definir los requisitos, definir los límites, y entregables resultantes del proyecto.
Plan de Gestión del Tiempo	El plan de gestión de tiempo se implementará mediante la elaboración de cronogramas de ejecución de las actividades para poder definir la duración del proyecto.
Plan de Gestión de Costos	En el plan de gestión de costos se establecerán los costos para las actividades a realizar en el proyecto, fijados siempre bajo un presupuesto bien estructurado.
Plan de Gestión de Calidad	Definirá los procesos para una ejecución eficiente y precisa del proyecto a fin de asegurar la calidad del entregable final.
Plan de Gestión de Recursos Humanos	Definirá los roles y responsabilidades del equipo de trabajo, así como el manejo de las personas involucradas en la realización del proyecto, así como la asignación de tareas y responsabilidades.
Plan de Gestión de Comunicaciones	El plan de comunicaciones comprende todos los medios y técnicas apropiadas para una correcta comunicación entre los miembros del grupo de trabajo, la organización y los interesados a fin de que no se den imprevistos en la realización del proyecto.
Plan de Gestión de Riesgo	Permitirá determinar los principales riesgos, los cuales deberemos de vigilar en cada etapa del proyecto, para poder tener la posibilidad de mitigarlos y que estos no puedan comprometer el desarrollo del proyecto.
Plan de Gestión de Adquisiciones	Permitirá definir la mejor manera de obtener los insumos y/o elementos necesarios para la ejecución del proyecto.
Plan de Gestión de Interesados	Para el plan de gestión de los interesados el cual corresponde a una de las áreas más importantes del proyecto deberemos realizar todos los procedimientos de identificación, categorización y de gestión de los principales interesados del proyecto a fin de que estos no puedan influir de forma negativa durante el desarrollo del proyecto, en cada una de sus etapas.

6.3.2.2 GESTIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO

Este apartado es necesario para definir y planificar que se incluye y que no en el proyecto, también se asegura que únicamente lo indicado es lo que se realizará durante el proyecto y completarlo con éxito (Project Management Institute, 2017).

6.3.2.2.1 PLANIFICAR LA GESTIÓN DEL ALCANCE

A continuación, se presenta el alcance definido para el presente proyecto de investigación en sus etapas de inicio y planificación.

Tabla 23. Plan de Gestión del Alcance

Fecha: Abril 2024	Nombre del Proyecto: Implementación y puesto en operación de un sistema BESS en la granja solar Choluteca I.		Versión 1
Director del Proyecto Walter J. López	Equipo del proyecto <ul style="list-style-type: none"> • Carlos W. Cano • Cesia Herrera • Jakelin Posas 	Otros Interesados <ul style="list-style-type: none"> • Vendedores de BESS • Empresa Nacional Energía Eléctrica (ENEE) • Centro Nacional de DESPACHO (CND) • Centro de Regulación de la Energía Eléctrica (CREE) • Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) 	
Patrocinador Granja Solar Choluteca I BCIE			
Cliente Granja Solar Choluteca I			
<p>Descripción del proyecto Antecedentes</p> <p>La Granja solar Choluteca I cuenta con una capacidad instalada de 20MW de potencia AC donde existe un margen significativo para mejorar su rentabilidad y contribuir al avance de tecnologías sostenibles, proporcionando ventajas tanto técnicas como económicas, almacenando energía durante las horas de generación pico y liberarla durante las horas de máxima demanda a nivel nacional.</p> <p>Estudio de factibilidad técnica del proyecto para garantizar que se cumplan con las condiciones para poder instalar los equipos, o sea factible el adecuar las condiciones disponiendo de los espacios mínimos requeridos.</p> <p>Descripción del producto o servicio:</p> <p>Instalación de 20 unidades de contenedores de sistemas BESS adaptados al entorno actual constructivo de la planta donde el espacio físico con el que se cuenta esta adecuado para la implementación del sistema, la distribución eléctrica constructiva de los paneles y posición de los transformadores e inversores son adecuados para la correcta adaptabilidad de las 20 unidades de sistemas BESS.</p> <p>Objetivos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Instalar 20 unidades de BESS con una potencia de 20 MW cada 1, con el proveedor de mayor valor agregado y costo rentable existente en el mercado actual. 2. Adecuación de espacio físico de instalación en las 20 posiciones de distribuidas en toda la granja, donde se realizará adecuación de terreno, construcción de bases de soporte de los equipos BESS adecuado tanto en tamaño como en peso. 3. Adecuación de sistema de cableado eléctricos en todos los inversores asociados al sistema de 20 MW. 			

4. Instalación de red de comunicación hacia caseta centralizada de control BMS que se encontrara en el cuarto de control de planta actual.

Plazo de entrega del producto final: 29 meses

Costo total del proyecto: \$18,168,750.85

Beneficios

- Incremento en el volumen de venta de energía anual.
- Reducción en el impacto de costos no remunerados por entrega de Reactivo al sistema cuando el CND lo solicita.

Entregables

1.1.1 Anexo al estudio de Medioambiente, para la instalación de sistemas BESS, en granja solar Choloteca I. Se realizará el estudio que se agregará al estudio actual como un anexo.

1.1.2 Tramites de permisos Municipales y gubernamentales para la ejecución del proyecto, incluyendo constancias, certificados, timbres, planos, movilización y todo lo que este trámite involucre para la finalización.

1.1.3 Suministro de equipo compacto de Sistema de Almacenamiento de Energía solar "BESS" con composición química Ion-Litio, con una capacidad de 1 MW, capacidad de descarga de 0.5C. Incluyendo sobre este costo de importación y pagos de impuestos.

1.1.4 Obras eléctricas y civiles en general

1.1.5 Movimiento general de los equipos BESS

1.1.6 Aprovechamiento general de los equipos BESS.

Criterios de Aceptación

- Funcionamiento total de las 20 unidades BESS, provisionadas y con pruebas de funcionamiento, asegurando la carga y descarga de forma adecuada de los equipos, mostrando curvas de carga y descarga que estén dentro de los parámetros de aceptación del proveedor
- Manual de mantenimiento del proyecto, mostrando las ubicaciones, dimensiones, conexiones, rutas de excavación en planos y cualquier otro cambio o modificación de los planos constructivos iniciales, adjuntando las fichas técnicas de los materiales y equipos incorporados al proyecto.

Exclusiones

- Compra de terreno adicional no necesario, ya que se utilizará el mismo predio y se reacondicionaran las zonas.
- Los costos de movilización y entrega en sitio del proyecto no se cotizarán por tercero.
- Los mantenimientos no serán cotizados por terceros o constructores.

Restricciones

- Formación del equipo de trabajo de ingeniería y compras en el menor plazo posible para la compra a tiempo de los equipos, con profesionales capacitados y formados en cada área de conocimiento requerido para desempeñar las labores de la mejor manera.
- Tramites de permisos de construcción mayor a 3 meses desde el inicio del proyecto.
- No se permitirá el paro total de la granja, para las conexiones estas serán programadas y dictadas por el equipo de proyectos, determinando fecha y horas de trabajo, con el fin de no afectar el promedio de generación anual promedio a más del 8%. Considerando 8% como porcentaje máximo.

Prioridades:

1. Compras de seguro general para el proyecto "Todo en uno" por Choluteca I, no limitándose a las compras de seguros independiente del o los contratistas que participen en el proyecto.
2. Compras de equipos BESS desde el mes 1 al mes 3 de inicio de la obra.
3. contratación de contratista o contratistas para la ejecución temprana de las obras previas al montaje de los equipos.

Supuestos

- ENEE no permite la ampliación de capacidad de suministro, afectando a la totalidad del estudio y haciendo nula la inversión.
- CREE bajo sus políticas no permite la instalación de estos equipos.
- CND, cuantifica la generación suministrada, y solo reporta lo generado mas no lo suministrado por almacenamiento.
- El fabricante garantiza un tiempo no mayor de 18 meses para la entrega de los equipos.
- Las condiciones físicas en los espacios identificados son aptas para la implementación de las obras civiles.
- Se consideran los puntos de conexión de acuerdo con secuencias de conexión general de sistemas solares.
- La interconexión parcial del sistema se puede ejecutar uno a uno, para evitar la baja en la generación medida de forma global.

Riesgos

- Compra tarde de los equipos BESS, afectando los tiempos de entrega generales del proyecto
- Atrasos en los permisos de construcción., afectando los inicios de operación de las constructoras.
- Entrega tardía de los equipos BESS por parte del proveedor por diversas razones.
- Condiciones climáticas no favorables.
- Cualquier incidente en la movilización y maniobras de montaje de los equipos BESS desde embarque hasta instalación física.

6.3.2.2.2 RECOPIACIÓN DE REQUISITOS

Este proceso consiste en identificar, definir y documentar las necesidades, deseos y expectativas cuantificadas, de los interesados, con el fin de cumplir con los objetivos del proyecto. Al final, el éxito o no del proyecto, dependerá principalmente en si se logran cumplir y gestionar los requisitos del proyecto. Esta sección es la base para la creación de la EDT/WBS (Project Management Institute, 2017).

Tabla 24. Requisitos del Proyecto

Requisitos	Solicitado por (C,D) (Cliente, director Proyecto)	Importancia (A, M, B) (Alta, Media, Baja)
Proceso de permisos de trabajo y permisos municipales y gubernamentales.	C, D	A
Compra de quipos BESS no mayor a tres meses con criterios de selección de mayor calidad y mejor precio.	C, D	A
Creación de TDR para proceso de licitación de contratistas	D	A
Selección de contratista que cumpla con los requisitos de TDR	D	A
Equipamiento de oficinas en sitio del trabajo	D	M

En la Tabla 24 se observan los principales requisitos que el proyecto debe de cumplir, solicitado por cada una de las partes interesadas, para que la ejecución del mismo, y el cumplimiento de los objetivos, permita que el proyecto culmine con éxito.

6.3.2.2.3 DEFINICIÓN DEL ALCANCE

Según el Project Management Institute (2017), consiste en desarrollar una descripción detallada del proyecto y del producto. En este proceso se describe los límites del producto, servicio o resultado y los criterios de aceptación del proyecto.

Tabla 25. Definición del Alcance

Proyecto:	. Implementación de BESS para granja solar Choluteca I
Incluye:	<ul style="list-style-type: none"> - La compra de los equipos BEES, 20 equipos en total de 1MW cada uno, que cumpla todos los requisitos técnicos que se adecuen a los criterios de la granja. - Contratación de obras eléctricas para reacondicionamiento de la granja que cumpla con los ítem establecidos en el presupuesto de licitación bajo los términos establecidos, asegurando alta calidad según las normativas eléctricas vigentes. <ol style="list-style-type: none"> 1. Movilización de equipos BEES desde aduana Puerto Cortes hasta granja solar Choluteca 1, incluyendo sobre estos movimientos los costos de seguro de movilización, seguro de daños directos, seguro de daños a terceros, grúa de montaje a plataforma de movilización y grúa de desmontaje de plataforma a plancha en sitio de instalación. 2. Instalación de cableado de comunicación utp cat 6E en tubería eléctrica PVC sch40 de 1" desde los equipos hasta cuarto de control de PCS-BMS-EMS. Incluye pruebas de certificación de ponchado punto a punto y reporte de las mismas. 3. Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde string de módulos solares hasta el BESS, incluyendo sobre este 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string, conectores MC4 en ambos puntos de conexión. 4. Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde BESS hasta inversor solar, incluyendo sobre este 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string del BESS hasta cada string del inversor en conexión punto a punto, conectores MC4 en ambos puntos de conexión. 5. Pruebas y certificación de cableado pv-wire, mostrando curva de pérdida y pruebas de megger indicando la capacidad en MOHM no menor a 1000MOH por cada prueba en T=1s, T=1m, T=5m 6. Aprovisionamiento de equipos BESS con vendedor del mismo, sobre este incluyendo las pruebas de carga y descarga de los equipos que estén sobre los parámetros de fabricación. 7. Configuración y aprovisionamiento de sistema de control de BESS, en cuarto de PCS-BMS-EMS. Incluyendo conexión a sistema scada con el actual sistema de flujo de información para generación de reportes de rendimiento. - Contratación de obras civiles para reacondicionamiento de la granja que cumpla con los ítem establecidos en el presupuesto de licitación bajo los términos establecidos, asegurando alta calidad según las normativas civiles vigentes. <ol style="list-style-type: none"> 1. Corte de tierra en la ubicación de los equipos. Incluye la movilización de desechos adecuadamente. 2. Suministro e instalación de tierra selecta en las posiciones de corte de terreno, incluyendo compactación. 3. Armado de hierro con varilla de 3/8 legítima corrugada para plancha de concreto de XX x XX con una capacidad de carga de 5000PSI 4. Fundición de plancha de concreto de con capacidad de carga de 5000 PSI, sobre armado de hierro, incluyendo sobre este vibrado de concreto, nivelación y cepillado.

	<ul style="list-style-type: none"> - Tramites de permisos Gubernamentales. 1. Anexo al estudio de Medioambiente, para la instalación de sistemas BESS, en granja solar Choloteca 1. Se realizará el estudio que se agregara al estudio actual como un anexo. 2. Tramites de permisos Municipales y gubernamentales para la ejecución del proyecto, incluyendo constancias, certificados, timbres, planos, movilización y todo lo que este trámite involucre para la finalización.
No Incluye:	<ul style="list-style-type: none"> - Por parte de los contratistas no se incluye nada fuera de lo designado en cada una de sus asignaciones. - Oficinas de contratistas, esta será responsabilidad de ellos y por parte de la granja la designación de un lugar para su montaje.

6.3.2.2.4 CREAR LA EDT/WBS

La estructura de descomposición del trabajo (EDT), WBS en inglés, permite que el proyecto se subdivida en elementos organizados jerárquicamente. En esta estructura se colocan las tareas requeridas para poder completar el proyecto con éxito. La EDT permite brindar claridad sobre el alcance de las tareas, brinda mayor eficiencia, permite identificar si será necesario una planificación adicional, esto reducirá el riesgo de sobrecostos e incurrir en gastos generales no planificados. A continuación, se presenta la EDT del proyecto:

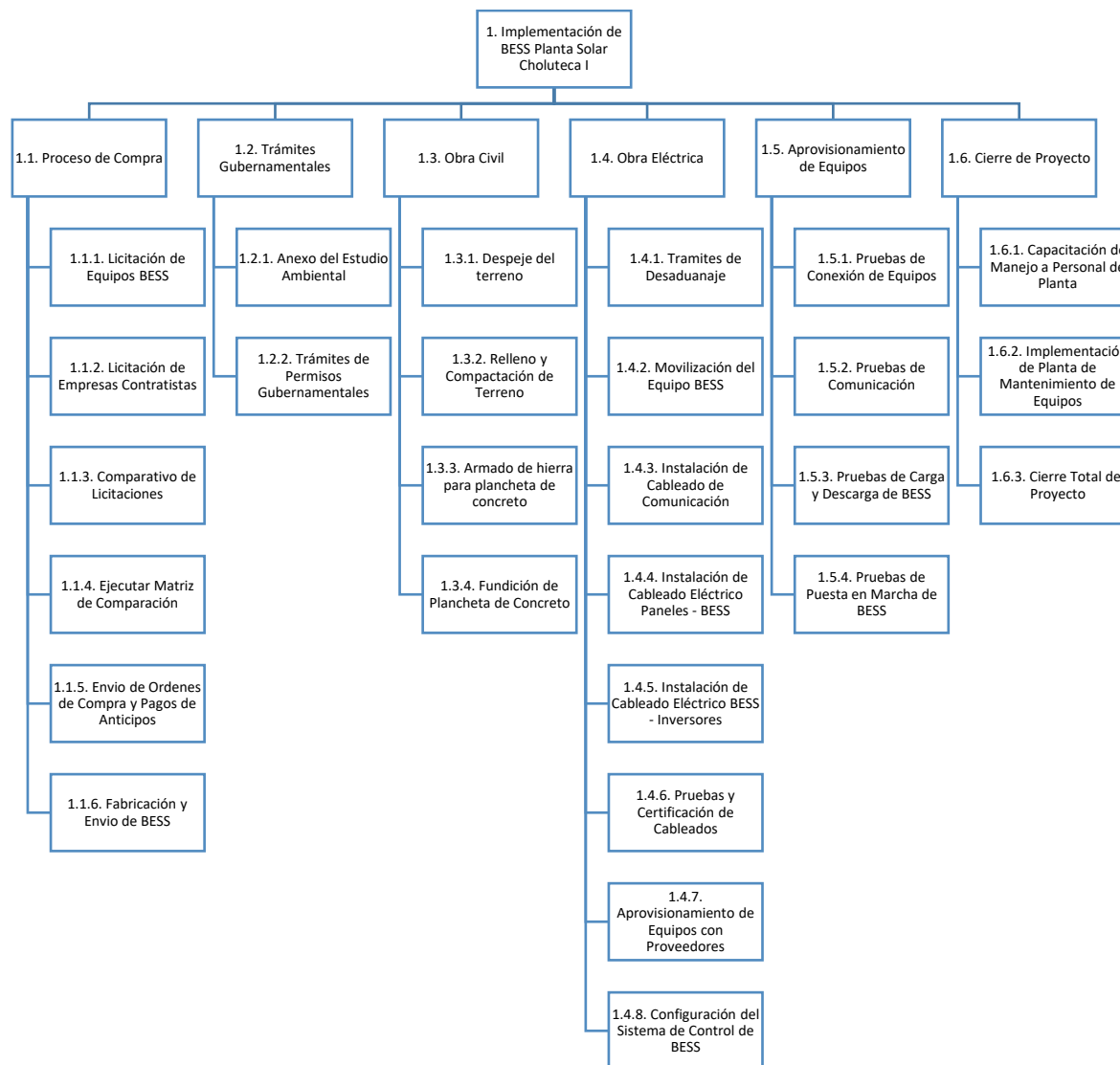


Figura 22. Estructura de descomposición del trabajo del proyecto

6.3.2.3 GESTIÓN DEL CRONOGRAMA DEL PROYECTO

La gestión del cronograma permite controlar los tiempos, plazos y duración de los distintos entregables del proyecto. El cronograma abarca todos los procesos necesarios para asegurar el correcto desarrollo de las actividades dentro de los plazos establecidos, también muestra las herramientas de control y seguimiento para el desarrollo del proyecto (Project Management Institute, 2017).

6.3.2.3.1 PLAN DE GESTIÓN DEL CRONOGRAMA

Se definen las políticas y metodologías para planificar y gestionar el cronograma, así como los temas relacionados con la gestión de cambios de este. Define como se van a gestionar las contingencias, los cambios solicitados del cronograma. Se muestra a continuación el plan de gestión del cronograma del proyecto.

Tabla 26. Plan de gestión del cronograma del proyecto.

NOMBRE DEL PROYECTO:	Implementación de BESS para granja solar Choluteca I	
DIRECTOR DEL PROYECTO:	Walter Josué López	
FECHA DE ELABORACIÓN:	Diciembre 2023	
Persona(s) autorizada(s) a solicitar y aprobar cambios en cronograma:		
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN
. Walter J. López	. Autorización cambios generales que afecten fechas de entregas.	. Oficina Central
. Carlos W. Cano	. Reprogramación de actividades eléctricas y mecánicas, que afecten la fecha de programación establecida más no la final de plazo de entrega.	. Proyecto
. Cesia Herrera	. Reprogramación de actividades eléctricas y mecánicas, que afecten la fecha de programación establecida mas no la final de plazo de entrega	. Proyecto
PROPÓSITO DEL PLAN DE GESTIÓN DEL CRONOGRAMA DEL PROYECTO		
<ul style="list-style-type: none"> - Establecer entregables claros, con tiempos, responsables y dependencias de otras actividades. - Controlar la ruta crítica manteniendo la base de los demás entregable sobre la dependencia de esta en tiempo y forma y tratando de maximizar los tiempos. - Minimizar los riesgos de atrasos en las gestiones independiente y en las gestiones dependente por debajo de la ruta crítica. - Mantener informado del avance obra o gestiones de cambio a los patrocinadores. 		
METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA		
Se realizará por medio de la utilización del programa MS Project, se determinará la ruta crítica para el poder evaluar el avance del proyecto, también se definirá y reportará el impacto en el tiempo, costo, calidad por los cambios en el cronograma. Los cambios en el cronograma se efectuarán según la designación de las		

<p>responsabilidades:</p> <p>La planificación estará a cargo del director del Proyecto: <u>Walter J. López</u></p> <p>El seguimiento y control de los cambios estará bajo el cargo de: <u>Carlos W. Cano y Cesia Herrera</u> -</p> <p>Las solicitudes de cambios: Cada semana se recibirán las solicitudes de cambio en el cronograma, estas solicitudes serán revisadas por el equipo del proyecto para evaluar si un cambio es factible según el plan de gestión del alcance.</p> <p>Las solicitudes de cambio de cronograma se revisarán los miércoles de cada semana teniendo un plazo máximo de 2 días hábiles para dar respuesta a la solicitud.</p> <p>Las actualizaciones de la línea base del tiempo se realizarán mensualmente, 1 vez, cada final del mes.</p>			
<p>HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA</p>			
<p>El tiempo de duración de las actividades se hará por medio de estimaciones por analogía y paramétrica, se hará uso del software Microsoft Project para realizar un diagrama de Gantt y definición de <i>la ruta crítica</i> del proyecto.</p>			
NIVEL DE EXACTITUD	UNIDADES DE MEDIDA	UMBRALES DE CONTROL	RESERVA DE CONTINGENCIA
El nivel de precisión del proyecto será del 95%	La unidad de medición para el tiempo de ejecución del proyecto será de 150 días laborables.	± 5%	5 % del valor total del proyecto

6.3.2.3.2 DEFINIR LAS ACTIVIDADES

Según el Project Management Institute (2017), en esta sección se identifican las acciones que deben ser llevadas a cabo para conseguir los entregables del proyecto. Después de haber creado la EDT, se obtiene el nivel más bajo de la descomposición, lo que se denominan paquetes de trabajo, la descomposición de estos, en componentes más pequeños proporcionan las actividades necesarias para realizar los paquetes de trabajo.

Tabla 27. Listado de las Actividades del Proyecto

EDT	Proyecto
1	IMPLEMENTACION DE BESS PARA GRANJA SOLAR CHOLUTECA I
1.1	<u>PROCESOS DE COMPRA</u>
1.1.1	Licitación de Equipos BESS
1.1.2	Licitación de Empresas contratistas
1.1.3	Comparativo de licitaciones
1.1.4	Ejecutar matriz de comparación
1.1.5	Envío de orden de compra y pagos anticipos
1.1.9	Fabricación y envío de BESS
1.2	<u>TRAMITES GUBERNAMENTALES</u>
1.2.1	Anexo al estudio de Medioambiente, para la instalación de sistemas BESS, en granja solar Choloteca 1. Se realizará el estudio que se agregará al estudio actual como un anexo.
1.2.2	Tramites de permisos Municipales y gubernamentales para la ejecución del proyecto, incluyendo constancias, certificados, timbres, planos, movilización y todo lo que este trámite involucre para la finalización.
1.3	<u>OBRA CIVIL</u>
1.3.1	Corte de tierra en la ubicación de los equipos. Incluye la movilización de desechos adecuadamente.
1.3.2	Suministro e instalación de tierra selecta en las posiciones de corte de terreno, incluyendo compactación.
1.3.3	Armado de hierro con varilla de 3/8 legítima corrugada para plancha de concreto de XX x XX con una capacidad de carga de 5000PSI
1.3.4	Fundición de plancha de concreto de con capacidad de carga de 5000 PSI, sobre armado de hierro, incluyendo sobre este vibrado de concreto, nivelación y cepillado.
1.4	<u>OBRA ELECTRICA</u>
1.4.1	Tramites de desaduanaje de equipo BESS
1.4.2	Movilización de equipos BEES desde aduana Puerto Cortes hasta granja solar Choloteca 1, incluyendo sobre estos movimientos los costos de seguro de movilización, seguro de daños directos, seguro de daños a terceros, grúa de montaje a plataforma de movilización.
1.4.3	Instalación de cableado de comunicación utp cat 6E en tubería eléctrica PVC sch40 de 1" desde los equipos hasta cuarto de control de PCS-BMS-EMS. Incluye pruebas de certificación de ponchado punto a punto y reporte de las mismas.
1.4.4	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde string de módulos solares hasta el BESS, incluyendo sobre esta 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string, conectores MC4 en ambos puntos de conexión.
1.4.5	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde BESS hasta inversor solar, incluyendo sobre esta 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string del BESS hasta cada string del inversor en conexión punto a punto, conectores MC4 en ambos puntos.
1.4.6	Pruebas y certificación de cableado pv-wire, mostrando curva de perdida y pruebas de megger indicando la capacidad en MOHM no menor a 1000MOH por cada prueba en T=1s, T=1m, T=5m
1.4.7	Aprovisionamiento de equipos BESS con vendedor del mismo, sobre este incluyendo las pruebas de carga y descarga de los equipos que estén sobre los parámetros de fabricación.
1.4.8	Configuración y aprovisionamiento de sistema de control de BESS, en cuarto de PCS-BMS-EMS. Incluyendo conexión a sistema scada con el actual sistema de flujo de información para generación de reportes de rendimiento.
1.5	<u>APROVISIONAMIENTO DE EQUIPOS</u>
1.5.1	Pruebas de conexión de equipos
1.5.2	Pruebas de comunicación
1.5.3	Pruebas de carga y descarga
1.5.4	Pruebas de puesta en marcha
1.6	<u>CIERRE DE PROYECTO</u>
1.6.1	Capacitación de manejo a personal de planta
1.6.2	Implementación de plan de mantenimiento y verificación de equipos.
1.6.3	Cierre financiero de la totalidad del proyecto

En la Tabla 27 se muestran las actividades de las que estará conformado el proyecto, fueron obtenidas de la EDT y servirán de guía para determinar los procedimientos que se deben realizar para poder cumplir los objetivos del proyecto.

6.3.2.3.3 SECUENCIAR LAS ACTIVIDADES

De acuerdo con el Project Management Institute (2017), secuenciar las actividades del proyecto, consiste en determinar las dependencias entre actividades, determinar qué relación de ejecución existe entre ellos, en qué secuencia se ejecutan. Cada una de las actividades o hitos del cronograma tiene al menos una actividad sucesora o predecesora, a excepción de la primera y la última.

Tabla 28. Predecesores de las Actividades

EDT	Proyecto	Predecesora
1	IMPLEMENTACION DE BESS PARA GRANJA SOLAR CHOLUTECA I	
1.1	<u>PROCESOS DE COMPRA</u>	
1.1.1	Licitación de Equipos BESS	
1.1.2	Licitación de Empresas contratistas	3
1.1.3	Comparativo de licitaciones	4
1.1.4	Ejecutar matriz de comparación	5
1.1.5	Envío de orden de compra y pagos anticipos	6
1.1.9	Fabricación y envío de BESS	7
1.2	<u>TRAMITES GUBERNAMENTALES</u>	7
1.2.1	Anexo al estudio de Medioambiente, para la instalación de sistemas BESS, en granja solar Choloteca 1. Se realizará el estudio que se agregará al estudio actual como un anexo.	7
1.2.2	Tramites de permisos Municipales y gubernamentales para la ejecución del proyecto, incluyendo constancias, certificados, timbres, planos, movilización y todo lo que este trámite involucre para la finalización.	7
1.3	<u>OBRA CIVIL</u>	9
1.3.1	Corte de tierra en la ubicación de los equipos. Incluye la movilización de desechos adecuadamente.	7
1.3.2	Suministro e instalación de tierra selecta en las posiciones de corte de terreno, incluyendo compactación.	13
1.3.3	Armado de hierro con varilla de 3/8 legítima corrugada para plancha de concreto de XX x XX con una capacidad de carga de 5000PSI	14
1.3.4	Fundición de plancha de concreto de con capacidad de carga de 5000 PSI, sobre armado de hierro, incluyendo sobre este vibrado de concreto, nivelación y cepillado.	15
1.4	<u>OBRA ELECTRICA</u>	16
1.4.1	Tramites de desaduanaje de equipo BESS	7
1.4.2	Movilización de equipos BEES desde aduana Puerto Cortes hasta granja solar Choloteca 1, incluyendo sobre estos movimientos los costos de seguro de movilización, seguro de daños directos, seguro de daños a terceros, grúa de montaje a plataforma de movilización.	18
1.4.3	Instalación de cableado de comunicación utp cat 6E en tubería eléctrica PVC sch40 de 1" desde los equipos hasta cuarto de control de PCS-BMS-EMS. Incluye pruebas de certificación de ponchado punto a punto y reporte de las mismas.	12
1.4.4	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde string de módulos solares hasta el BESS, incluyendo sobre esta 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string, conectores MC4 en ambos puntos de conexión.	12
1.4.5	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde BESS hasta inversor solar, incluyendo sobre esta 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string del BESS hasta cada string del inversor en conexión punto a punto, conectores MC4 en ambos puntos.	12
1.4.6	Pruebas y certificación de cableado pv-wire, mostrando curva de perdida y pruebas de megger indicando la capacidad en MOHM no menor a 1000MOH por cada prueba en T=1s, T=1m, T=5m	20
1.4.7	Aprovisionamiento de equipos BESS con vendedor del mismo, sobre este incluyendo las pruebas de carga y descarga de los equipos que estén sobre los parámetros de fabricación.	18
1.4.8	Configuración y aprovisionamiento de sistema de control de BESS, en cuarto de PCS-BMS-EMS. Incluyendo conexión a sistema scada con el actual sistema de flujo de información para generación de reportes de rendimiento.	23
1.5	<u>APROVISIONAMIENTO DE EQUIPOS</u>	17
1.5.1	Pruebas de conexión de equipos	17
1.5.2	Pruebas de comunicación	17
1.5.3	Pruebas de carga y descarga	17
1.5.4	Pruebas de puesta en marcha	17
1.6	<u>CIERRE DE PROYECTO</u>	26
1.6.1	Capacitación de manejo a personal de planta	26
1.6.2	Implementación de plan de mantenimiento y verificación de equipos.	32
1.6.3	Cierre financiero de la totalidad del proyecto	30

6.3.2.3.4 ESTIMACIÓN DE LA DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

En este proceso se establece cuánto durará la realización de cada una de las actividades que conforman el cronograma de trabajo, el calendario de trabajo asociado al proyecto será de 8:00 am a 12:00 pm y de 1:00 pm a 5:00 pm, se trabajará los días sábados de 8:00 am a 12:00 pm. Para la etapa de la construcción, el calendario de trabajo estará compuesto por los días sábados y domingos, será de 8:00 am a 12:00 pm y de 1:00 pm a 5:00 pm. Existen diversas técnicas para la estimación de la duración de actividades, entre las que se encuentran la estimación análoga, estimación paramétrica, estimación PERT, y el juicio de expertos, para determinar la duración de este proyecto se ha basado en la última técnica mencionada.

Tabla 29. Duración de las actividades

EDT	Descripción	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1	IMPLEMENTACION DE BESS PARA GRANJA SOLAR CHOLUTECA I	859 días	vie 01/03/24	mié 16/06/27	
1.1	PROCESOS DE COMPRA	589 días	vie 01/03/24	mié 03/06/26	
1.2	TRAMITES GUBERNAMENTALES	360 días	mar 30/04/24	lun 15/09/25	7
1.3	OBRA CIVIL	160 días	mar 16/09/25	lun 27/04/26	9
1.4	OBRA ELECTRICA	227 días	mar 28/04/26	mié 10/03/27	16
1.5	APROVICIONAMIENTO DE EQUIPOS	30 días	jue 11/03/27	mié 21/04/27	17
1.6	CIERRE DE PROYECTO	60 días	jue 22/04/27	mié 14/07/27	26

6.3.2.3.5 DESARROLLAR EL CRONOGRAMA

Este proceso consiste en integrar los procesos anteriores, definir, y secuenciar actividades. Se determinan las fechas de comienzo y fin para cada una de las actividades planeadas, es un proceso iterativo porque es normal que se requiera de una o varias revisiones de los estimados de duración y recursos para desarrollar un cronograma de proyecto realista y aprobó, que servirá como línea de base con respecto al cual se medirá el avance real del proyecto.

En la Figura 23 se muestran las actividades del proyecto, así como también, la ruta crítica del mismo, que está conformada por las actividades con cero días de holgura, el atraso en alguna de esas actividades provocará un desplazamiento en el fin del proyecto.

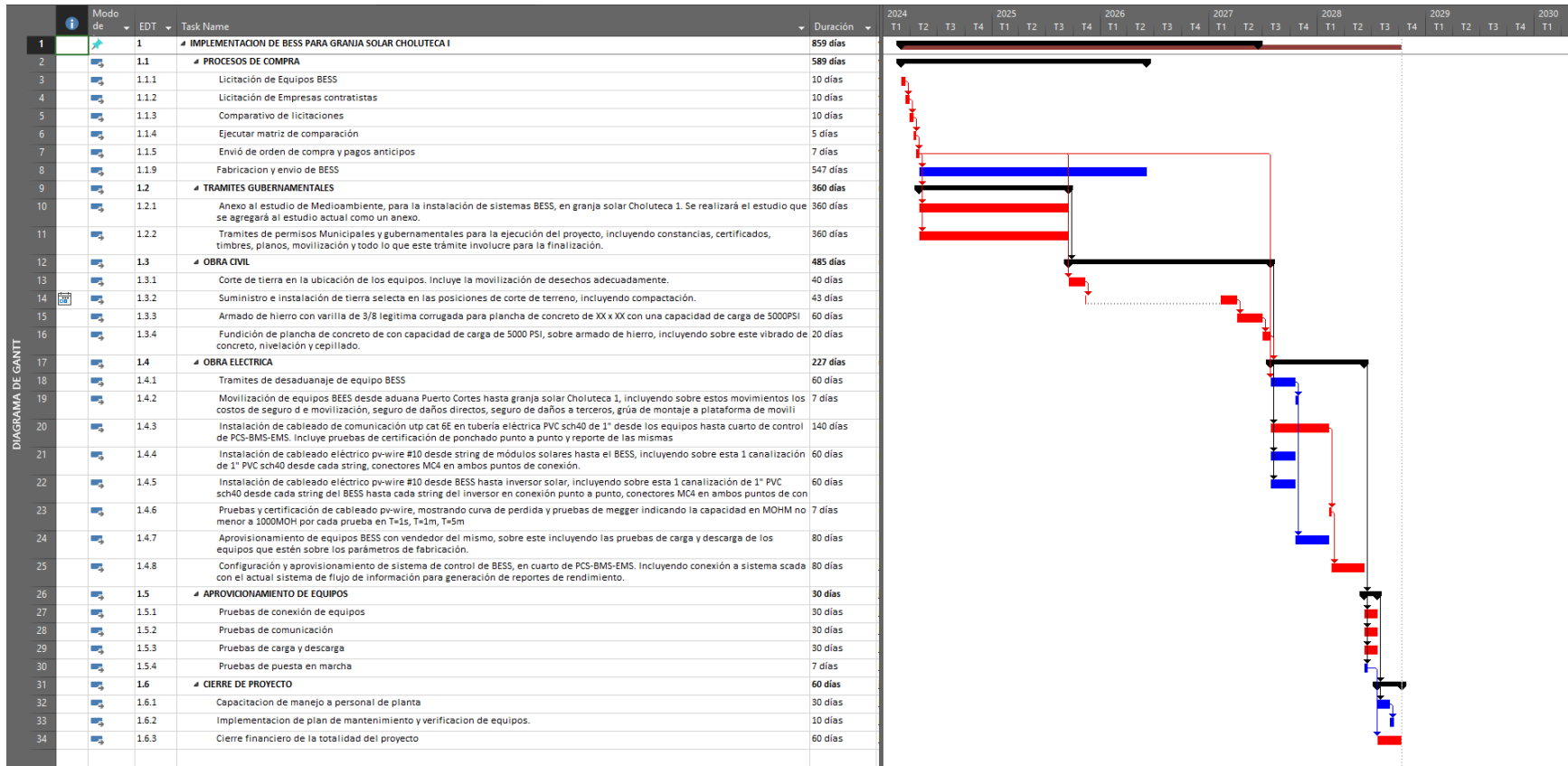


Figura 23. Diagrama de Gantt del Proyecto.

6.3.2.4 GESTIÓN DE LOS COSTOS DEL PROYECTO

Este proceso permite planificar, estimar, presupuestar, gestionar la estimación del coste de las actividades del proyecto, permite construir el presupuesto y permite tener cierto control para poder asegurar que el proyecto se lleve acabado dentro del presupuesto aprobado. A continuación, se desarrolla el plan de gestión de los costos del proyecto.

6.3.2.4.1 PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LOS COSTOS

En este proceso, se identifican las actividades o trabajos que se realizarán, y cuál será el costo de implementación del proyecto, también se deben definir los recursos del proyecto por medio de juicio de expertos, e histórico de otros proyectos, se deben documentar también los costos, definir cómo se establecerá el presupuesto del proyecto, como se controlará su progreso y los cambios del presupuesto.

Tabla 30. Plan de Gestión de los Costos

NOMBRE DEL PROYECTO			SIGLAS DEL PROYECTO	
Implementación de BESS para granja solar Choluteca I			CHBESS	
UNIDADES DE MEDIDA: UNIDADES DE MEDIDA A UTILIZAR, PARA ESTIMAR Y TRABAJAR CADA TIPO DE RECURSO.				
TIPO DE RECURSO			UNIDADES DE MEDIDA	
Recurso Personal			Costo / hora	
Recurso Consumible			Unidades Generales	
Recurso No Consumibles			Unidades Generales	
CUENTA DE CONTROL	ENTREGABLES	PRESUPUESTO	RESPONSABLE	FECHAS INICIO-FIN
001	Tarmites Gubernamentales	\$ 76,760.67	Walter J. López	01/03/2024 al 30/09/2024
002	Obra Civil	\$ 39,200.00	Cesia Herrera	01/03/2024 al 16/03/2027
003	Obra Electrica	\$ 17,699,990.00	Carlos Cano	01/03/2024 al 16/03/2027
PLANIFICACIÓN GRADUAL:				
ETAPA	COMPONENTES DE PLANIFICACIÓN	FECHA DE EMISIÓN DE PRESUPUESTO	RESPONSABLE	
Procesos de Compra	Licitaciones, validaciones, compras y pagos	01/03/2024	Compras y Logistica	
MÉTODOS DE MEDICIÓN DE VALOR GANADO				

ALCANCE:	MÉTODO DE MEDICIÓN	MODO DE MEDICIÓN
A todo el Proyecto completo	Valor Acumulado – Curva S	Reporte de Trabajo Completado Semanal por Jakelin Posas
FORMULAS DE PRONÓSTICO DEL VALOR GANADO:		
TIPO DE PRONÓSTICO	FÓRMULA	MODO: QUIÉN, CÓMO, CUÁNDO, DÓNDE
EAC variaciones típicas	$AC + (BAC - EV) / CPI$	Informe de Trabajo Completado Semanal
NIVELES DE ESTIMACIÓN Y DE CONTROL:		
TIPO DE ESTIMACIÓN DE COSTOS	NIVEL DE ESTIMACIÓN DE COSTOS	NIVEL DE CONTROL DE COSTOS
Orden de Magnitud	Por fase	Entregables
Presupuesto	Paquete de trabajo	Entregables
Definitiva	Paquete de trabajo	Entregables
PROCESOS DE GESTIÓN DE COSTOS:		
PROCESO DE GESTIÓN DE COSTOS	DESCRIPCIÓN: QUÉ, QUIÉN, CÓMO, CUÁNDO, DÓNDE, CON QUÉ	
Estimación de Costos	Los costos de los materiales y mano de obra a utilizar se basan en el costo más bajo de al menos 3 cotizaciones de diferentes proveedores.	
Preparación de su Presupuesto de Costes	El presupuesto del proyecto será documentado por Walter J. López y aprobado por el patrocinador principal, Choluteca I	
Control de Costes	Cualquier discrepancia o variación en el presupuesto de los recursos deberá ser documentado y aprobado por el director del proyecto, Walter J. López. Cada variación debe ser notificada al patrocinador principal lo más pronto posible. Se tomará en consideración los siguientes criterios para las variaciones presupuestarias: Toda variación final dentro del +/- 5% del presupuesto será considerada como normal.	
SISTEMA DE CONTROL DE CAMBIOS DE COSTOS:		
Los patrocinadores, Choluteca I y BCIE y el Director del Proyecto: Walter J. López son los responsables de evaluar, aprobar o rechazar las propuestas de cambios.		
Los cambios urgentes pueden dificultar la normal ejecución del proyecto y no pueden esperar a la reunión por su carácter obligatorio, y el total no supera el 5% del presupuesto aprobado del proyecto, estos cambios urgentes serán automáticamente aprobados.		
Estos cambios deben hacerse públicos en la próxima reunión del equipo del proyecto. Se debe realizar una evaluación integral de todos los cambios de costos teniendo en cuenta los objetivos del proyecto y las compensaciones de la triple restricción.		
Los documentos que serán afectados o utilizados en el Control de Cambios de Costos son: - Solicitud de Cambios. - Acta de reunión de coordinación del proyecto. Plan del Proyecto (replanificación de todos los planes que sean afectados)		
En primera instancia el que tiene la potestad de resolver cualquier disputa relativa al tema es el director del proyecto, Walter J. Lopez si está no puede ser resuelta por él, es el patrocinador, Choluteca I, asume la responsabilidad.		

6.3.2.4.2 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS

Consiste en desarrollar una estimación aproximada de los recursos monetarios necesarios para completar las actividades del proyecto. La exactitud de la estimación del costo de un proyecto aumenta según avanza el proyecto, de manera que es un proceso iterativo (Project Management Institute, 2017).

Para el presente proyecto, el cálculo se basó en la estimación del costo de construcción de \$18,168,750.85.

En la etapa de análisis del Costo/Beneficio, que incluye el estudio técnico y financiero, el costo será de 0 lempiras, debido a que el trabajo de investigación, requisito previo a la investidura de máster, será donado a Granja Solar Choluteca I por parte de los autores del mismo.

Para el resto de las actividades, los costos para la realización de esta se ven desglosada en la Tabla 31, contempla gastos de compra de equipos, materiales, aduana, movilización, administrativos y mano de obra relacionada a los contratistas.

Tabla 31. Presupuesto de ejecución del proyecto

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	
				C. UNIT	TOTAL
I	TRAMITES GUBERNAMENTALES				\$ 76,760.85
1.00	Anexo al estudio de Medioambiente, para la instalación de sistemas BESS, en granja solar Choluteca 1. Se realizara el estudio que se agregara al estudio actual como un anexo.	GLB	1.00	\$ 30,431.67	\$ 30,431.67
2.00	Tramites de permisos Municipales y gubernamentales para la ejecución del proyecto, incluyendo constancias, certificados, timbres, planos, movilización y todo lo que este tramite involucre para la finalización.	GLB	1.00	\$ 46,329.18	\$ 46,329.18
II	OBRA CIVIL				\$ 392,000.00
3.00	Corte de tierra en la ubicación de los equipos. Incluye la movilización de desechos adecuadamente.	UNIDAD	20.00	\$ 5,000.00	\$ 100,000.00
4.00	Suministro e instalación de tierra selecta en las posiciones de corte de terreno, incluyendo compactación.	UNIDAD	20.00	\$ 4,600.00	\$ 92,000.00
5.00	Armado de hierro con varilla de 3/8 legitima corrugada para plancha de concreto de XX x XX con una capacidad de carga de 5000PSI	UNIDAD	20.00	\$ 2,000.00	\$ 40,000.00
6.00	Fundición de plancha de concreto de con capacidad de carga de 5000 PSI, sobre armado de hierro, incluyendo sobre este vibrado de concreto, nivelación y cepillado.	UNIDAD	20.00	\$ 8,000.00	\$ 160,000.00
II	OBRA ELECTRICA				\$ 17,699,990.00
7.00	Suministro de equipo compacto de Sistema de Almacenamiento de Energía solar "BESS" con composición química Ion-Litio, con una capacidad de 1 MW, capacidad de descarga de 0.5C. Incluyendo sobre este costo de importación, pagos de impuestos.	UNIDAD	20.00	\$ 602,266.00	\$ 12,045,320.00
8.00	Tramites de desaduanaje de equipo BESS	UNIDAD	20.00	\$ 90,339.90	\$ 1,806,798.00
9.00	Movilización de equipos BEES desde aduana Puerto Cortes hasta granja solar Choluteca 1, incluyendo sobre estos movimientos los costos de seguro d e movilización, seguro de daños directos, seguro de daños a terceros, grúa de montaje a plataforma de movilización y grúa de desmontaje de plataforma a plancha en sitio de instalación.	UNIDAD	20.00	\$ 14,000.00	\$ 280,000.00
10.00	Instalación de cableado de comunicación utp cat 6E en tubería eléctrica PVC sch40 de 1" desde los equipos hasta cuarto de control de PCS-BMS-EMS. Incluye pruebas de certificación de ponchado punto a punto y reporte de las mismas	UNIDAD	20.00	\$ 2,872.80	\$ 57,456.00
11.00	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde string de módulos solares hasta el BESS, incluyendo sobre este 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string, conectores MC4 en ambos puntos de conexión.	UNIDAD	280.00	\$ 5,745.60	\$ 1,608,768.00
12.00	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde BESS hasta inversor solar, incluyendo sobre este 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string del BESS hasta cada string del inversor en conexión punto a punto, conectores MC4 en ambos puntos de conexión.	UNIDAD	280.00	\$ 5,745.60	\$ 1,608,768.00
13.00	Pruebas y certificación de cableado pv-wire, mostrando curva de pérdida y pruebas de megger indicando la capacidad en MOHM no menor a 1000MOH por cada prueba en T=1s, T=1m, T=5m	UNIDAD	560.00	\$ 360.00	\$ 201,600.00
14.00	Aprovisionamiento de equipos BESS con vendedor del mismo, sobre este incluyendo las pruebas de carga y descarga de los equipos que estén sobre los parámetros de fabricación.	UNIDAD	20.00	\$ 3,564.00	\$ 71,280.00
15.00	Configuración y aprovisionamiento de sistema de control de BESS, en cuarto de PCS-BMS-EMS. Incluyendo conexión a sistema scada con el actual sistema de flujo de información para generación de reportes de rendimiento.	GLB	1.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
				TOTAL	\$ 18,168,750.85

Se observan los costos de cada una de las fases, la primera fase investigación tiene un costo de 76,760.85 lempiras, la segunda fase tiene un costo de 392,000.00 la tercera fase tiene un costo de 17,699,990.00.

6.3.2.5 GESTIÓN DE CALIDAD DEL PROYECTO

Planificar la gestión de la calidad es identificar y documentar los estándares y métricas para que el proyecto demuestre el cumplimiento con los mismos. La calidad se planifica, se diseña y se incorpora antes de que comience la ejecución del proyecto.

Tabla 32. Plan de Gestión de la Calidad del Proyecto

NOMBRE DEL PROYECTO:		Implementación de BESS para granja solar Choluteca I
DIRECTOR DEL PROYECTO:		Walter J. López
FECHA DE ELABORACIÓN:		Diciembre 2023
ELABORADO POR:		
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	FECHA
Walter J. López	Director de Proyecto	Diciembre 2023
Carlos W. Cano	Coordinador Electromecánico	Diciembre 2023
Cesia Herrera	Coordinador Civil	Diciembre 2023
PROPÓSITO DEL PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL PROYECTO		
Tomar todos los requerimientos técnicos requeridos para dejar un entregable de calidad y operatividad en base a los análisis financieros planteados.		
ROLES Y RESPONSABILIDADES		
ROL	RESPONSABILIDADES	
Director de Proyecto	- Cumplir en tiempo y con el personal designado los estándares de calidad y cumplimiento del tiempo establecido.	
Coordinador Electromecánico	- Responsable de hacer cumplir los requerimientos según normativas eléctricas y mecánicas vigentes con los más altos estándares de calidad en producto y servicio.	
Coordinador Civil	- Responsable de hacer cumplir los requerimientos según normativas de obra civil vigentes con los más altos estándares de calidad en producto y servicio.	
ABORDAJE PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA CALIDAD		
Describe como el equipo de trabajo implementará la calidad en el proyecto. Este plan busca el aseguramiento de la calidad y la mejora continua de los procesos de construcción de cada uno de los sistemas. Integrará e involucra a todos los grupos para que asuman un papel significativo en el desarrollo y la entrega, de tal forma que todos participen en conjunto.		
ABORDAJE PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD		
Se le otorga a Walter J. López, las facultades para ejecutar, revisar, plantear acciones preventivas o correctivas en los procesos del proyecto, así como se encargará de aprobar el manual de calidad y de los procedimientos operativos.		
ABORDAJE PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD		
<ul style="list-style-type: none"> - Entrega de informes de pruebas civiles de capacidad de carga de concreto. - Pruebas de megger a todo el cableado para asegurar una continuidad. - Check list de cumplimiento de conexiones eléctricas. - Identificador de marcas alfa numéricas para la conexión en ambos extremos, panel-BESS. - Permisos de manipulación de carga (montaje), permisos de trabajo en altura, permisos de trabajo en caliente, permisos inicios diarios de obra. 		
ABORDAJE PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD		
Se harán uso de herramientas estadísticas para la supervisión de la calidad, se harán uso de Histogramas – Pareto, así como revisión de cumplimiento de indicadores para los procesos del proyecto, esto conforme a se va desarrollando el proyecto, y en la revisión de desempeño previo a las auditorias.		

6.3.2.6 GESTIÓN DE LOS RECURSOS DEL PROYECTO

Incluye los procesos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para el cumplimiento con éxito del proyecto. Se debe garantizar que estén disponibles los recursos adecuados para cuando lo necesiten tanto el director del proyecto como el equipo del proyecto.

6.3.2.6.1 PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS

Este proceso se basa en la identificación y documentación de los recursos físicos, los roles de los miembros del equipo dentro de un proyecto, las responsabilidades, las habilidades requeridas, así como los materiales, equipos y suministros necesarios para ejecutar cada una de las actividades del proyecto.

Tabla 33. Planificación de los Recursos en su Etapa de Inicio.

ITEM EDT	DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES DE LA EDT AL NIVEL DE TAREAS	ETAPA DE INICIO DEL PROYECTO				
		Director del Proyecto	Patrocinador	Equipo de Proyecto		
		Walter J. López	Cholulteca I	Carlos W. Cano	Cesia Herrera	Jakelin Posas
1.1	Licitación de Equipos BESS	X		X	X	X
1.2	Licitación de Empresas contratistas			X	X	
1.3	Comparativo de licitaciones					X
1.4	Ejecutar matriz de comparación			X	X	
1.5	Envío de orden de compra y pagos anticipos	X		X	X	X
1.6	Fabricación y envío de BESS					

Tabla 34. Recursos en su Etapa de Planificación

ITEM EDT	DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES DE LA EDT AL NIVEL DE TAREAS	ETAPA DE PLANIFICACION DE PROYECTO				
		Director del Proyecto	Patrocinador	Equipo de Proyecto		
		Walter J. López	Cholulteca I	Carlos W. Cano	Cesia Herrera	Jakelin Posas
1.2.1	Anexo al estudio de Medioambiente, para la instalación de sistemas BESS, en granja solar Cholulteca 1. Se realizará el estudio que se agregará al estudio actual como un anexo.	X		X	X	
1.2.2	Tramites de permisos Municipales y gubernamentales para la ejecución del proyecto, incluyendo constancias, certificados, timbres, planos, movilización y todo lo que este trámite involucre para la finalización.	X		X	X	

Tabla 35. Planificación de los Recursos en su Etapa de Ejecución.

ITEM EDT	DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES DE LA EDT AL NIVEL DE TAREAS	ETAPA DE EJECUCION DEL PROYECTO				
		Director del Proyecto	Patrocinador	Equipo de Proyecto		
		Walter J. López	Cholulteca I	Carlos W. Cano	Cesia Herrera	Jakelin Posas
1.3.1	Corte de tierra en la ubicación de los equipos. Incluye la movilización de desechos adecuadamente.				X	
1.3.2	Suministro e instalación de tierra selecta en las posiciones de corte de terreno, incluyendo compactación.				X	
1.3.3	Armado de hierro con varilla de 3/8 legítima corrugada para plancha de concreto de XX x XX con una capacidad de carga de 5000PSI				X	
1.3.4	Fundición de plancha de concreto de con capacidad de carga de 5000 PSI, sobre armado de hierro, incluyendo sobre este vibrado de concreto, nivelación y cepillado.			X	X	

Continuación de Tabla 35.

ITEM EDT	DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES DE LA EDT AL NIVEL DE TAREAS	ETAPA DE EJECUCION DEL PROYECTO				
		Director del Proyecto	Patrocinado	Equipo de Proyecto		
		Walter J. Lopez	Choluteca I	Carlos W. Cano	Cesia Herrera	Jakelin Posas
1.4.1	Tramites de desaduanaje de equipo BESS	X		X		X
1.4.2	Movilización de equipos BEES desde aduana Puerto Cortes hasta granja solar Choluteca 1, incluyendo sobre estos movimientos los costos de seguro de movilización, seguro de daños directos, seguro de daños a terceros, grúa de montaje a plataforma.			X	X	X
1.4.3	Instalación de cableado de comunicación utp cat 6E en tubería eléctrica PVC sch40 de 1" desde los equipos hasta cuarto de control de PCS-BMS-EMS. Incluye pruebas de certificación de ponchado punto a punto y reporte de las mismas			X		
1.4.4	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde string de módulos solares hasta el BESS, incluyendo sobre esta 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string, conectores MC4 en ambos puntos de conexión.			X		

Continuación de Tabla 35.

ITEM EDT	DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES DE LA EDT AL NIVEL DE TAREAS	ETAPA DE EJECUCION DEL PROYECTO				
		Director del Proyecto	Patrocinado	Equipo de Proyecto		
		Walter J. Lopez	Cholulteca I	Carlos W. Cano	Cesia Herrera	Jakelin Posas
1.4.5	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde BESS hasta inversor solar, incluyendo sobre esta 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string del BESS hasta cada string del inversor en conexión punto a punto, conectores MC4 en ambos puntos			X		
1.4.6	Pruebas y certificación de cableado pv-wire, mostrando curva de perdida y pruebas de megger indicando la capacidad en MOHM no menor a 1000MOH por cada prueba en T=1s, T=1m, T=5m			X		
1.4.7	Aprovisionamiento de equipos BESS con vendedor del mismo, sobre este incluyendo las pruebas de carga y descarga de los equipos que estén sobre los parámetros de fabricación.			X		
1.4.8	Configuración y aprovisionamiento de sistema de control de BESS, en cuarto de PCS-BMS-EMS. Incluyendo conexión a sistema scada con el actual sistema de flujo de información para generación de reportes de rendimiento.			X		

Tabla 36. Planificación de los recursos en su etapa de cierre.

ITEM EDT	DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES DE LA EDT AL NIVEL DE TAREAS	ETAPA DE CIERRE DEL PROYECTO				
		Director del Proyecto	Patrocinado	Equipo de Proyecto		
		Walter J. López	Cholulteca I	Carlos W. Cano	Cesia Herrera	Jakelin Posas
1.5.1	Pruebas de conexión de equipos	X	X	X	X	
1.5.2	Pruebas de comunicación	X	X	X	X	
1.5.3	Pruebas de carga y descarga	X	X	X	X	
1.5.4	Pruebas de puesta en marcha	X	X	X	X	
1.5.5	Capacitación de manejo a personal de planta		X	X	X	
1.5.6	Implementación de plan de mantenimiento y verificación de equipos.	X	X	X	X	
1.5.7	Cierre financiero de la totalidad del proyecto	X		X	X	X

6.3.2.6.2 ESTIMAR LOS RECURSOS DE LAS ACTIVIDADES

En este proceso, se identifica la cantidad y características de los recursos necesarios para complementar las actividades, lo que permite estimar el costo y la duración de la manera más precisa. La duración de una actividad está condicionada por el número de recursos mínimos necesarios para llevarla a cabo y por el número de recursos disponibles para la realización de esta.

En la Tabla 37 se muestran los materiales necesarios para la construcción eléctrica, mecánica y civil.

Tabla 37. Materiales necesarios para la construcción de proyecto general.

Descripción	Cantidad	Unidad	Cantidad Total
Cable PV Wire #10	280	300 metros	84000 m
Conectores MC4	1120	1 Unidad	1120 u
Tubería PVC SCH40 DE 1"	280	300 metros	28000 lances
Cable UTP cat6	20	Unidades	30000 m
Arena	20	Unidades	300 m3
Tierra selecta	20	Unidades	500 m3
Varillas corrugadas de 3/8	20	Unidades	20 mallas
Cemento	20	Unidades	500 m3

En la Tabla 38, se muestran las herramientas para construcciones eléctricas, mecánicas y civiles.

Tabla 38. Herramientas menores necesarias para la construcción del sistema.

Descripción	Cantidad	Unidad
Tesa para MC4	6	Unidad
Megger	2	Unidad
Herramienta Manual varias	10	Kit
Mini Retro Excavadora	2	Unidad
Retro excavadora	1	Unidad
Volqueras	2	Unidad
Tanque de agua	1	Unidad
Compactadora	4	Unidad

En cuanto a los recursos humanos necesarios para la realización de cada una de las actividades del proyecto, se podrán observar en la Tabla 39.

Tabla 39. Recurso humano necesario para la realización de las actividades del proyecto.

Nombre de tarea	Recurso Humano
Ingenieria	8
Compras y Logística	2
Subcontratista	2
Fin del Proyecto	12

Como se aprecia en la Tabla 39, un total de 10 personas y 2 contratistas con su personal directo e indirecto serán necesarias para realizar cada una de las actividades.

6.3.2.7 GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES DEL PROYECTO

Según el Project Management Institute (2017), la gestión de la comunicación del proyecto, incluye los procesos necesarios para la recopilación, la distribución, el almacenamiento, y la disposición final de la información del proyecto sean adecuados y oportunos. Una comunicación eficaz crea un puente entre los diferentes interesados involucrados en un proyecto en la ejecución o resultado del proyecto.

6.3.2.7.1 PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES

El propósito de planificar la gestión de la comunicación es determinar las necesidades y requerimientos de información de las partes relacionadas, para poder determinar cómo se realizará la comunicación.

Tabla 40. Matriz de Comunicaciones del Proyecto

Código de WBS	Información	Contenido	Formato	Nivel de Detalle	Responsable de Comunicar	Grupo Receptor	Metodología o tecnología	Frecuencia de comunicación
1.1	Tramites Gubernamentales	Seguimiento de documentación ingresada a la municipalidad, medioambiente y demás entidades gubernamentales involucradas	MS PROJEC	Alto	Carlos W. Cano Cesia Herrera	Director de Proyecto Patrocinadores	Correo	15 días
2.1	Comunicados Tramites Ordenes	Toda información necesaria para una documentación formal e informal como evidencia de procesos.	Correo	Medio	Walter J. López Carlos W. Cano Cesia Herrera Jakelin Posas Choloteca I	Walter J. López Carlos W. Cano Cesia Herrera Jakelin Posas Choloteca I	Formal	Diaria
3.1	Seguimiento. Atrasos Adelantos Cambios	Seguimiento diario de todas las actividades del proyecto.	Bitácora física	Alto	Carlos W. Cano Cesia Herrera	Director de Proyecto Patrocinadores	Escrita	Diario

6.3.2.8 GESTIÓN DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO

Este proceso se basa en aumentar la probabilidad y el impacto de las contingencias positivas y disminuir las probabilidades e impactos de las contingencias negativas sobre el cumplimiento de alguno de los objetivos del proyecto.

Se deben adoptar estrategias adecuadas para darle respuesta ante cualquier contingencia que pueda presentarse, y evaluar también la efectividad de las respuestas aplicadas a los riesgos que se han planteado, se deben identificar los riesgos potenciales y estar atentos a la aparición de nuevos riesgos.

6.3.2.8.1 PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LOS RIESGOS

Este proceso se refiere a determinar las actividades que agrupan las acciones que hay que realizar para gestionar los riesgos de un proyecto. A continuación, se presenta el plan de gestión de los riesgos para el proyecto Implementación de BESS para granja solar Choluteca I.

Tabla 41. Plan de Gestión de los Riesgos

NOMBRE DEL PROYECTO		SIGLAS DEL PROYECTO	
Implementación de BESS para granja solar Choluteca I		CHBESS	
METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS			
PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTAS	FUENTES DE INFORMACIÓN
Planificación de Gestión de los Riesgos	Elaborar Plan de Gestión de los Riesgos	<i>Guía del PMBOK</i> PMI	Patrocinadores, director del proyecto y equipo de proyecto
Identificación de Riesgos	Identificar que riesgos pueden afectar el proyecto y documentar sus características	Lista de riesgos	Patrocinadores, director del proyecto y equipo de proyecto y archivos históricos de proyectos
Análisis Cualitativo de Riesgos	Evaluar probabilidad e impacto Establecer ranking de importancia	Definición de probabilidad e impacto Matriz de Probabilidad e Impacto	Patrocinadores, director de proyectos y equipo de proyecto
Análisis Cuantitativo de Riesgos	Evaluar probabilidad e impacto Establecer ranking de importancia	Definición de probabilidad e impacto Matriz de Probabilidad e Impacto	Patrocinadores, director de proyectos y equipo de proyecto
Planificación de Respuesta a los Riesgos	Definir respuesta a riesgos Planificar ejecución de respuestas		Sponsor y usuarios. PM y equipo de proyecto Archivos históricos de proyectos
ROLES Y RESPONSABILIDADES DE GESTIÓN DE RIESGOS			

PROCESO	ROLES	PERSONAS	RESPONSABILIDADES
Planificación de Gestión de los Riesgos	Equipo de G. Riesgos Líder Apoyo Miembros	No aplica	Dirigir actividad, responsable directo Proveer definiciones Ejecutar Actividad
Identificación de Riesgos	Equipo de G. Riesgos Líder Apoyo Miembros	No aplica	Dirigir actividad, responsable directo Proveer definiciones Ejecutar Actividad
Análisis Cualitativo de Riesgos	Equipo de G. Riesgos Líder Apoyo Miembros	No aplica	Dirigir actividad, responsable directo Proveer definiciones Ejecutar Actividad
Análisis Cuantitativo de Riesgos	Equipo de G. Riesgos Líder Apoyo Miembros	No aplica	Director del Proyecto.
Planificación de Respuesta a los Riesgos	Equipo de G. Riesgos Líder Apoyo Miembros	No aplica	Dirigir actividad, responsable directo Proveer definiciones Ejecutar Actividad

PERIODICIDAD DE LA GESTIÓN DE RIESGOS

PROCESO	MOMENTO DE EJECUCIÓN	ENTREGABLE DEL WBS	PERIODICIDAD DE EJECUCIÓN
Planificación de Gestión de los Riesgos	Al inicio del proyecto Con cambios en el proyecto	1.1 Trámites 2.1 Comunicados y Ordenes 3.1 Seguimiento, atrasos, adelantos y cambios	Mensual
Identificación de Riesgos	Al inicio del proyecto En cada reunión del equipo del proyecto	3.1 Seguimiento, atrasos, adelantos y cambios	Una vez Semanal
Análisis Cualitativo de Riesgos	Al inicio del proyecto En cada reunión del equipo del proyecto	3.1 Seguimiento, atrasos, adelantos y cambios	Una vez Semanal
Planificación de Respuesta a los Riesgos	Al inicio del proyecto En cada reunión del equipo del proyecto	3.1 Seguimiento, atrasos, adelantos y cambios	Una vez Semanal
Seguimiento y Control del Riesgos	En cada fase del proyecto	3.1 Seguimiento, atrasos, adelantos y cambios	Semanal

FORMATOS DE LA GESTIÓN DE RIESGOS

Planificación de Gestión de los Riesgos	Plan de Gestión de Riesgos
Identificación de Riesgos	Identificación y Evaluación Cualitativa de Riesgos
Análisis Cualitativo de Riesgos	Identificación y Evaluación Cualitativa de Riesgos
Planificación de Respuesta a los Riesgos	Plan de Respuesta a Riesgos

6.3.2.8.2 IDENTIFICAR LOS RIESGOS

Al tener establecido el plan de gestión de riesgos del proyecto, se procede a identificar los riesgos que puedan afectar al proyecto y se documentan sus características, este proceso es iterativo, que se debe ir actualizando en cada uno de los procesos de la gestión de los riesgos, debido a que los riesgos pueden variar o verse modificado a medida que vaya avanzando a lo largo de su ciclo de vida (Project Management Institute, 2017).

Tabla 42. Identificación de los riesgos del proyecto.

EDT	ACTIVIDAD	RIESGOS IDENTIFICADOS		
		TIPO DE RIESGO		
		DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	EXTERNO	INTERNO
1	IMPLEMENTACION DE BESS PARA GRANJA SOLAR CHOLUTECA I			
1.1	PROCESOS DE COMPRA			
1.1.1	Licitación de Equipos BESS	Entrega tarde de las cotizaciones		X
1.1.2	Licitación de Empresas contratistas	Entrega tarde de las cotizaciones		X
1.1.3	Comparativo de licitaciones	Mal manejo de los comparativos	X	
1.1.4	Ejecutar matriz de comparación	Mala evaluacion de los parametros establecidos	X	
1.1.5	Envío de orden de compra y pagos anticipos		X	
1.1.9	Fabricacion y envio de BESS			X
1.2	TRAMITES GUBERNAMENTALES			
1.2.1	Anexo al estudio de Medioambiente, para la instalación de sistemas BESS, en granja solar Choluteca 1. Se realizará el estudio que se agregará al estudio actual como un anexo.	Elaboracion de ademdun tadio. Revision de las entidades gubernamentales tardia	X	X
1.2.2	Tramites de permisos Municipales y gubernamentales para la ejecución del proyecto, incluyendo constancias, certificados, timbres, planos, movilización y todo lo que este trámite involucre para la finalización.	Elaboracion de ademdun tadio. Revision de las entidades gubernamentales tardia	X	X

Continuación de Tabla 42.

EDT	ACTIVIDAD	RIESGOS IDENTIFICADOS		
		TIPO DE RIESGO		
		DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	EXTERNO	INTERNO
1.3	OBRA CIVIL			
1.3.1	Corte de tierra en la ubicación de los equipos. Incluye la movilización de desechos adecuadamente.	Manejo de desechos		x
1.3.2	Suministro e instalación de tierra selecta en las posiciones de corte de terreno, incluyendo compactación.	Compactación adecuada		x
1.3.3	Armado de hierro con varilla de 3/8 legitima corrugada para plancha de concreto de XX x XX con una capacidad de carga de 5000PSI	Correcta colocación de la malla en sitio de construcción		x
1.3.4	Fundición de plancha de concreto de con capacidad de carga de 5000 PSI, sobre armado de hierro, incluyendo sobre este vibrado de concreto, nivelación y cepillado.	Tiempo óptimo de cecado para obtener la capacidad general de carga		x
1.4	OBRA ELECTRICA			
1.4.1	Tramites de desaduanaje de equipo BESS	Declaración de carga correcta por parte del proveedor. Costos económicos asociados dentro de lo estimado	x	x
1.4.2	Movilización de equipos BEES desde aduana Puerto Cortes hasta granja solar Choluteca 1, incluyendo sobre estos movimientos los costos de seguro de movilización, seguro de daños directos, seguro de daños a terceros, grúa de montaje a plataforma de movilización.	Accidente en tránsito terrestre. Daño en el equipo	x	x
1.4.3	Instalación de cableado de comunicación utp cat 6E en tubería eléctrica PVC sch40 de 1" desde los equipos hasta cuarto de control de PCS-BMS-EMS. Incluye pruebas de certificación de ponchado punto a punto y reporte de las mismas			

Continuación de Tabla 42.

EDT	ACTIVIDAD	RIESGOS IDENTIFICADOS		
		TIPO DE RIESGO		
		DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	EXTERNO	INTERNO
1.4.4	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde string de módulos solares hasta el BESS, incluyendo sobre esta 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string, conectores MC4 en ambos puntos de conexión.			
1.4.5	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde BESS hasta inversor solar, incluyendo sobre esta 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string del BESS hasta cada string del inversor en conexión punto a punto, conectores MC4 en ambos puntos de con			
1.4.6	Pruebas y certificación de cableado pv-wire, mostrando curva de pérdida y pruebas de megger indicando la capacidad en MOHM no menor a 1000MOH por cada prueba en T=1s, T=1m, T=5m	Pruebas fallidas	X	X
1.4.7	Aprovisionamiento de equipos BESS con vendedor del mismo, sobre este incluyendo las pruebas de carga y descarga de los equipos que estén sobre los parámetros de fabricación.	Pruebas fallidas	X	X
1.4.8	Configuración y aprovisionamiento de sistema de control de BESS, en cuarto de PCS-BMS-EMS. Incluyendo conexión a sistema scada con el actual sistema de flujo de información para generación de reportes de rendimiento.	Pruebas fallidas	X	X
1.5	APROVICIONAMIENTO DE EQUIPOS			
1.5.1	Pruebas de conexión de equipos	Pruebas fallidas	X	X
1.5.2	Pruebas de comunicación	Pruebas fallidas	X	X
1.5.3	Pruebas de carga y descarga	Pruebas fallidas	X	X
1.5.4	Pruebas de puesta en marcha	Pruebas fallidas	X	X
1.6	CIERRE DE PROYECTO			
1.6.1	Capacitación de manejo a personal de planta			
1.6.2	Implementación de plan de mantenimiento y verificación de equipos.			
1.6.3	Cierre financiero de la totalidad del proyecto	Presupuesto elevado		X

6.3.2.8.3 REALIZAR EL ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS

Consiste en priorizar los riesgos identificados en el caso que se presenten para poder realizar otros análisis posteriores, se toma en consideración la probabilidad de que ocurra el riesgo y el impacto de que los mismos puedan tener en el proyecto.

Tabla 43. Criterios de Evaluación del Riesgo - Escala de Color

ESCALA DEL RIESGO PARA LA PROBABILIDAD Y LA GRAVEDAD DE IMPACTO	ALTO	0.61-100
	MODERADO	0.31-0.6
	BAJO	0-30

Tabla 44. Análisis Cualitativo de los Riesgos.

EDT	ACTIVIDAD	ANÁLISIS CUALITATIVO DEL RIESGO			
		PROBABILIDAD		GRAVEDAD O IMPACTO	
		CATEGORIA	VALOR	CATEGORIA	VALOR
1	IMPLEMENTACION DE BESS PARA GRANJA SOLAR CHOLUTECA I				
1.1	PROCESOS DE COMPRA				
1.1.1	Licitación de Equipos BESS	B	5%	B	5%
1.1.2	Licitación de Empresas contratistas	B	20%	B	5%
1.1.3	Comparativo de licitaciones	B	15%	B	5%
1.1.4	Ejecutar matriz de comparación	B	10%	B	5%
1.1.5	Envío de orden de compra y pagos anticipos	M	50%	A	90%
1.1.9	Fabricacion y envio de BESS	M	60%	A	90%
1.2	TRAMITES GUBERNAMENTALES				
1.2.1	Anexo al estudio de Medioambiente, para la instalación de sistemas BESS, en granja solar Choluteca 1. Se realizará el estudio que se agregará al estudio actual como un anexo.	M	40%	A	70%

Continuación de Tabla 44.

EDT	ACTIVIDAD	ANALISIS CUALITATIVO DEL RIESGO			
		PROBABILIDAD		GRAVEDAD O IMPACTO	
		CATEGORIA	VALOR	CATEGORIA	VALOR
1.2.2	Tramites de permisos Municipales y gubernamentales para la ejecución del proyecto, incluyendo constancias, certificados, timbres, planos, movilización y todo lo que este trámite involucre para la finalización.	M	40%	A	70%
1.3	OBRA CIVIL				
1.3.1	Corte de tierra en la ubicación de los equipos. Incluye la movilización de desechos adecuadamente.	B	0%	B	0%
1.3.2	Suministro e instalación de tierra selecta en las posiciones de corte de terreno, incluyendo compactación.	B	5%	B	0%
1.3.3	Armado de hierro con varilla de 3/8 legitima corrugada para plancha de concreto de XX x XX con una capacidad de carga de 5000PSI	B	20%	M	60%
1.3.4	Fundición de plancha de concreto de con capacidad de carga de 5000 PSI, sobre armado de hierro, incluyendo sobre este vibrado de concreto, nivelación y cepillado.	M	40%	A	70%
1.4	OBRA ELECTRICA				
1.4.1	Tramites de desaduanaje de equipo BESS	M	50%	A	70%

Continuación de Tabla 44.

EDT	ACTIVIDAD	ANALISIS CUALITATIVO DEL RIESGO			
		PROBABILIDAD		GRAVEDAD O IMPACTO	
		CATEGORIA	VALOR	CATEGORIA	VALOR
1.4.2	Movilización de equipos BEES desde aduana Puerto Cortes hasta granja solar Choloteca 1, incluyendo sobre estos movimientos los costos de seguro de movilización, seguro de daños directos, seguro de daños a terceros, grúa de montaje a plataforma de movilización.	M	40%	A	95%
1.4.3	Instalación de cableado de comunicación utp cat 6E en tubería eléctrica PVC sch40 de 1" desde los equipos hasta cuarto de control de PCS-BMS-EMS. Incluye pruebas de certificación de ponchado punto a punto y reporte de las mismas	B	5%	P	0%
1.4.4	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde string de módulos solares hasta el BESS, incluyendo sobre esta 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string, conectores MC4 en ambos puntos de conexión.	B	15%	B	20%
1.4.5	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde BESS hasta inversor solar, incluyendo sobre esta 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string del BESS hasta cada string del inversor en conexión punto a punto, conectores MC4 en ambos puntos.	B	15%	B	20%

Continuación de Tabla 44.

EDT	ACTIVIDAD	ANALISIS CUALITATIVO DEL RIESGO			
		PROBABILIDAD		GRAVEDAD O IMPACTO	
		CATEGORIA	VALOR	CATEGORIA	VALOR
1.4.6	Pruebas y certificación de cableado pv-wire, mostrando curva de perdida y pruebas de megger indicando la capacidad en MOHM no menor a 1000MOH por cada prueba en T=1s, T=1m, T=5m	B	15%	B	20%
1.4.7	Aprovisionamiento de equipos BESS con vendedor del mismo, sobre este incluyendo las pruebas de carga y descarga de los equipos que estén sobre los parámetros de fabricación.	B	15%	B	20%
1.4.8	Configuración y aprovisionamiento de sistema de control de BESS, en cuarto de PCS-BMS-EMS. Incluyendo conexión a sistema scada con el actual sistema de flujo de información para generación de reportes de rendimiento.	B	15%	B	20%
1.5	APROVICIONAMIENTO DE EQUIPOS				
1.5.1	Pruebas de conexión de equipos	M	40%	A	61%
1.5.2	Pruebas de comunicación	M	40%	A	61%
1.5.3	Pruebas de carga y descarga	M	40%	A	61%
1.5.4	Pruebas de puesta en marcha	M	40%	A	61%
1.6	CIERRE DE PROYECTO				
1.6.1	Capacitacion de manejo a personal de planta	B	5%	B	5%

Continuación de Tabla 44.

EDT	ACTIVIDAD	ANALISIS CUALITATIVO DEL RIESGO			
		PROBABILIDAD		GRAVEDAD O IMPACTO	
		CATEGORIA	VALOR	CATEGORIA	VALOR
1.6.2	Implementacion de plan de mantenimiento y verificacion de equipos.	B	5%	B	5%
1.6.3	Cierre financiero de la totalidad del proyecto	B	5%	B	5%

6.3.2.8.4 REALIZAR EL ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS RIESGOS

Incluye determinar todas las posibles situaciones inesperadas que pueden ocurrir en la ejecución del proyecto, calculando cada riesgo causado por la gravedad de las consecuencias causadas por la frecuencia de ocurrencia, y el representante de los riesgos globales.

A continuación, se muestra la consideración del análisis cuantitativo de los riesgos y su ubicación según la escala de categorización del riesgo.

Tabla 45. Escala de categorización del riesgo.

ESCALA DE CATEGORIZACION DEL RIESGO	ALTO	≥ 0.30
	MODERADO	[0.15-0.29[
	BAJO]0,0.14[

Se observa los criterios para determinar en qué nivel se encuentra el riesgo, alto, moderado o bajo, en la siguiente tabla se realiza la categorización para cada actividad.

Tabla 46. Análisis Cuantitativo de los Riesgos.

EDT	ACTIVIDAD	ANALISIS CUANTITATIVO DEL RIESGO		
		RIESGO		
		CATEGORIA	VALOR	ESCALA DE COLOR
1	IMPLEMENTACION DE BESS PARA GRANJA SOLAR CHOLUTECA I			
1.1	PROCESOS DE COMPRA			
1.1.1	Licitación de Equipos BESS	B	0%	
1.1.2	Licitación de Empresas contratistas	B	0%	
1.1.3	Comparativo de licitaciones	B	0%	
1.1.4	Ejecutar matriz de comparación	B	0%	
1.1.5	Envío de orden de compra y pagos anticipos	B	0%	
1.1.9	Fabricacion y envio de BESS	A	90%	
1.2	TRAMITES GUBERNAMENTALES			
1.2.1	Anexo al estudio de Medioambiente, para la instalación de sistemas BESS, en granja solar Choluteca 1. Se realizará el estudio que se agregará al estudio actual como un anexo.	A	95%	

Continuación de Tabla 46.

EDT	ACTIVIDAD	ANALISIS CUANTITATIVO DEL RIESGO		
		RIESGO		
		CATEGORIA	VALOR	ESCALA DE COLOR
1.2.2	Tramites de permisos Municipales y gubernamentales para la ejecución del proyecto, incluyendo constancias, certificados, timbres, planos, movilización y todo lo que este trámite involucre para la finalización.	A	95%	
1.3	OBRA CIVIL			
1.3.1	Corte de tierra en la ubicación de los equipos. Incluye la movilización de desechos adecuadamente.	B	5%	
1.3.2	Suministro e instalación de tierra selecta en las posiciones de corte de terreno, incluyendo compactación.	B	5%	
1.3.3	Armado de hierro con varilla de 3/8 legitima corrugada para plancha de concreto de XX x XX con una capacidad de carga de 5000PSI	B	5%	
1.3.4	Fundición de plancha de concreto de con capacidad de carga de 5000 PSI, sobre armado de hierro, incluyendo sobre este vibrado de concreto, nivelación y cepillado.	B	5%	
1.4	OBRA ELECTRICA			
1.4.1	Tramites de desaduanaje de equipo BESS	B	5%	
1.4.2	Movilización de equipos BEES desde aduana Puerto Cortes hasta granja solar Choluteca 1, incluyendo sobre estos movimientos los costos de seguro de movilización, seguro de daños directos, seguro de daños a terceros, grúa de montaje a plataforma de movilización.	B	5%	

Continuación de Tabla 46.

EDT	ACTIVIDAD	ANALISIS CUANTITATIVO DEL RIESGO		
		RIESGO		
		CATEGORIA	VALOR	ESCALA DE COLOR
1.4.3	Instalación de cableado de comunicación utp cat 6E en tubería eléctrica PVC sch40 de 1" desde los equipos hasta cuarto de control de PCS-BMS-EMS. Incluye pruebas de certificación de ponchado punto a punto y reporte de las mismas	B	5%	
1.4.4	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde string de módulos solares hasta el BESS, incluyendo sobre esta 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string, conectores MC4 en ambos puntos de conexión.	B	5%	
1.4.5	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde BESS hasta inversor solar, incluyendo sobre esta 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string del BESS hasta cada string del inversor en conexión punto a punto, conectores MC4 en ambos puntos de con	B	5%	
1.4.6	Pruebas y certificación de cableado pv-wire, mostrando curva de pérdida y pruebas de megger indicando la capacidad en MOHM no menor a 1000MOH por cada prueba en T=1s, T=1m, T=5m	B	5%	
1.4.7	Aprovisionamiento de equipos BESS con vendedor del mismo, sobre este incluyendo las pruebas de carga y descarga de los equipos que estén sobre los parámetros de fabricación.	B	5%	

Continuación de Tabla 46.

EDT	ACTIVIDAD	ANALISIS CUANTITATIVO DEL RIESGO		
		RIESGO		
		CATEGORIA	VALOR	ESCALA DE COLOR
1.4.8	Configuración y aprovisionamiento de sistema de control de BESS, en cuarto de PCS-BMS-EMS. Incluyendo conexión a sistema scada con el actual sistema de flujo de información para generación de reportes de rendimiento.	B	5%	
1.5	APROVICIONAMIENTO DE EQUIPOS			
1.5.1	Pruebas de conexión de equipos	A	70%	
1.5.2	Pruebas de comunicación	A	70%	
1.5.3	Pruebas de carga y descarga	A	70%	
1.5.4	Pruebas de puesta en marcha	A	70%	
1.6	CIERRE DE PROYECTO			
1.6.1	Capacitación de manejo a personal de planta	B	5%	
1.6.2	Implementación de plan de mantenimiento y verificación de equipos.	B	5%	
1.6.3	Cierre financiero de la totalidad del proyecto	A	70%	

6.3.2.8.5 PLANIFICAR LA RESPUESTA A LOS RIESGOS

Según el Project Management Institute (2017), la planificación de la respuesta a los riesgos es el proceso de desarrollar opciones, determinar estrategias y definir las acciones para abordar la exposición general al riesgo del proyecto, así como para tratar los riesgos individuales del proyecto. Este proceso identifica la forma correcta para abordar los riesgos, generales y específicos del proyecto. A continuación, se presenta la respuesta a cada uno de los riesgos identificados en el proyecto.

Tabla 47. Respuesta a los Riesgos.

Número de Riesgo	Descripción del Riesgo	Tipo de Estrategia	Estrategia de Mitigación
1	IMPLEMENTACION DE BESS PARA PLANTA SOLAR CHOLUTECA I		
1.1	PROCESOS DE COMPRA		
1.1.1	Riesgo en la licitación de equipos BESS	Mitigar	Realizar análisis detallado de proveedores y especificaciones técnicas antes de la licitación.
1.1.2	Licitación de empresas contratistas	Mitigar	Establecer criterios claros de selección y evaluar el historial de proyectos anteriores.
1.1.3	Comparativo de licitaciones	Mitigar	Utilizar herramientas de comparación objetivas y establecer paneles de revisión imparciales.
1.1.4	Ejecutar matriz de comparación	Mitigar	Realizar una revisión exhaustiva de los resultados de la matriz y ajustar según sea necesario.
1.1.5	Envío de orden de compra y pagos anticipados	Transferir	Establecer cláusulas contractuales que protejan los intereses del proyecto.
1.1.6	Fabricación y envío de BESS	Mitigar	Establecer un seguimiento continuo del progreso y establecer plazos claros en los contratos.
1.2	TRÁMITES GUBERNAMENTALES		
1.2.1	Anexo al estudio de medioambiente	Mitigar	Contratar expertos ambientales para garantizar la conformidad y documentar adecuadamente.
1.2.2	Trámites de permisos municipales y gubernamentales	Transferir	Contratar servicios legales especializados para gestionar los trámites y reducir la responsabilidad.
1.3	OBRA CIVIL		
1.3.1	Corte de tierra en la ubicación de los equipos	Evitar	Realizar estudios geotécnicos para identificar áreas propicias y minimizar el impacto del corte de tierra.
1.3.2	Suministro e instalación de tierra selecta	Mitigar	Verificar la calidad de la tierra selecta y realizar pruebas de compactación.
1.3.3	Armado de hierro para plancha de concreto	Mitigar	Garantizar la calidad de los materiales y la correcta instalación por personal calificado.
1.3.4	Fundición de plancha de concreto	Mitigar	Supervisar de cerca el proceso de fundición y realizar pruebas de calidad del concreto.
1.4	OBRA ELÉCTRICA		
1.4.1	Trámites de desaduanaje de equipo BESS	Transferir	Contratar agentes de aduanas con experiencia en importación de equipos similares.
1.4.2	Movilización de equipos BESS desde aduana	Transferir	Contratar servicios de transporte especializado con seguro integral.
1.4.3	Instalación de cableado de comunicación	Mitigar	Utilizar tuberías eléctricas de alta calidad y realizar pruebas exhaustivas de certificación.
1.4.4	Instalación de cableado eléctrico pv-wire	Mitigar	Garantizar la correcta instalación y utilizar materiales resistentes.
1.4.5	Instalación de cableado eléctrico pv-wire	Mitigar	Garantizar la correcta instalación y utilizar materiales resistentes.
1.4.6	Problemas en las pruebas y certificación del cableado pv-wire	Aceptar	Contratar profesionales para realizar pruebas detalladas y certificación del cableado.
1.4.7	Aprovisionamiento de equipos BESS	Mitigar	Verificar las pruebas de carga y descarga de los equipos y revisar los parámetros de fabricación.
1.4.8	Configuración y aprovisionamiento de sistema de control de BESS	Mitigar	Conectar a sistema SCADA y realizar pruebas exhaustivas de rendimiento.
1.5	APROVISIONAMIENTO DE EQUIPOS		
1.5.1	Pruebas de conexión de equipos	Mitigar	Realizar pruebas exhaustivas y revisar el rendimiento de los equipos.
1.5.2	Pruebas de comunicación	Mitigar	Realizar pruebas de comunicación detalladas y corregir cualquier problema identificado.
1.5.3	Pruebas de carga y descarga	Mitigar	Realizar pruebas en fases y contar con un equipo técnico experimentado.
1.5.4	Pruebas de puesta en marcha	Mitigar	Realizar pruebas exhaustivas antes de la puesta en marcha y tener un equipo de respaldo disponible.
1.6	CIERRE DE PROYECTO		
1.6.1	Capacitación de manejo a personal de planta	Mitigar	Implementar un programa de capacitación exhaustivo antes de la puesta en marcha.
1.6.2	Implementación de plan de mantenimiento	Mitigar	Establecer un plan detallado y proporcionar recursos para el mantenimiento preventivo.
1.6.3	Cierre financiero de la totalidad del proyecto	Transferir	Contar con asesoría financiera para mitigar riesgos y garantizar la finalización financiera.

Como se observa en la Tabla 47, al darle repuesta a los riesgos identificados del proyecto, al darle valor al costo estimado al plan de respuesta al riesgo y al definir el costo real a cargar sobre costo del proyecto, que será de \$18,168,750.85. El costo total del proyecto incluyendo la reserva para la contingencia de los riesgos será de \$19,077,188.3925.

6.3.2.9 GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES DEL PROYECTO

Son las gestiones realizadas para comprar los productos, servicios o resultados que se necesitan para el desarrollo con éxito del proyecto. En este proceso, el departamento de compras adquiere mayor relevancia, debido a que deben realizar las compras en tiempo y forma. En este proceso se define cual es el tipo de contrato que más se acopla a las características el proyecto.

6.3.2.9.1 PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES

Consiste en documentar las decisiones de compra para el proyecto para el proyecto, especificar la forma de hacerlo e identificar posibles vendedores. También se identifica quien es el responsable de obtener o ser el titular de permisos y licencias profesionales relevantes que puedan ser solicitados por la legislación, alguna regulación o política de la organización para ejecutar el proyecto (Project Management Institute, 2017). En la Tabla 48, se muestra el plan de gestión de las adquisiciones del proyecto.

6.3.2.10 GESTIÓN DE LOS INTERESADOS DEL PROYECTO

El Project Management Institute (2017) menciona que gestionar las comunicaciones se hace con el fin de satisfacer las necesidades de los interesados en el proyecto y resolver polémicas con ellos. Gestionar activamente a los interesados aumenta la probabilidad de que el proyecto no se desvíe de su curso, debido a polémicas sin resolver con los interesados, mejora la capacidad de las personas de trabajar de forma sinérgica y limita las interrupciones durante el proyecto.

6.3.2.10.1 PLANIFICAR EL INVOLUCRAMIENTO DE LOS INTERESADOS

El planificar el involucramiento de las partes interesadas implica el desarrollo de estrategias de gestión adecuadas para que puedan participar eficazmente durante todo el ciclo de vida del proyecto. Para lograrlo, se debe hacer un análisis de sus necesidades, intereses y potencial impacto en el éxito del proyecto. El plan de gestión de las partes interesadas

determina cómo afectará el proyecto a las partes interesadas. A su vez, esto le permite al director del proyecto desarrollar estrategias para participar efectivamente en el proyecto, gestione sus expectativas y logre los objetivos del proyecto.

Tabla 48. Plan de Gestión de las adquisiciones del proyecto.

NOMBRE DEL PROYECTO	SIGLAS DEL PROYECTO
Implementación de BESS para granja solar Choluteca I	CHBESS
PROCEDIMIENTOS ESTÁNDAR A SEGUIR: PROCEDIMIENTOS DE ADQUISICIÓN QUE SE DEBEN SEGUIR.	
<ul style="list-style-type: none"> - Comparativo de todas la cualidades, ventajas y desventajas de los equipos a adquirir. - Calificación de los proveedores según evaluaciones previas de sus proyectos ejecutados. - Distinguir las fortalezas y debilidades de los contratistas a evaluar para las ejecuciones civiles y eléctricas 	
<ul style="list-style-type: none"> - El personal a contratar tiene que tener estudios académicos grado superior o posgrado en gestión de proyectos, con formación en las áreas requeridas para poder optar a los trabajos según los TDR que se definan de contrataciones. 	
COORDINACIÓN CON OTROS ASPECTOS DE LA GESTIÓN DEL PROYECTO:	
Todas las áreas deben de estar en constante comunicación para una gestión efectiva de tiempo	
COORDINACIÓN CON LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE LOS PROVEEDORES:	
<ul style="list-style-type: none"> - El proveedor y la supervisión deben de seguir una línea de trabajo adecuada a las necesidades del proyecto, proyectando tiempos de entrega y de ejecución que aseguren los tiempos de entrega efectivos. 	
RESTRICCIONES Y SUPUESTOS: QUE PUEDAN AFECTAR LAS ADQUISICIONES PLANIFICADAS Y POR LO TANTO EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO.	
<p>Las restricciones y/o supuestos que han sido identificados y que pueden afectar las adquisiciones del proyecto son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Solicitudes de cambio en el presupuesto del proyecto, debido a la modificación de los precios en la cotización o que la cotización ha sido emitida por un período de validez el cual concluyó. - Se asume que la probabilidad de modificación del cronograma es mínima, pues esto conlleva a renegociar el contrato durante el desarrollo del servicio con todos los proveedores. 	
MÉTRICAS: MÉTRICAS DE ADQUISICIÓN A SER USADAS PARA GESTIONAR Y EVALUAR PROVEEDORES.	
<ul style="list-style-type: none"> - Entrega total del proyecto bajo las regulaciones y estándares actuales. 	

Tabla 49. Involucramiento de los interesados del proyecto.

Poder/Influencia	
Bajo/Alto- Mantener satisfecho CHOLUTECA I ENEE	Alto/Alto – Gestionar de cerca Coordinadores de Proyectos CREE
Bajo/Bajo – Monitorear Director de Proyecto CND	Bajo/Alto – Mantener informado BCIE

Como lo plantea la Tabla 50, los interesados se encuentran clasificados considerando su poder y su interés dentro del proyecto.

Tabla 50. Matriz de Poder - Influencia de Interesados del Proyecto.

Nombre	Cargo	Rol en el proyecto	Información de contacto	Expectativas	Influencia	Clasificación Influencia	Fecha Actualización
Walter J. López	Director de Proyectos	.Dirección general de todas las actividades Control financiero total. Aprobaciones de compras.	wlopez@unitec.edu	Finalización completa del proyecto con éxito y reducción de costos financieros.	Alta	A	dic.-23
Carlos W. Cano	Coordinador Electromecánico	Aprobación de cambios. Seguimiento de actividades. Revisión y aceptación de calidad de Obra	carlos.cano@unitec.edu	Entregable de calidad por los proveedores. Coordinación final de obras.	Media	B	dic.-23
Cesia Herrera	Coordinador Civil	Aprobación de cambios. Seguimiento de actividades. Revisión y aceptación de calidad de Obra	Cesia.herrera@unitec.edu	. Entregable de calidad por los proveedores. Coordinación final de obras.	Media	B	dic.-23

Continuación de Tabla 50.

Nombre	Cargo	Rol en el proyecto	Información de contacto	Expectativas	Influencia	Clasificación Influencia	Fecha Actualización
ENEE	Gestor	Control de la energía despachada a la red de distribución	proyectos@enee.hn	. Mejor calidad de la energía suministrada a la red, control de factor de potencia.	Alta	A	dic.-23
CREE	Gestor	Aplicación de las leyes de regulación de la energía	secgen@cree.gob.hn	Aplicación de la regulación tarifaria de la mejora del suministro y el excedente de generación medido a nivel global	Alta	A	dic.-23
CND	Gestor		comunicaciones@ods.org.hn	Medición correcta de la energía suministrada para el reporte diario y de forma inmediata del suministro.	Alto	A	dic.-23

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akhil, A. A.-P. (2016). DOE/EPRI Electricity Storage Handbook in Collaboration with NRECA. United States. *USDOE Office of Electricity*. doi:<https://doi.org/10.2172/1431469>
- Aurora Inc. Company. (diciembre de 2023). *HelioScope - Comercial Solar Software*. Obtenido de <https://helioscope.aurorasolar.com/>
- Ávila y Lugo, J. (2004). *Introducción a la Economía*. México, D. F.: Plaza y Valdés, S. A. de C. V.
- Baca Urbina, G. (2010). *Evaluación de Proyectos* (Sexta Edición ed.). México, D. F.: Mc Graw Hill.
- Barahona, M. A. (27 de 01 de 2020). Eficiencia e intensidad energética en Honduras, subsector eléctrico: Antecedentes y situación actual. *TRIM*, 17, 93-109. doi: <https://doi.org/10.24197/trim.17.2019.93-109>
- Barchi, G., Miori, G., Moser, D., & Papantoniou, S. (2018). A Small-Scale Prototype for the Optimization of PV Generation and Battery Storage through the Use of a Building Energy Management System. *2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)*, (págs. 1-5).
- Breeze, P. (2018). *Power System Energy Storage Technologies*. ScienceDirect.
- Carrón Gonzáles, J. E., Orella Villavicencio, D. V., Carrión Gonzáles, M., Vega León, A. F., Cuenca Tinítana, J. C., & Carvajal Pérez, R. N. (2019). *Fiabilidad de Redes Eléctricas*. Loja, Ecuador: EDILOJA, Cía. Ltda.
- Centro Nacional de Despacho. (2023). *Informe Anual Operación del Mercado y Sistema Eléctrico año 2022*. Recuperado el 2023 de 09 de 20, de <https://ods.org.hn/informe-anual-operacion-del-mercado/>
- Contreras, G., García, R., & Ramírez, M. (16 de julio de 2009). Uso de simuladores como recurso digital para la transferencia de conocimiento. *Apertura*, 2(1). Recuperado el 03 de diciembre de 2023, de <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura//index.php/apertura/article/view/22/32>
- Diario La Prensa. (17 de agosto de 2022). Recuperado el 3 de diciembre de 2023, de <https://www.laprensa.hn/economia/tarifas-estancan-revision-contratos-energia-enee-JK9628946>
- Diario Oficial La Gaceta. (2013). Ley de promoción a la generación de energía eléctrica con recursos renovables. 33(191).
- Diario Oficial La Gaceta. (2014). Ley General de Industria Eléctrica. pág. <http://www.lagaceta.hn/>. Obtenido de <https://www.cree.gob.hn/documentos/#>
- Dongping Xu, L. W. (Junio de 2019). Research on Li-ion Battery Management System. *ICECE*, 4106-4109. doi:10.1109 / ICECE.2010.998
- Fabricius, A., & Ocampo, D. (14 de 7 de 2023). Emerging Risks in Renewable Energy: A Brief Overview of Solar, Wind, BESS, and Hydro Trends in Latin America.
- Fei Li, Y. H. (2018). Research on Clustering Equivalent Modeling of Large-Scale Photovoltaic Power Plants. *Chinese Journal Of Electrical Engineering*, 4(4), 80-85.
- Galán Montás, A. M. (2016). *Planta Fotovoltaica Choluteca I y II Honduras*. Zoffnas Program For Sustainable Infrastructure.
- Gómez-Ramírez, G. A., Luévano-Reyes, I. A., Mora-Jiménez, G., García-Santander, L., Laskano, M. Z., & Meza, C. (2022). Increasing Distribution Network Capacity through Storage in Central American Countries: A Case Study. *2022 IEEE International Conference on Automation/XXV Congress of the Chilean Association of Automatic Control (ICA-ACCA)*.
- Google Earth. (diciembre de 2023). *Google Earth*. Obtenido de <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>
- Government of Canada. (diciembre de 2023). *RETScreen*. Obtenido de [142](https://natural-</p></div><div data-bbox=)

- resources.canada.ca/maps-tools-and-publications/tools/modelling-tools/retscreen/7465
- Guerrero Pérez, R. (2018). *Edificación y Eficiencia Energética en los Edificios*. España: IC Editorial.
- Hannan, M. A., Wali, S. B., Ker, P. J., Rahman, M. S., Mansor, M., Ramachandramurthy, V. K., . . . Dong, Z. Y. (2021). Battery energy-storage system: A review of technologies, optimization objectives, constraints, approaches, and outstanding issues. *Journal of Energy Storage*.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta. ed.). México D.F.: McGraw Hill.
- Heyzer, J., & Render, B. (2009). *Principio de Administración de Operaciones* (7ma. ed.). Pearson Education.
- Hidalgo-Leon, R., Siguenza, D., Sanchez, C., Leon, J., Jacome-Ruiz, P., Wu, J., & Ortiz, D. (2017). A survey of battery energy storage system (BESS), applications and environmental impacts in power systems. *2017 IEEE Second Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)*. IEEE.
- Hill, C. A., Such, M. C., Chen, D., Gonzalez, J., & Grady, W. M. (junio de 2012). Battery Energy Storage for Enabling Integration of Distributed Solar Power Generation. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 3(2), 850-857. doi:10.1109/TSG.2012.2190113
- HOMER Energy. (diciembre de 2023). *HOMER Pro*. Obtenido de <https://www.homerenergy.com/homer-pro.html>
- Jourdamçn, D. (s.f.). *PVSYST*. (Kemena) Recuperado el 20 de 7 de 2021, de <https://www.pvsyst.com/>
- Kazimierski, M. A. (Marzo de 2018). Almacenamiento energético frente al inminente paradigma renovable: el rol de las baterías ion-litio y las perspectivas sudamericanas. *Letras Verdes*, 23, 108 - 130. doi:doi.org/10.17141/letrasverdes.23.2018.3055
- Kelty, K. (2011). *Energy Storage Systems, Tesla*. Tesla.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2013). *Fundamentos de Marketing*. México: Pearson Educación.
- Kuntz, M. T., & Dawe, J. (2005). *Renewable. Rechargeable. Remarkable*. VRB Power Systems. Mechanical Engineering.
- Lagos Alarcón, C. A. (2021). *Dimensionamiento y Ubicación de un Sistema de Almacenamiento por Baterías en en Sistema mediano AYSÉN*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Lawder, M. T., Suthar, B., Northrop, P. W., De, S., & Hoff, C. M. (junio de 2014). Battery Energy Storage System (BESS) and Battery Management System (BMS) for Grid-Scale Applications. *IEEE*, 102(6), 1014-1030. doi:10.1109/JPROC.2014.2317451
- Lledó, P., & Rivarola, G. (2007). *Gestión de Proyectos* (1era. ed.). Buenos Aires, Argentina: Pearson Education.
- Maranto Rivera, M., & Gonzáles Fernández, M. E. (2015). Fuentes de Información. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*.
- Marshall, A. (1890). *Principles of Economics*. Macmillan.
- Meteonorm. (diciembre de 2023). *Meteonorm Software*. Obtenido de <https://meteonorm.com/en/meteonorm>. (s.f.). *software meteonorm*. (meteonorm) Obtenido de <https://meteonorm.meteotest.ch/en/>
- Morante, J. R. (2014). El Almacenamiento de Electricidad. *Fundacion Gas Natural Fenosa*.
- Naranjo, A. (2006). *Proyecto del Sistema de Distribución Eléctrico*. Caracas, Venezuela: Editorial Equinoccio.
- NASA. (diciembre de 2023). *NASA Power | Prediction of the Worldwide Energy Resources* . Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/>
- Navarro Gonzáles, F. O. (2019). *Análisis de la factibilidad de la integración de BESS a centrales fotovoltaicas*. Universidad de Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/173479>
- Paul Stackhouse, J. B. (s.f.). *Nasa Prediction Of Worldwide Energy Resource*. (NASA) Recuperado el 26 de 7 de 2021, de <https://power.larc.nasa.gov/>

- Project Management Institute. (2017). *La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)* (6ta. ed.). Editor.
- PVSystem. (diciembre de 2023). *PVSystem Photovoltaic software*. Obtenido de <https://www.pvsystem.com/>
- Reyes, L. F. (2019). Situación de la Generación de la Energía Eléctrica a través de Energía Fotovoltaica en Honduras Julio 2015-marzo-2018. *Revista de la Escuela de Física.*, 83-92.
- Roberts, B. P., & Sandberg, C. (2011). The Role of Energy Storage in Development of Smart Grids. *IEEE*, 99(6), 1139-1144. doi:10.1109/JPROC.2011.2116752
- Salaverry, E., & Botana, M. I. (2022). Las teorías sobre cambio climático aplicadas en América Latina y la estandarización de los sistemas ambientales. *Universidad Nacional de La Plata*.
- Salgado, S., Cárcamo, J., Montoya, L., Argueta, R., & Vindel, T. (2019). *Balance Energético*. Tegucigalpa, Honduras.: SEN.
- San Martín, J., Zamora, I., San Martín, J., Aperribay, V., & Eguía, P. (2011). Energy Storage Technologies for Electric Applications. *1*(9), 593-598. doi:<https://doi.org/10.24084/repqj09.398>
- Sandia National Laboratories. (2017). DOE Global Energy Storage Database, Office of Electricity. *Energy Storage Exchange*. doi:<http://www.energystorageexchange.org/projects>.
- Sapag Chain, N. (2011). *Proyectos de Inversión. Formulación y Evaluación* (Segunda ed.). Chile: Pearson Education.
- TIC Portal. (junio de 2023). *Gestión de proyectos: fases, metodologías y sistemas para dominarla*. Obtenido de <https://www.ticportal.es/glosario-tic/gestion-proyectos>
- Torrealba, C., & Rodríguez, Y. (11 de marzo de 2009). *Técnicas de Investigación Documental*. Obtenido de <https://dani14238551.blogspot.com/2009/03/la-recopilacion-documental-como-tecnica.html>
- Torres, M., Paz, K., & Salazar, F. (2020). Métodos de Recolección de Datos para una Investigación.
- Vargas Gil, G. M., Bittencourt Aguiar Cunha, R., Giuseppe Di Santo, S., Machado Monaro, R., Fragoso Costa, F., & Sguarezi Filho, A. J. (2020). Photovoltaic energy in South America: Current state and grid regulation for large-scale and distributed photovoltaic systems.
- Yang, Y., Bremner, S., Menictas, C., & Kay, M. (2018). Battery energy storage system size determination in renewable energy systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Zhang, Y. I. (2015). Cooperative dispatch of bess and wind power generation considering carbon emission limitation in australia. *IEEE Transactions on Industrial* .

ANEXOS

ANEXO 1. Carta de Compromiso para Asesoría Temática



Carta de compromiso para asesoría temática

Señores Facultad de Postgrado UNITEC.

Por este medio yo JOSE TRINIDAD TORO LOPEZ

Identidad No. 0501198103368, Licenciado en INGENIERO MECANICO

INDUSTRIAL Con Maestría en ADMINISTRACION DE PROYECTOS

Con Doctorado en N/A

Hago constar que asumo la responsabilidad de asesorar el trabajo de Tesis de

Maestría denominado ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INTEGRACIÓN
DE SISTEMA BESS EN LA PLANTA SOLAR DE CHOLUTECA I

A ser desarrollado por el (los) estudiante(s):

WALTER JOSUÉ LÓPEZ GALEANO

CARLOS WLADIMIR CANO MEJÍA

Para lo cual me comprometo a realizar de manera oportuna las revisiones y facilitar las observaciones que considere pertinentes a fin de que se logre finalizar el trabajo de tesis en el plazo establecido por la Facultad de Postgrado.

Nombre JOSE TRINIDAD TORO LOPEZ

Número de teléfono/correo electrónico: 99953113

Firma: 

ANEXO 2. Fotografías Planta Solar Choluteca I





ANEXO 3. Ficha Técnica Proveedor TESLA

MEGAPACK



Megapack is an all-in-one utility-scale energy storage system that is scalable to the space, power, and energy requirements of any site from 2 MWh to over 1 GWh. Megapack is optimized for cost, performance, and ease of installation, and includes a standard system warranty of up to 15 years.

FULLY INTEGRATED SYSTEM

Megapack ships with battery modules, bi-directional inverter, thermal management system, and AC main breaker all pre-installed and pre-tested within a single enclosure. This turnkey system is designed to have the industry's fastest, lowest cost installation without sacrificing performance or reliability.

OPTIMIZATION SOFTWARE

Proprietary optimization software, developed in parallel with the Megapack hardware, learns and predicts local energy patterns, offering autonomous charge and discharge and seamless SCADA integration. Fast-response controls can integrate co-located renewables and enable market participation.

ENHANCED SYSTEM SAFETY

Parallel DC/DC converters, integrated heating and cooling at the cell level, and dedicated hazard venting are just a few of the safety and hazard mitigation features built into Megapack. Designed to meet international safety standards, Megapack helps ensure ease-of-permitting wherever it's installed.

INDUSTRY-LEADING RELIABILITY

A vertically integrated product from hardware design and sourcing to software development, Megapack offers significant reliability advantages over the competition. These design advantages are exemplified by a cooling system optimized specifically for Megapack that provides superior heating and cooling while factoring its HVAC energy consumption into its performance, and module-level DC/DC converters that can keep the system running uninterrupted in case of a partial failure.

LOWEST ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) COSTS

Megapack is shipped onsite fully assembled and pre-tested, offering customers the world's fastest utility-scale energy storage installation. Once on site, Megapack only requires seismic anchoring and connection of AC conductors and a communication cable. The EPC benefit is clear: no other current utility-scale solution offers such a simplified process.

GLOBAL SERVICE FOOTPRINT

As a vertically-integrated manufacturer and supplier, Tesla provides a streamlined service offering on all components of Megapack. With Tesla, customers enjoy a single point of contact through all stages of product life. Our operational fleet of 2+ GWh provides valuable data that informs our maintenance models and our performance guarantees, and the entire Megapack system is covered by a standard warranty of up to 15 years, with the option of a 20-year Capacity Maintenance Agreement (CMA) in certain cases.

TESLA

REV. 1.1.0
TESLA.COM/ENERGY

MEGAPACK SPECIFICATIONS

Specifications shown here are indicative and subject to change.

Flexible offering designed for utility-scale projects

- Modular inverter Powerstages allow greater configuration flexibility
- Supports Capacity Maintenance Agreements (CMA)
- Integrate solar PV with DC coupling (future feature)

Proven inverter and battery technology drives design efficiency

- One Megapack includes up to 17 independent battery modules
- Configurable for 2 to 6+ hour charge/discharge cycles
- Best-in-class site-level energy density

Turnkey solution enables rapid and cost-effective deployment

- Up to 40% expected reduction in EPC costs compared to Powerpack
- Pre-assembled and pre-tested at Tesla's Gigafactory
- No DC connections required onsite



ELECTRICAL

AC Voltage	400-480 VAC 3-phase
Nominal Frequency	50 or 60 Hz
Continuous Charge/Discharge Duration	2 to 6+ hours
AC Power/Energy Available per Megapack ¹	2 hr: 1257 kW / 2514 kWh 4 hr: 730.5 kW / 2068 kWh
Inverter Size (at 480 VAC)	2 hr: Scalable up to 1540 kVA 4 hr: Scalable up to 910 kVA
PV	Interface: Direct DC Coupled Max Voc: 1500 Vdc Max Imp: 2390 Adc

Megapack is a customizable energy system capable of being sized according to customer needs. Below are specifications for standard system sizes available without customization.

STANDARD SYSTEM SPECIFICATIONS

	AC Power/Energy Available per Megapack ¹	Roundtrip System Efficiency ¹
2 Hour Light	1005.5 kW / 2011 kWh	87.0%
2 Hour Standard	1257 kW / 2514 kWh	87.0%
4 Hour Light	622 kW / 2088 kWh	90.5%
4 Hour Standard	730.5 kW / 2068 kWh	90.5%

¹Nominal energy at 20°C (77°F) including thermal management loads, Day 1

MECHANICAL AND MOUNTING

Ingress Ratings	IP66/NEMA 3R (Main enclosure) IP20 (Thermal system)
Unit Dimensions	W: 7125 mm (23 ft 5 in) D: 1600 mm (5 ft 3 in) H: 2516 mm (8 ft 3 in)
Unit Maximum Weight ¹	Standard: 25,400 kg (56,000 lbs) Light: 19,700 kg (43,430 lbs)
Operating Ambient Temperature	-30°C to 50°C (-22°F to 122°F)

¹Optimized for global payload limits

REGULATORY (Expected Listings)

Lithium-Ion Cells	NRTL listed to UL 1642
System	NRTL listed to UL 1973, 9540, 9540A, 1741 SA IEEE 1547 Compliant to grid codes and safety standards of all major markets

COMMUNICATIONS

Protocol	Modbus TCP DNP3 Rest API
----------	--------------------------------

TESLA

TESLA.COM/ENERGY

PV DC-COUPLED SPECIFICATIONS

Megapack is capable of being the grid connection point for solar PV plants. This is accomplished by integrating solar PV with Megapack using a Tesla PV Sidecar: a 16 input PV combiner box with disconnects and zonal monitoring. By eliminating the separate PV inverter, Tesla's DC-integrated solution reduces system level costs and minimizes the number of power conversion steps to improve overall site level efficiency. The Megapack architecture supports a wide range of DC/AC (solar PV) and power-energy (storage) ratios, providing the flexibility to optimize for any PV plus storage use case. Integrating the entire plant with a single control system, Tesla's solution provides a fast, seamless, and robust platform for solar PV ramp control and firm or dispatchable renewable power generation.

ELECTRICAL - AC INTERFACE

Battery Power/Energy Available (Net AC) per Megapack ¹	Scalable battery module quantity. 2 hr: Up to 1257 kW / 2514 kWh 4 hr: Up to 730.5 kW / 2958 kWh
---	--

Shared Solar/Battery Inverter Size (at 480 VAC)	Scalable up to 1540 kVA at 70kVA increments
---	---

¹ Nominal energy at 25°C (77°F) including thermal management loads

MECHANICAL AND MOUNTING

Ingress Ratings	IP66/NEMA 3R (Main enclosure) IP20 (Thermal system)
-----------------	--

Unit Dimensions	W: 830 mm (2 ft 9 in) D: 1600 mm (5 ft 3 in) H: 2516 mm (8 ft 3 in)
-----------------	---

Unit Maximum Weight	500 kg (1100 lbs) for PV Sidecar
---------------------	----------------------------------

ELECTRICAL - PV DC INTERFACE

PV Interface Type	Direct DC Coupled, via Tesla provided PV Integration Unit No PV DC/DC Converter
-------------------	--

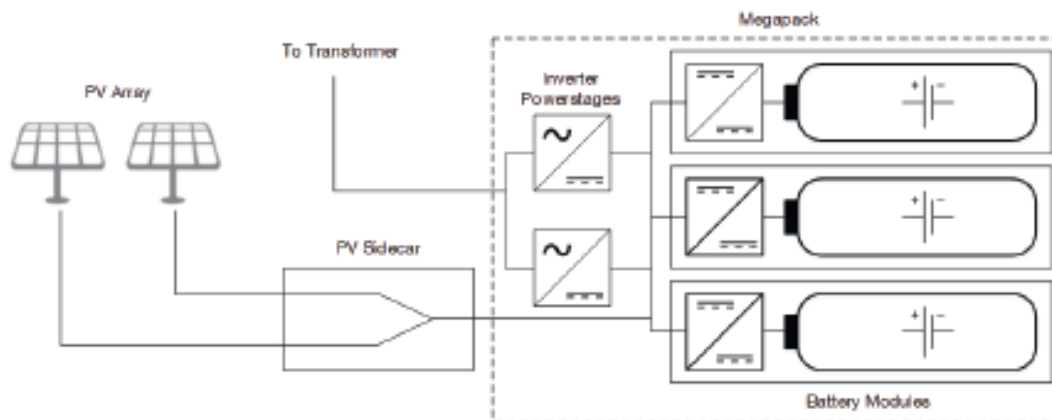
PV Interface Ratings	Max V _{oC} : 1500 Vdc Max Imp: 2900 Adc
----------------------	---

Maximum Power Point Tracking	MPPT Min V: 734 Vdc MPPT Max V: 961 Vdc Curtailment via MPPT or zonal disconnects
------------------------------	---

PV Inputs	Input Zone Count: 16 Input Size: 250-400 Adc Contactors and IGBT disconnects per zone Zonal current and voltage monitoring
-----------	---

COMMUNICATIONS

Protocol	Modbus TCP DNP3 Rest API
----------	--------------------------------



ANEXO 4. Ficha Técnica Proveedor TROES



Sistema de Almacenamiento de Energía con Batería (BESS) Información del Producto

Soluciones de almacenamiento de energía adaptables y modulares



SEDE
3600 Steeles Ave. E
Markham, ON, Canada L3R 9Z7

DATOS DE CONTACTO
support@troescorp.com
www.troescorp.com

INFORMACION DE VENTAS
+1-888-998-7637
info@troescorp.com

INTRODUCCIÓN

TROES ofrece una amplia gama de aplicaciones para todos los tipos de proyectos.

Algunas de las aplicaciones compatibles con nuestro BESS:

- Aumento de la capacidad
- Aumento de CHP
- Respaldo de carga crítica
- Respuesta a la demanda
- Reemplazo de diésel
- Aumento de diésel
- Arbitraje energético
- Soporte para demanda de cargadores de VE
- Soporte para picos extremos
- Reemplazo de plomo ácido
- Nivelación de cargas punta
- Mejora de la calidad de la energía
- Autosuministro
- Sistema de Alimentación Ininterrumpible

ACERCA DE TROES

TROES, establecido en 2018, es un proveedor avanzado de sistemas de almacenamiento de energía con batería (BESS). TROES se especializa en el desarrollo, diseño, fabricación y entrega de sistemas de almacenamiento de energía inteligentes, modulares y gestionados en la nube como una solución completa e integral.

Utilizando tecnología patentada, TROES se distingue de otros proveedores de almacenamiento de energía al hacer posible proyectos de tamaño mediano con productos y soluciones de almacenamiento de energía por batería que son fáciles de instalar y que son seguros, rentables y adaptables.

¿POR QUÉ ELEGIR TROES?

TROES ayuda a los distribuidores y consumidores de energía eléctrica a resolver puntos débiles como:

- Altas facturas de servicios públicos
- Problemas de confiabilidad de energía
- Escasez de capacidad de la infraestructura de red existente
- Falta de disponibilidad de cobertura de la red

EXPERIENCIA DE TROES EN EL MERCADO COMERCIAL, INDUSTRIAL E INSTITUCIONAL (CII)



10+

PAÍSES ASOCIADOS



60+

PROYECTOS DISEÑADOS*



20+

APLICACIONES OFRECIDAS































*Simulados, desplegados o contratados

POR QUÉ TROES ES DIFERENTE

LA SEGURIDAD

QUÍMICA BASADA EN LFP

Las baterías de TROES se basan en la química del fosfato de hierro y litio (LFP). Es la química de batería preferida para aplicaciones estacionarias. LFP proporciona una mejor estabilidad térmica y estructural y una mayor vida útil en comparación con otros productos químicos de la batería de la competencia.

Material Activo Clave	Fosfato de Hierro y Litio	Óxido de Litio Níquel Manganese Cobalto	Óxido de Litio y Manganese	Óxido de Litio Níquel Cobalto Aluminio	Titanato de Litio
Abreviación de la Tecnología	LFP	NMC	LMO	NCA	LTO
Cátodo	LiFePO_4	$\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_{1-x-y}\text{O}_2$	LiMn_2O_4 (espinela)	LiNiCoAlO_2	variable
Ánodo	C (grafito)	C (grafito)	C (grafito)	C (grafito)	$\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$
Seguridad					
Densidad de Potencia					
Densidad de Energía					
Ventaja de Costo de la Celda					
De por vida					
Rendimiento de BESS					

Fuente: Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), 2017

POR QUÉ TROES ES DIFERENTE – CONT'D

LA SEGURIDAD

LA SEGURIDAD ES LA MÁXIMA PRIORIDAD

Las baterías TROES han superado más de 30 pruebas de seguridad. Estas pruebas incluyen rigurosas pruebas eléctricas, mecánicas, de materiales, ambientales y de falla. Dos de las pruebas más exigentes son la prueba de propagación de calor y la prueba de perforación de celda.

PRUEBA DE PROPAGACIÓN DE CALOR 380°C

La prueba de falla de celda mide y evalúa el estado de la celda de la batería después de una falla causada por condiciones extremas como extrusión, punción, cortocircuito o temperatura ultra alta. Esta prueba opcional se pasa si las baterías pueden soportar temperaturas de 380 °C.

Resultados: Las celdas de batería de TROES soportaron 380 °C sin que prendieran fuego o que explotaran. TROES es uno de los pocos fabricantes de almacenamiento de energía para llevar a cabo el experimento y pasar la prueba en el primer intento.



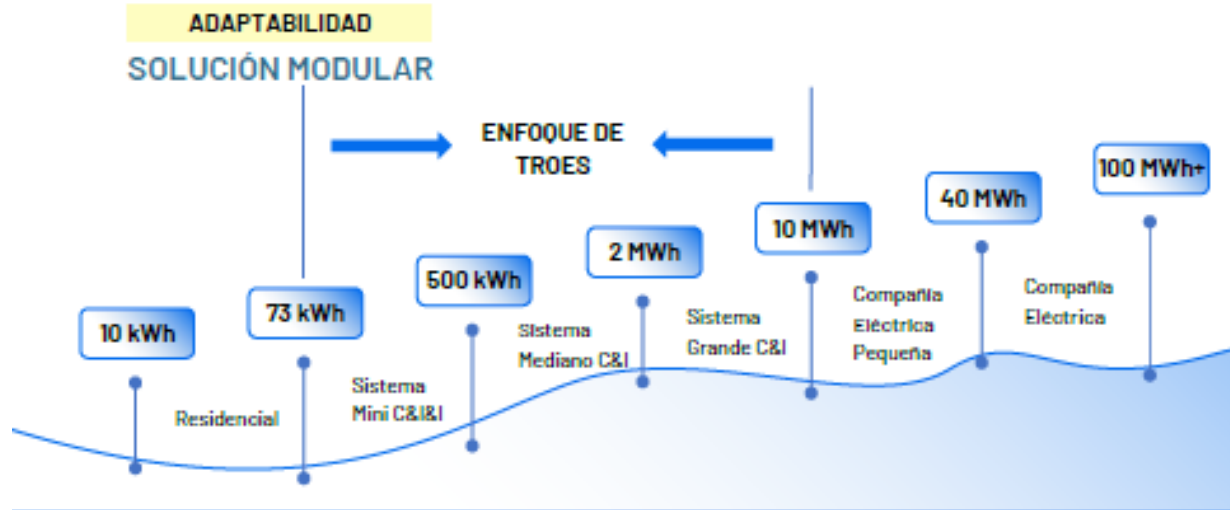
PRUEBA DE PERFORACIÓN DE CELDA

Esta prueba mide y juzga el estado de la celda de la batería cargándola hasta el límite a una corriente constante y luego perforándola con un clavo de acero durante 6 horas. La prueba es exitosa si la celda de la batería no explota o se incendia.

Resultados: Las celdas de la batería de TROES no explotaron ni se incendiaron mientras se mantenían los niveles normales de corriente, lo que resultó en una prueba exitosa.



POR QUÉ TROES ES DIFERENTE – CONT'D



El módulo escalable de TROES puede proporcionar una amplia gama de sistemas. Nuestro diseño altamente modular ofrece flexibilidad al tiempo que reduce el costo, especialmente en el espectro de 73 kWh a 10 MWh. **TROES proporciona más de 600 modelos en configuraciones menores a 10 MWh.**

Diseñamos los sistemas en incrementos de 10kWh a 80kWh para crear un BESS personalizado para cada proyecto, evitando sobredimensionamientos y sobrepagos innecesarios.



OPTIMIZACIÓN DE ESPACIO

Incorpore todo en un sistema para reducir la huella física.

MAYOR ENERGÍA

Se pueden agregar BESS para lograr la capacidad deseada.

LO MÁS DESTACADO DE LA TECNOLOGÍA INNOVADORA

BENEFICIO ECONÓMICO

TECNOLOGÍA INTELIGENTE

Sistema de Monitoreo Remoto MiGrid™

MiGrid™ de TROES es el software del sistema de monitoreo y gestión de salud del ciclo de vida que brinda una solución completa e integral para nuestros clientes. MiGrid™ utiliza inteligencia artificial y análisis avanzados para monitorear remotamente el sistema, mostrar actualizaciones de estado en tiempo real y proporcionar detección de fallas de la batería.



CONTROLES COMPLETOS

Visualización del estado en tiempo real desde todos los sistemas.



OPERACIÓN BASADA EN LA NUBE

Los datos se registran en una plataforma de nube segura en Canadá



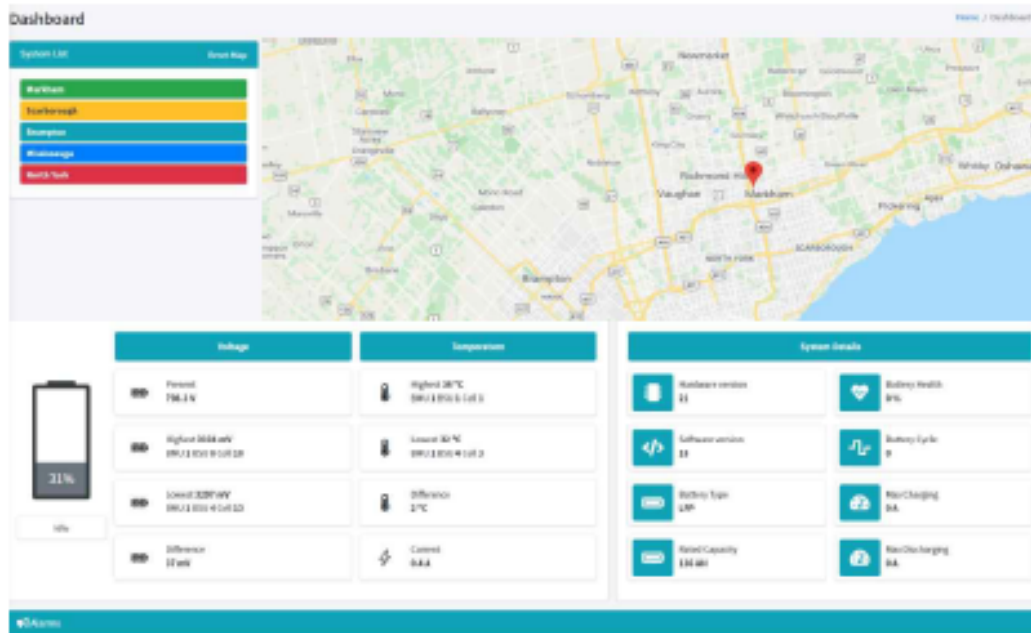
DIAGNÓSTICO REMOTO

Detección y gestión remota de fallas de la batería



GESTIÓN ÓPTIMA DE LA BATERÍA

Optimizar los datos para las actualizaciones del sistema de gestión de batería

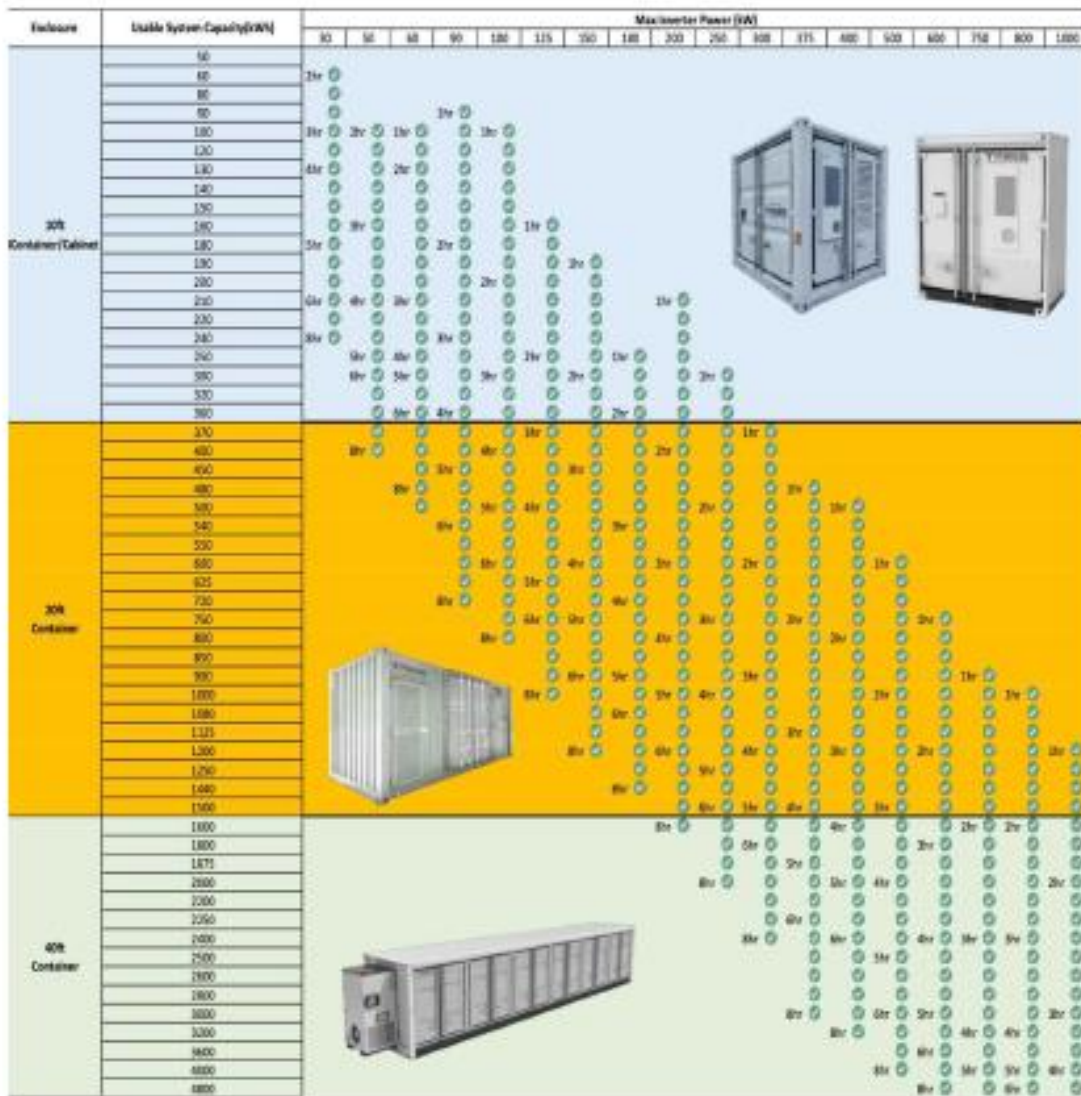


Las imágenes son indicativas de la plataforma MiGrid™ de TROES. Debido al desarrollo continuo, el diseño está sujeto a cambios sin previo aviso.

DISEÑO FLEXIBLE DEL BESS DE TROES

TROES ofrece un conjunto de funciones de uso inmediato para diferentes requisitos del proyecto.

Matriz de diseños indicativos para el espectro 30kW/60kWh-1MW/4.8MWh.*



Las configuraciones de BESS de más de 1 MW/4.8MWh+ que admiten configuraciones de más de 8 horas también están disponibles a pedido.

HOJA DE ESPECIFICACIONES

SERIE DE CONTENEDORES



Visión General

*La imagen que se muestra es solo para fines ilustrativos.
El producto real puede variar debido a la mejora del producto o del diseño.*

TROES, establecido en 2018, es un proveedor avanzado de sistemas de almacenamiento de energía con batería (BESS). TROES se especializa en el desarrollo, diseño, fabricación y entrega de sistemas de almacenamiento de energía inteligentes, modulares y gestionados en la nube como una solución completa e integral.

Utilizando tecnología patentada, TROES se distingue de otros proveedores de almacenamiento de energía al hacer posible proyectos de tamaño mediano con productos y soluciones de BESS que son fáciles de instalar y que son seguros, rentables y adaptables.

Características

- **Enfoque Modular Listo Para Usar:** Más de 600 diseños de potencia de salida escalable a partir de 73kWh a 10MWh
- **IoT y Operación Basada en la Nube:** La operación remota y el Sistema de prevención reducen la necesidad de resolver problemas
- **Soporte de Velocidad Dinámica:** Velocidad de carga/descarga desde 30 minutos hasta más de 10 horas
- **Soluciones Adaptables:** PCS bidireccional de CA/CC con capacidad conexión en o fuera de la red
- **Vida Útil Extendida:** Retención de la utilidad del sistema después de más de 10 años y con capacidad de aumentar el sistema
- **Sostenibilidad de Vanguardia:** La solución del sistema de extinción de incendios produce emisiones

Especificaciones Del Producto¹

Modelo	TI-1000-2488
---------------	---------------------

Especificaciones Eléctricas

Tecnología de Batería	Litio-ion / LFP
Calificación C (carga/descarga)	0.5C / 0.5C
Capacidad Nominal de CC	180A *9
Eficiencia de la Batería	98%
Capacidad Instalada	2488.3kWh
Capacidad Utilizable	2200.8kWh
Potencia Nominal	1000kW
Voltaje de CC	768V
Rango Operativo del Voltaje de CC	672V a 852V
Voltaje de CA Auxiliar	480V, trifásico
Frecuencia CA nominal	50 / 60Hz (configurable)

Especificaciones Mecánicas²

Recinto	NEMA 3R (40 pies Contenedor)
Dimensiones³ (An x P x Al)	12192 x 2440 x 2590 mm ³
Dimensiones de PCS (An x P x Al)	1100 x 800 x 2160 mm
Número de Recintos	1
Temperatura de Funcionamiento	-20°C a 45°C
Peso del Sistema	36,200 kg
HVAC	Si
Color del Recinto	Personalizable

Comunicaciones

Función de Control de Microrred Integrada	Opcional
Red	TCP/MODBUS/RS485
Interfaz de Seguridad y Rejilla	UL1741, UL1642, UL1973, UN38.3

Protección

- Protección contra fugas térmicas
- Desconexión bloqueable a nivel de rack
- Protección contra rayos
- Protección contra sobrecarga/sobredescarga
- Protección contra sobretemperatura
- Parada de emergencia externa accesible
- Panel de control de incendios accesible externo
- Capacidad de funcionamiento en isla

¹En aras de la mejora continua del producto, las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso. Póngase en contacto con nosotros para conocer las especificaciones más recientes.

²El requisito de entrada real de la red dependerá, entre otras cosas, de factores tales como:

(i) requisitos eléctricos reales del equipo; (ii) ciclo de utilización/trabajo; (iii) la duración diaria de la disponibilidad de la fuente de alimentación de entrada; (iv) estado de salud y edad del BESS; (v) duración de las operaciones diarias de obra.

³Se debe proporcionar un espacio libre adicional de 0.9 m en todos los lados del sistema de almacenamiento de energía con batería para el acceso de mantenimiento.

CARTERA DE PROYECTOS



New Brunswick, CA
100kW/528kWh
Nivelación de Cargas Punta



Illinois, US
100kW/250kWh
Microrred



Nova Scotia, CA
500kW/1.12MWh
Planta de Energía Virtual



Ontario, CA
30kW/100kWh
Carga de Vehículos Eléctricos



Edinburgh, UK
250kW/542kWh
Planta de Energía Virtual



Guangdong, CH
338kW/338kWh
Solución de Energía Móvil



Guangdong, CH
250kW/250kWh
Nivelación de Cargas Punta



Ontario, CA
60kW/77kWh
Solución de Energía Móvil



Ontario, CA
100kW/250kWh
Nivelación de Cargas Punta



New Brunswick, CA
30kW/124kWh
Nivelación de Cargas Punta



Products for Energy Management

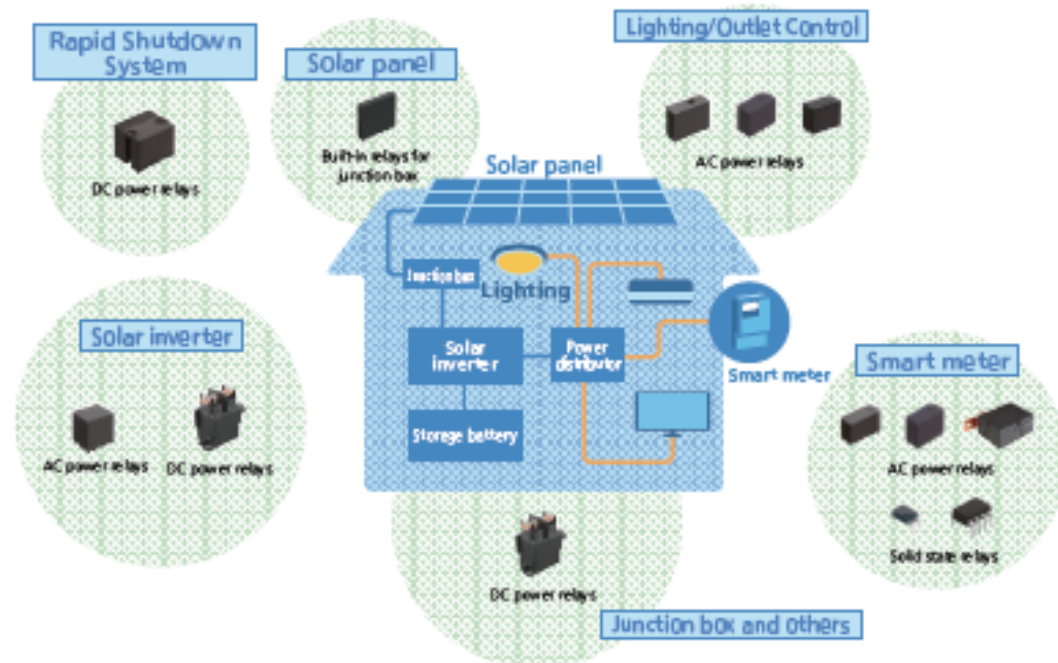


Products for Energy Management

Application example

For Photovoltaic Power Generation System For details, see [P.6](#)

For Lighting/Outlet Control For details, see [P.14](#)

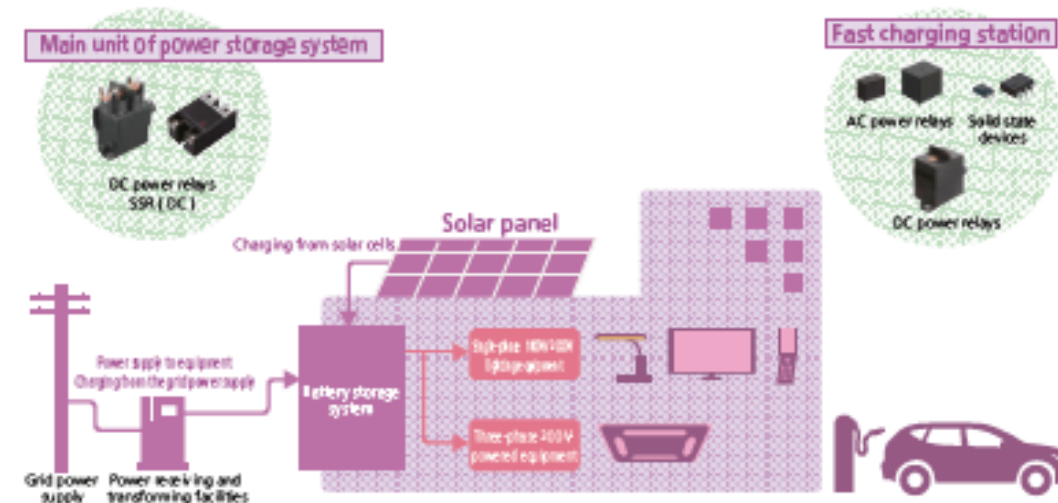


For Rapid Shutdown System For details, see [P.15](#)

For Smart Meter For details, see [P.13](#)

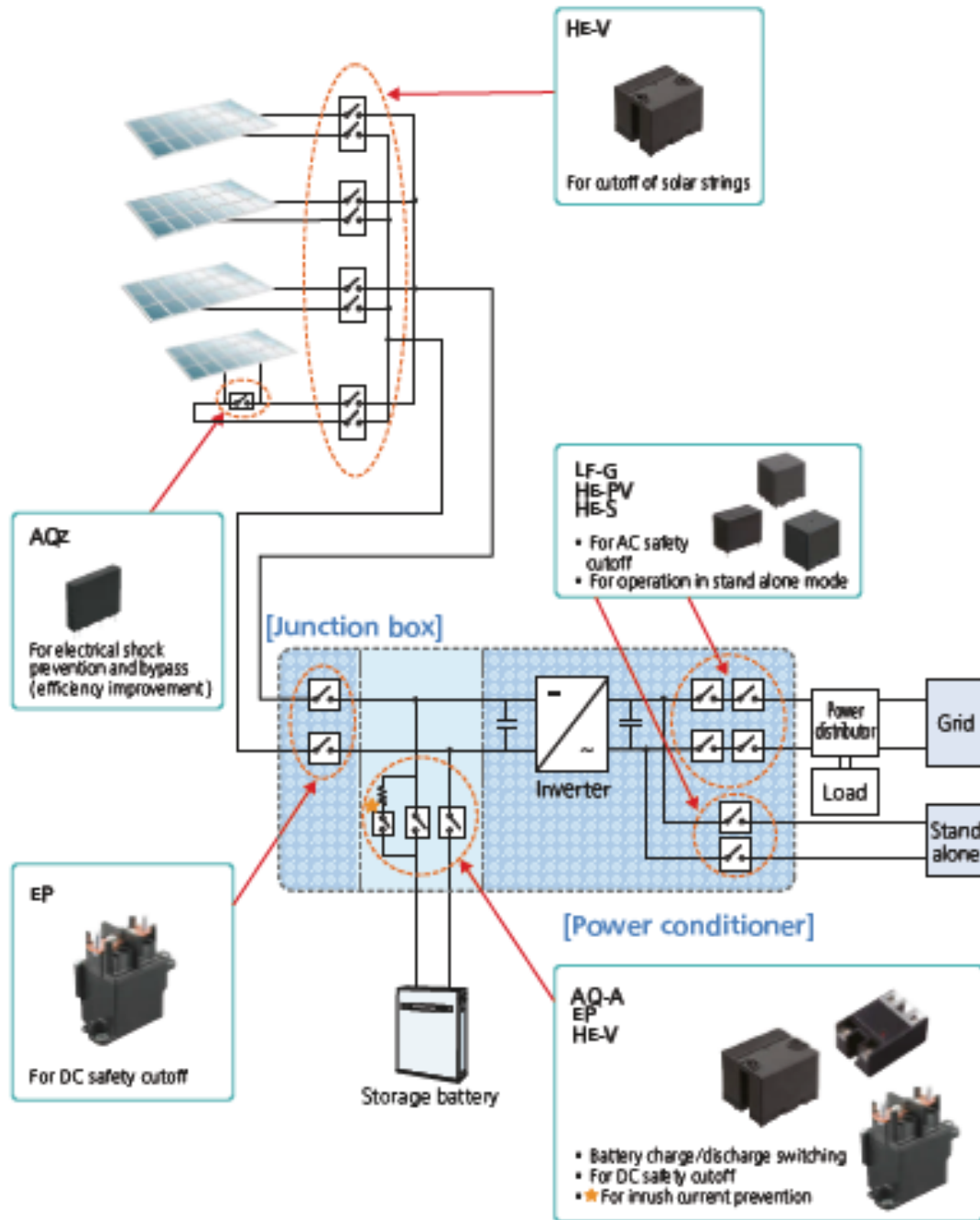
For Battery Storage System For details, see [P.9](#)

For Fast Charging Station For details, see [P.12](#)



Photovoltaic Power Generation System

Recommended products

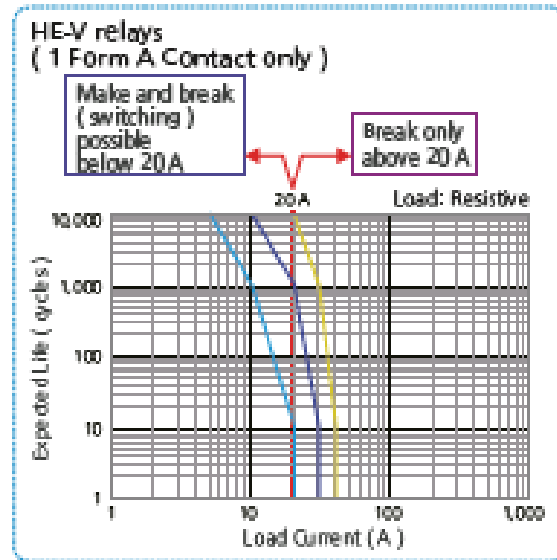
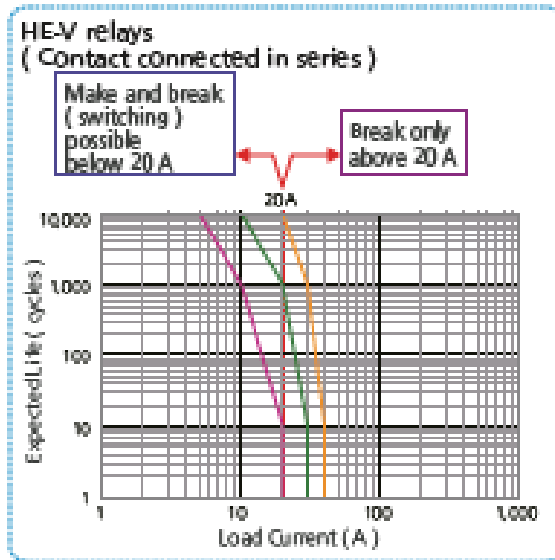


Reference data

HE-V relays/EP relays expected life (cycles)

Notes: In case of using over the rating, the data is only reference use. please test the actual condition before use.

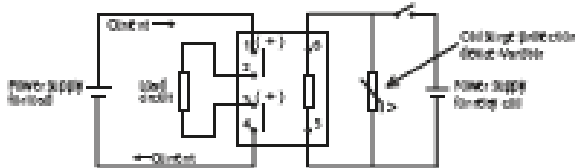
1,000 VDC	800 VDC
600 VDC	500 VDC
400 VDC	300 VDC



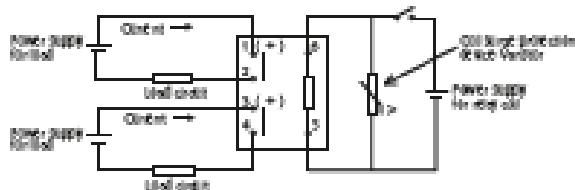
HE-V relays Recommended circuit

Positive polarity of load should be connected to pin 1 and pin 3, refer to the following circuit schematics.

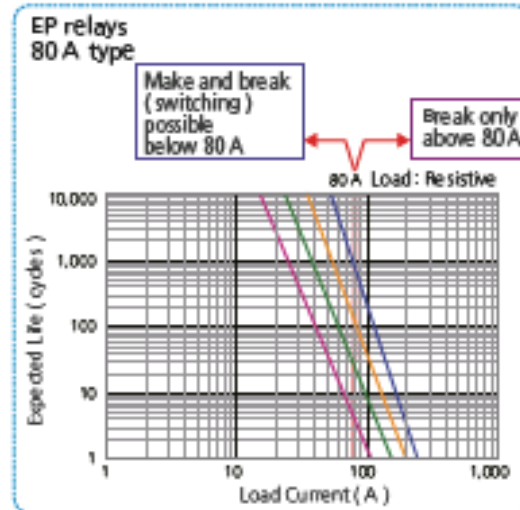
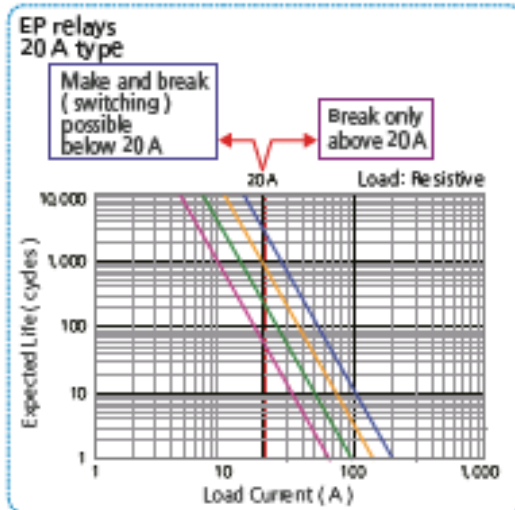
1. Each 1 Form A contact connected in series (Bottom view)



2. 1 Form A contact only (Bottom view)



Notes: In case of using over the rating, the data is only reference use. please test the actual condition before use.



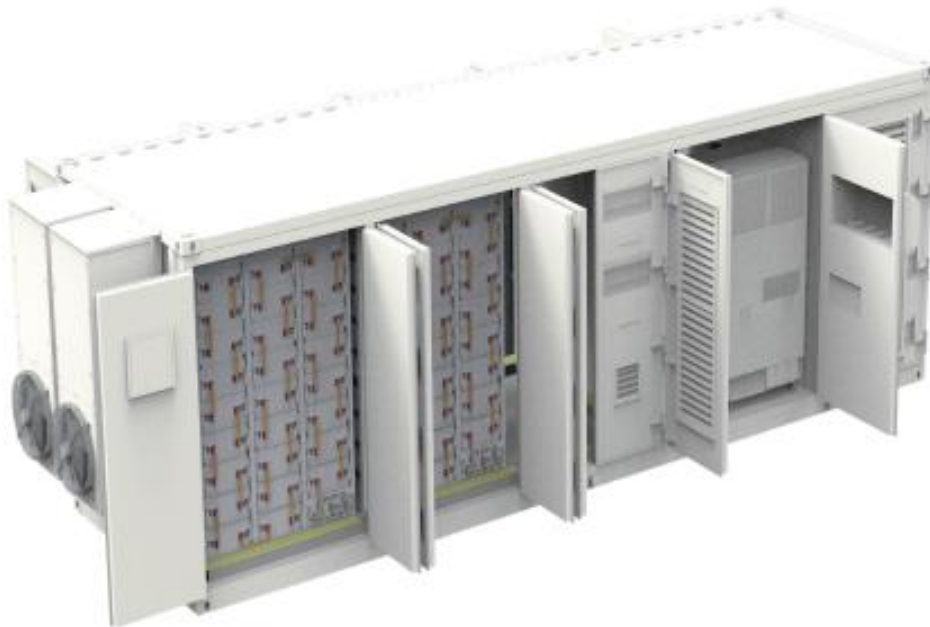
The application examples in this document are for reference. Be sure to verify safety on the actual device before using.

ANEXO 6. Ficha Técnica Proveedor PKENERGY

PKENERGY SHENZHEN PKENERGY ENERGY CO.,LTD

ADD:9th Floor , Block B, Hongrongyuan North Station Center, No. 328, Mintang Road, Longhua District, Shenzhen,China,518110
Tel:86-755-86670646 Fax:86-755-86670609 Website:www.pkenergy.com

Industrial and commercial energy storage systems of 0.5~1MKWh

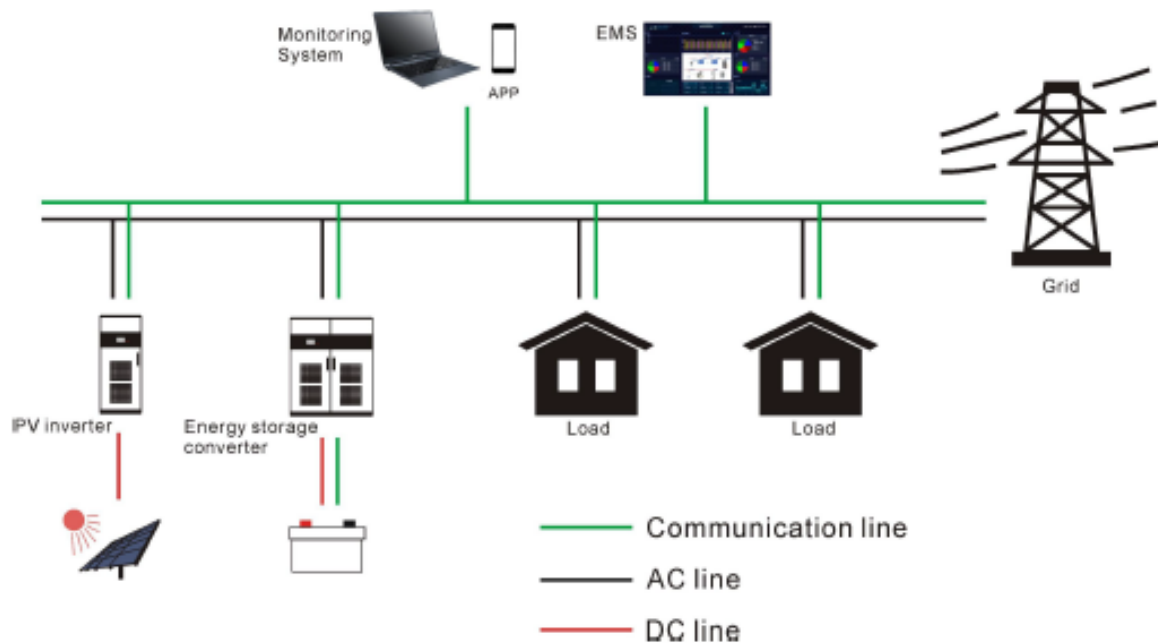


1. General description

The object of this proposal is the energy storage system solution which is packed into an outdoor cabinet.

This solution has integrated almost everything needed for an On-Grid ESS solution, including battery system、 power convertor system、 energy management system、 fire protection system.

System schematic design drawing:





Technical specification	500	630
DC(battery)		
Voltage range[V]	600~900	
Max current[A]	929	1170
AC(on-grid)		
Max output power[KVA]	550	693
Rate output power[KW]	500	630
Rated voltage[V]	400	
Voltage range[V]	320-460	

Rated current[A]	722	909
Max.output current[A]	794	1000
Rated frequency[Hz]	50/60	
Frequency range[Hz]	45~55/55~65	
THDi	<3%	
Power factor	llagging-1leading(Settable)	
AC connection	3W+PE	
General data		
Max. efficiency	98.7%	
Ingress protection	IP21	
Noise emission[dB]	<70	
Operating temperature[°C]	-30~55	
Cooling	Forced air	
Relative humidity	0~95% non-condensing	
DimensionW*D*H[mm]	1200*800*2050	1000*700*2050
Weight[Kg]	950	
Transformer	NO	
Self-consumption[W]	<100	
Display and communication		
Dsplay	LCD touch-screen	
BMS communication	RS485/CAN	
EMS communication	RS485,TCP/IP	

ANEXO 7. Cotización para Implementar Sistema BESS en Planta Solar

CLIENTE:
FECHA: 01/12/2023
REVISIÓN: 1_01/12/2023



SERVICIOS ELECTRICOS INTEGRADOS S DE RL					
Correo: carlos.cano@sehn.com Celular: +504 32119364 RTN: 08019021254760 San Pedro Sula, Cortes, Honduras					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	
				C. UNIT	TOTAL
I TRÁMITES GUBERNAMENTALES					
1.00	Anexo al estudio de Medioambiente, para la instalación de sistemas BESS, en granja solar Choluteca 1. Se realizará el estudio que se agregara al estudio actual como un anexo.	GLB	1.00	\$ 30,431.67	\$ 30,431.67
2.00	Trámites de permisos Municipales y gubernamentales para la ejecución del proyecto, incluyendo constancias, certificados, timbres, planos, movilización y todo lo que este tramite involucre para la finalización.	GLB	1.00	\$ 46,329.18	\$ 46,329.18
II OBRA CIVIL					
3.00	Corte de tierra en la ubicación de los equipos. Incluye la movilización de desechos adecuadamente.	UNIDAD	20.00	\$ 5,000.00	\$ 100,000.00
4.00	Suministro e instalación de tierra selecta en las posiciones de corte de terreno, incluyendo compactación.	UNIDAD	20.00	\$ 4,600.00	\$ 92,000.00
6.00	Armado de hierro con varilla de 3/8 legítima corrugada para plancha de concreto de 20x x 20x con una capacidad de carga de 5000PSI	UNIDAD	20.00	\$ 2,000.00	\$ 40,000.00
8.00	Fundición de plancha de concreto de con capacidad de carga de 5000 PSI, sobre armado de hierro, incluyendo sobre este vibrado de concreto, nivelación y cepillado.	UNIDAD	20.00	\$ 8,000.00	\$ 160,000.00
III OBRA ELECTRICA					
7.00	Suministro de equipo compacto de Sistema de Almacenamiento de Energía solar "BESS" con composición química Ion-Litio, con una capacidad de 1 MW, capacidad de descarga de 0.5C. Incluyendo sobre este costo de importación, pagos de impuestos.	UNIDAD	20.00	\$ 602,266.00	\$ 12,045,320.00
8.00	Trámites de desaduanaje de equipo BESS	UNIDAD	20.00	\$ 90,339.90	\$ 1,806,798.00
9.00	Movilización de equipos BESS desde aduana Puerto Cortes hasta granja solar Choluteca 1, incluyendo sobre estos movimientos los costos de seguro de movilización, seguro de daños directos, seguro de daños a terceros, grúa de montaje a plataforma de movilización y grúa de desmontaje de plataforma a plancha en sitio de instalación.	UNIDAD	20.00	\$ 14,000.00	\$ 280,000.00
10.00	Instalación de cableado de comunicación utp cat 6E en tubería eléctrica PVC sch40 de 1" desde los equipos hasta cuarto de control de PCS-BMS-EMS. Incluye pruebas de certificación de ponchado punto a punto y reporte de las mismas.	UNIDAD	20.00	\$ 2,872.80	\$ 57,456.00
11.00	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde string de módulos solares hasta el BESS, incluyendo sobre este 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string, conectores MC4 en ambos puntos de conexión.	UNIDAD	280.00	\$ 5,745.60	\$ 1,608,768.00
12.00	Instalación de cableado eléctrico pv-wire #10 desde BESS hasta Inversor solar, incluyendo sobre este 1 canalización de 1" PVC sch40 desde cada string del BESS hasta cada string del Inversor en conexión punto a punto, conectores MC4 en ambos puntos de conexión.	UNIDAD	280.00	\$ 5,745.60	\$ 1,608,768.00
13.00	Pruebas y certificación de cableado pv-wire, mostrando curva de perdida y pruebas de megger indicando la capacidad en MOHM no menor a 1000MOH por cada prueba en T=1s, T=1m, T=5m	UNIDAD	560.00	\$ 360.00	\$ 201,600.00
14.00	Aprovisionamiento de equipos BESS con vendedor del mismo, sobre este incluyendo las pruebas de carga y descarga de los equipos que estén sobre los parámetros de fabricación.	UNIDAD	20.00	\$ 3,564.00	\$ 71,280.00
16.00	Configuración y aprovisionamiento de sistema de control de BESS, en cuarto de PCS-BMS-EMS. Incluyendo conexión a sistema scada con el actual sistema de flujo de información para generación de reportes de rendimiento.	GLB	1.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
TOTAL				\$	18,168,750.85

ITEM	TERMINOS Y CONDICIONES
1.00	Condiciones de pago.
2.00	Tiempo de ejecución según accesos total y condiciones climáticas.
3.00	Se entregara informe general de mantenimiento realizado, con fotografías, termografías, evidenciando cualquier daño en los equipo o dispositivos, para su coordinación de reparación o reemplazo programado.
4.00	
5.00	
6.00	Transferencia a Cuentas Bancarias Banco Atlántida 24320128663 A nombre de: Carlos Wladimir Cano Mejía
7.00	Confirmar transferencia al correo carlos.cano@sehn.com

ACEPTACIÓN DEL CLIENTE	
Nombre:	_____
Firma:	_____
Fecha:	_____

ANEXO 8. Resultados de Simulación con PVSyst



PVsyst V7.2.4

VCO, Simulation date:
27/07/21 23:37
with v7.2.4

Project: CHOLUTECA_1

Variant: NO_SHADING

Project summary

Geographical Site CHOLUTECA_1_METEONORM Honduras	Situation Latitude 13.30 °N Longitude -87.37 °W Altitude 45 m Time zone UTC-6	Project settings Albedo 0.20
Meteo data CHOLUTECA_1_METEONORM MeteoNorm 8.0 station (modified by user) - Synthetic		

System summary

Grid-Connected System PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth 23 / 0 °	No 3D scene defined, no shadings Near Shadings No Shadings	User's needs Unlimited load (grid)
System information PV Array Nb. of modules 79200 units Pnom total 22.97 MWp	Inverters Nb. of units 40 units Pnom total 20.00 MWac Grid power limit 18.37 MWac Grid lim. Pnom ratio 1.250	Battery pack Storage strategy: Peak shaving Nb. of units 1000 units Voltage 252 V Capacity 53600 Ah

Results summary

Produced Energy	44148 MWh/year	Specific production	1922 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	87.84 %
-----------------	----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------



PVsyst V7.2.4

VC0, Simulation date:
27/07/21 23:37
with v7.2.4

General parameters

Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation			
Orientation		Sheds configuration	
Fixed plane		No 3D scene defined	
Tilt/Azimuth	23 / 0 °		
Horizon		Near Shadings	
Free Horizon		No Shadings	
Storage		Grid power limitation	
Kind	Peak shaving	Active Power	18.37 MWac
Charging strategy		Discharging strategy	
Available power over Grid	18377.0 kW	Pnom ratio	1.250
		After sunset	

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	STP 290-24/Vd	Model	Sunny Central 500-HE-US
(Custom parameters definition)		(Custom parameters definition)	
Unit Nom. Power	290 Wp	Unit Nom. Power	500 kWac
Number of PV modules	79200 units	Number of inverters	40 unit
Nominal (STC)	22.97 MWp	Total power	20000 kWac
Modules	7200 Strings x 11 In series	Operating voltage	330-480 V
At operating cond. (50°C)		Pnom ratio (DC:AC)	1.15
Pmpp	22.05 MWp	Total inverter power	
U mpp	383 V	Total power	20000 kWac
I mpp	57581 A	Nb. of inverters	40 units
Total PV power		Pnom ratio	1.15
Nominal (STC)	22968 kWp		
Total	79200 modules		
Module area	153676 m ²		
Battery Storage		Battery Pack Characteristics	
Battery		Voltage	252 V
Manufacturer	Generic	Nominal Capacity	53600 Ah (C10)
Model	Powerwall2	Temperature	External ambient temperature
Battery pack			
Nb. of units	5 in series x 200 in parallel		
Discharging min. SOC	20.0 %		
Stored energy	10899.9 kWh		
Battery input charger			
Model	Generic		
Max. charg. power	3500.0 kWdc		
Max./Euro effic.	97.0/95.0 %		
Battery to Grid inverter			
Model	Generic		
Max. disch. power	3500.0 kWac		
Max./Euro effic.	97.0/95.0 %		



PVsyst V7.2.4

VC0, Simulation date:
27/07/21 23:37
with v7.2.4

Project: CHOLUTECA_1

Variant: NO_SHADING

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Serie Diode Loss	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	0.11 mΩ	Voltage drop	0.7 V
Uc (const)	29.0 W/m²K	Loss Fraction	1.5 % at STC	Loss Fraction	0.2 % at STC
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s				
LID - Light Induced Degradation		Module Quality Loss		Module mismatch losses	
Loss Fraction	2.0 %	Loss Fraction	-0.8 %	Loss Fraction	0.0 % at MPP
Strings Mismatch loss		IAM loss factor			
Loss Fraction	0.1 %	ASHRAE Param: IAM = 1 - bo(1/cosi -1)			
		bo Param.	0.05		

PVsyst TRIAL

PVsyst TRIAL

PVsyst TRIAL



PVsyst V7.2.4

VC0, Simulation date:
27/07/21 23:37
with v7.2.4

Main results

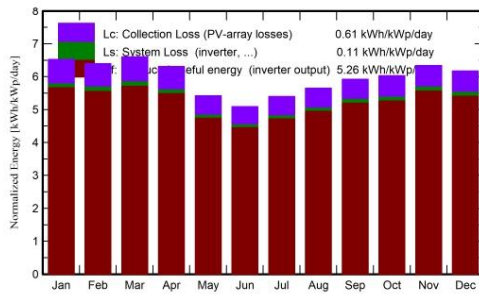
System Production

Produced Energy 44148 MWh/year Specific production 1922 kWh/kWp/year
Performance Ratio PR 87.84 %

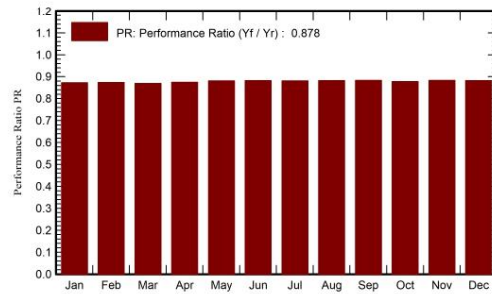
Battery aging (State of Wear)

Cycles SOW 93.6 %
Static SOW 80.0 %
Battery lifetime 5.0 years

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	EBatDis MWh	PR ratio
January	167.0	49.00	30.10	202.4	198.5	4143	4057	107.3	0.873
February	159.0	55.00	30.70	179.1	175.7	3683	3594	84.3	0.874
March	197.0	62.00	31.60	204.8	200.4	4186	4088	94.6	0.869
April	199.0	71.00	32.10	189.3	184.1	3887	3804	47.7	0.875
May	190.0	90.00	30.70	168.0	162.2	3467	3401	1.5	0.881
June	179.0	79.00	29.50	152.7	147.0	3153	3093	1.2	0.882
July	195.0	73.00	30.50	167.4	161.2	3451	3387	0.3	0.881
August	191.0	83.00	30.50	175.1	169.4	3618	3547	7.8	0.882
September	177.0	69.00	29.00	177.7	173.2	3686	3605	47.7	0.883
October	173.0	71.00	28.60	187.1	182.7	3856	3772	74.4	0.878
November	159.0	53.00	29.50	190.3	186.1	3942	3859	65.0	0.883
December	156.0	54.00	30.00	191.4	187.7	3965	3878	66.6	0.882
Year	2142.0	809.00	30.23	2185.3	2128.2	45037	44087	598.4	0.878

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation
DiffHor Horizontal diffuse irradiation
T_Amb Ambient Temperature
GlobInc Global incident in coll. plane
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
EArray Effective energy at the output of the array
E_Grid Energy injected into grid
EBatDis Battery Discharging Energy
PR Performance Ratio

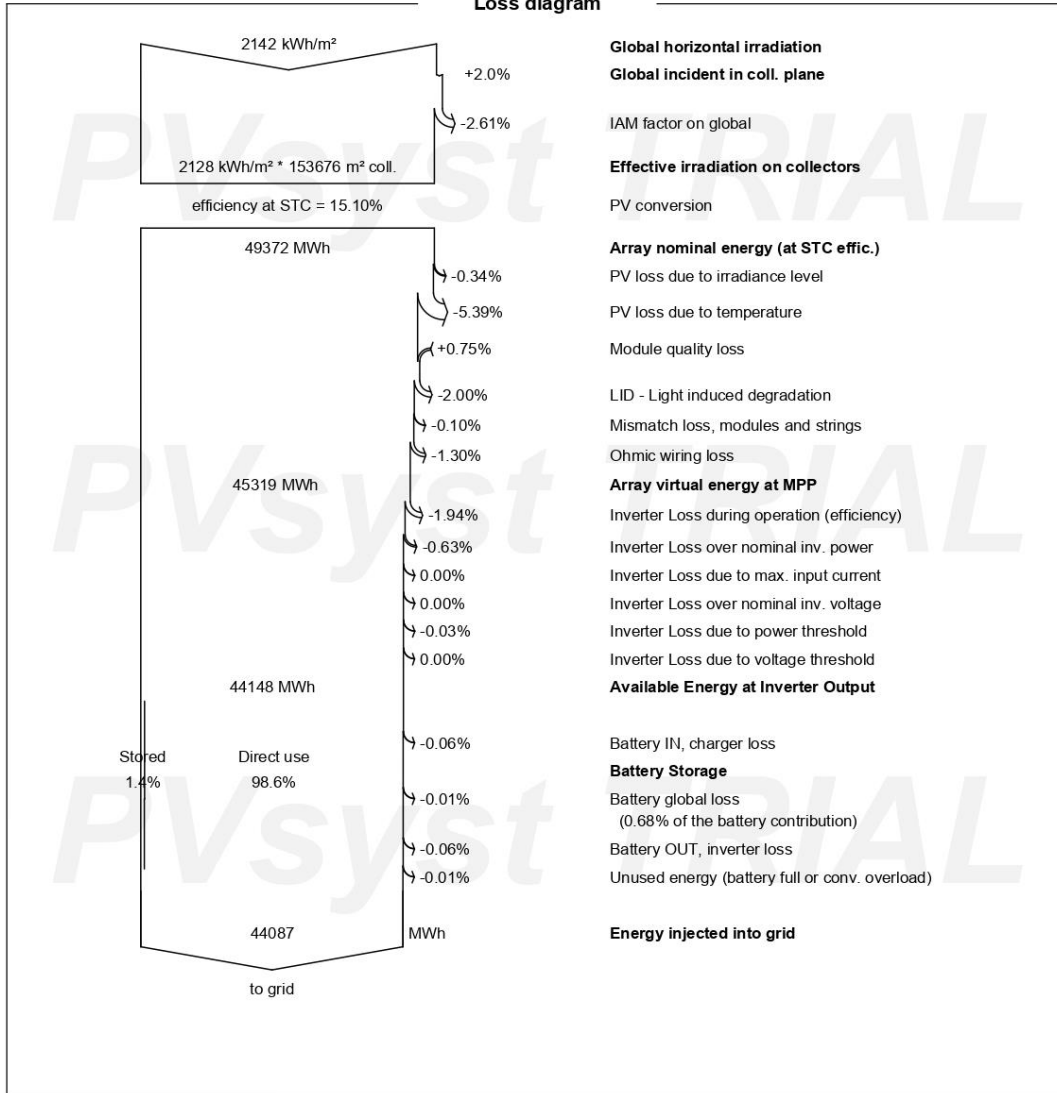


PVsyst V7.2.4
 VCO, Simulation date:
 27/07/21 23:37
 with v7.2.4

Project: CHOLUTECA_1

Variant: NO_SHADING

Loss diagram



PVsyst TRIAL



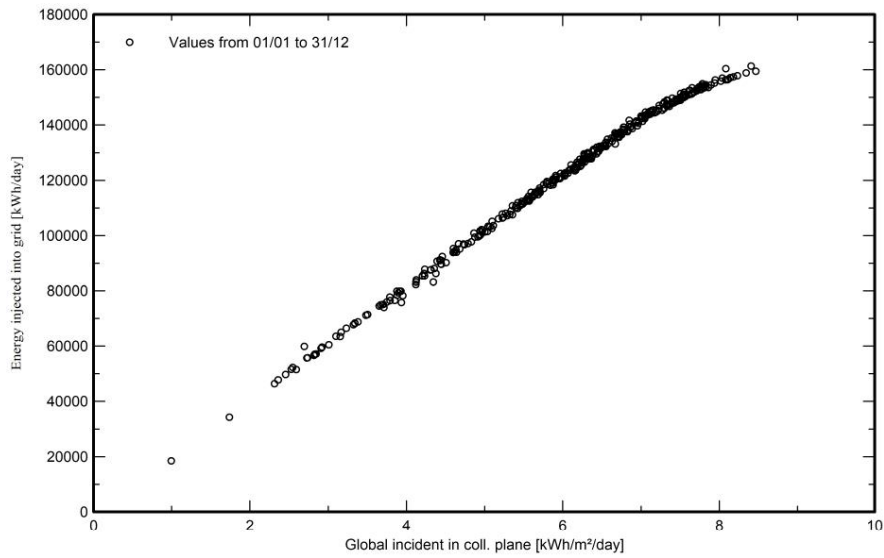
PVsyst V7.2.4
VC0, Simulation date:
27/07/21 23:37
with v7.2.4

Project: CHOLUTECA_1

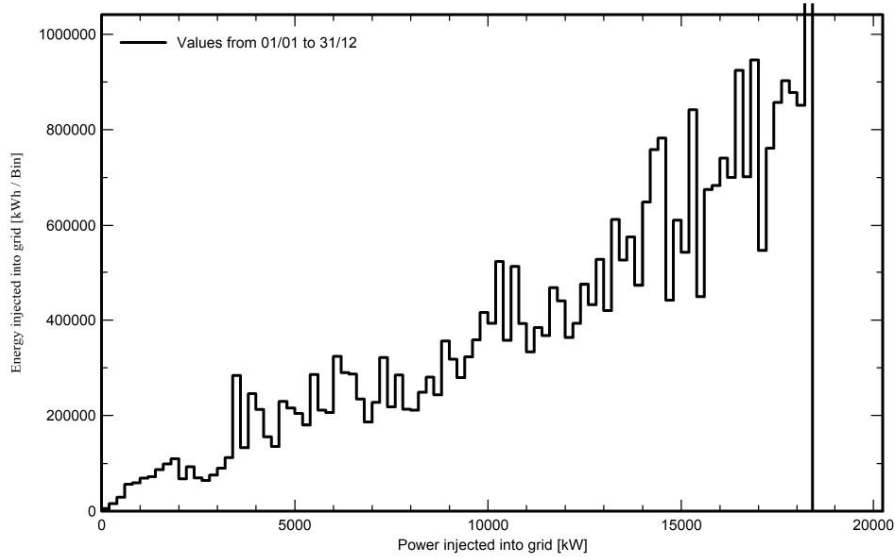
Variant: NO_SHADING

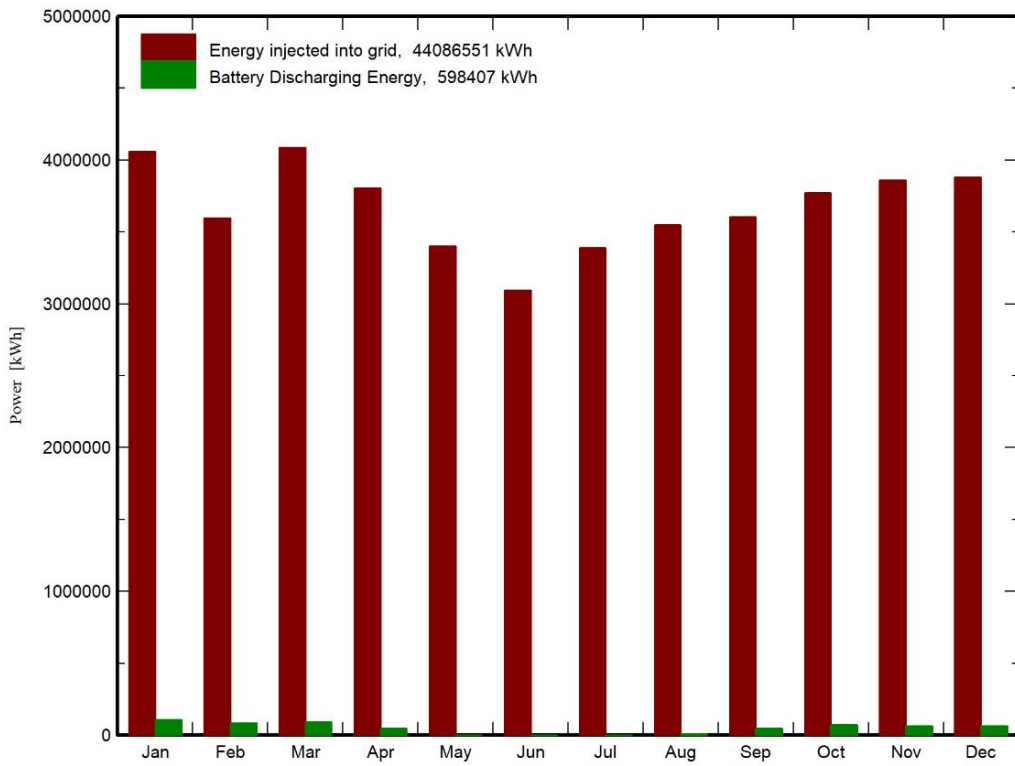
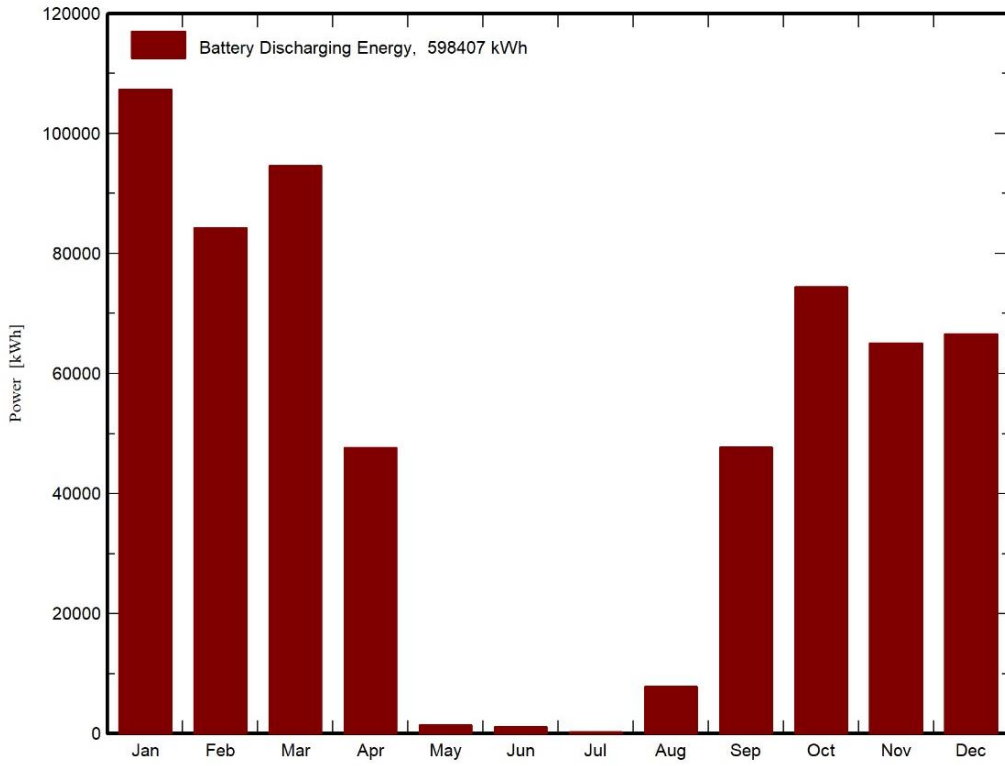
Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution





ANEXO 9. Tasas de Interés Aplicables al Sector Privado para Préstamos del BCIE

Tasas de Interés Mínimas Referenciales Aplicables al Sector Privado para Préstamos en Dólares en los Países Prestatarios del BCIE

Sector Privado (*)				
Concepto	Tasa de Interés	Tasa de Referencia	Tasa Total de Referencia	Periodo de Revisión
Financiamiento Intermediado - Operaciones Legacy				
Recursos de Corto Plazo	Term SOFR 6 meses ajustado (%) (***)	CME Term SOFR 6 meses (%)	CME Term SOFR 6 meses (%) más Margen	CME Term SOFR Revisable Trimestralmente (Margen Fijo)
Hasta 1 año	2.72	5.47	8.19	
Recursos Ordinarios de Mediano y Largo Plazo	Term SOFR 6 meses ajustado (%) (***)	CME Term SOFR 6 meses (%)	CME Term SOFR 6 meses (%) más Margen	CME Term SOFR Revisable Trimestralmente (Margen Fijo)
Mayor a 1 año y hasta 5 años (Hasta 24 meses de gracia)	4.62	5.47	10.09	
Mayor a 5 años y hasta 10 años (Hasta 24 meses de gracia)	4.82		10.29	
Mayor a 10 años y hasta 12 años (Hasta 24 meses de gracia)	4.92		10.39	
Financiamiento Intermediado - Nuevas Operaciones				
Recursos de Corto Plazo	Margen sobre CME Term SOFR 6 meses (%)	CME Term SOFR 6 meses (%)	CME Term SOFR 6 meses (%) más Margen	CME Term SOFR Revisable Trimestralmente (Margen Fijo)
Hasta 1 año	3.15	5.47	8.62	
Recursos Ordinarios de Mediano y Largo Plazo	Margen sobre CME Term SOFR 6 meses (%)	CME Term SOFR 6 meses (%)	CME Term SOFR 6 meses (%) más Margen	CME Term SOFR Revisable Trimestralmente (Margen Fijo)
Mayor a 1 año y hasta 5 años (Hasta 24 meses de gracia)	5.05	5.47	10.52	
Mayor a 5 años y hasta 10 años (Hasta 24 meses de gracia)	5.25		10.72	
Mayor a 10 años y hasta 12 años (Hasta 24 meses de gracia)	5.35		10.82	
Directo-Cofinanciado - Operaciones Legacy				
Recursos Ordinarios de Mediano y Largo Plazo	Term SOFR 6 meses ajustado (%) (***)	CME Term SOFR 6 meses (%)	CME Term SOFR 6 meses (%) más Margen	CME Term SOFR Revisable Trimestralmente (Margen Fijo)
Mayor a 1 año y hasta 5 años (Hasta 24 meses de gracia)	5.54	5.47	11.01	
Mayor a 5 años y hasta 10 años (Hasta 24 meses de gracia)	5.74		11.21	
Mayor a 10 años y hasta 15 años (Hasta 36 meses de gracia)	5.84		11.31	
Directo-Cofinanciado - Nuevas Operaciones				
Recursos Ordinarios de Mediano y Largo Plazo	Margen sobre CME Term SOFR 6 meses (%)	CME Term SOFR 6 meses (%)	CME Term SOFR 6 meses (%) más Margen	CME Term SOFR Revisable Trimestralmente (Margen Fijo)
Mayor a 1 año y hasta 5 años (Hasta 24 meses de gracia)	5.97	5.47	11.44	
Mayor a 5 años y hasta 10 años (Hasta 24 meses de gracia)	6.17		11.64	
Mayor a 10 años y hasta 15 años (Hasta 36 meses de gracia)	6.27		11.74	
Comisiones				
Comisión de Compromiso	Tres cuartos (%) del uno por ciento (1.0%) anual calculada sobre los saldos no desembolsados			
Comisión de Seguimiento y Administración	Uno por ciento (1.0%) sobre el monto total del préstamo			

(*) Base de cálculo Act/360.

LIBOR 6 meses y CME Term SOFR 6 meses al 20/09/2023