

ESCUELA DE POSGRADO NEWMAN

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS



"Propuesta de mejora en la implementación de un sistema de almacenamiento de Energía (BESS), para optimizar costos operativos en la unidad productiva de Toquepala de Southern Perú 2024"

**Trabajo de Investigación
para optar el Grado a Nombre de la Nación de:**

**Maestro en
Administración de Negocios**

Autores:

Bach. Rodriguez De La Cruz, Daniel Christian

Bach. Huamani Flores, Jorge Luis

Director:

MBA Orihuela Echaviguren, Danny Alejandro

TACNA – PERÚ

2024

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

«El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en este trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor o autores». Escuela de Posgrado Newman

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN.....	4
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	5
1.1. TÍTULO DEL TEMA:.....	5
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	5
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	8
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	8
1.4. METODOLOGÍA	8
1.4.1. <i>Tipo y diseño de investigación</i>	10
1.5. JUSTIFICACIÓN	12
1.5.1. <i>Justificación teórica</i>	12
1.5.2. <i>Justificación metodológica</i>	13
1.5.3. <i>Justificación práctica</i>	13
1.6. DEFINICIONES:	14
1.6.1. <i>Barra de Referencia de Generación (BRG):</i>	14
1.6.2. <i>Cargo por Electrificación Rural (Ley 28749):</i>	14
1.6.3. <i>Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional</i> <i>(COES SINAC):</i>	14
1.6.4. <i>Contrato de Suministro:</i>	14
1.6.5. <i>Costo Marginal de corto plazo (CMG):</i>	15
1.6.6. <i>Demanda Mensual Coincidente:</i>	15
1.6.7. <i>Energía:</i>	15

1.6.8. <i>Generación Eléctrica:</i>	15
1.6.9. <i>Factor de Pérdidas medias de Potencia:</i>	15
1.6.10. <i>Facturación:</i>	15
1.6.11. <i>Hora Fuera de Punta (HFP):</i>	15
1.6.12. <i>Índice de Precios al Productor en Estados Unidos de América (IPP):</i>	16
1.6.13. <i>Peajes:</i>	16
1.6.14. <i>Plug and Play:</i>	16
1.6.15. <i>Potencia:</i>	16
1.6.16. <i>Potencia Contratada:</i>	16
1.6.17. <i>Potencia Mínima Contratada:</i>	16
1.6.18. <i>Punto de Suministro (PS):</i>	17
1.6.19. <i>Recorte de curva de demanda o peak shaving:</i>	17
1.6.20. <i>Sistema de Almacenamiento de Energía con Baterías (BESS):</i>	17
1.6.21. <i>Subestación Eléctrica:</i>	17
1.6.22. <i>Transmisión Eléctrica:</i>	17
1.6.23. <i>Usuario Libre:</i>	17
1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES:.....	17
1.8. CRONOGRAMA.....	18
2. CAPITULO II MARCO TEÓRICO	19
2.1. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA(S) VARIABLE(S) O TÓPICO(S) CLAVE	19
2.1.1. <i>Sistema de almacenamiento de Energía (BESS)</i>	19
2.1.2. <i>Sistemas eléctricos de potencia peruano</i>	27
2.1.3. <i>VAN, TIR Y Pay – Back</i>	34
2.2. IMPORTANCIA DE LAS VARIABLES O TÓPICOS CLAVE	35
2.2.1. <i>Desde el punto de vista económico</i>	35

2.2.2. Desde el punto de vista ambiental.....	35
2.2.3 Desde el punto de vista estratégico.....	36
2.3. ANÁLISIS COMPARATIVO	36
2.4. ANÁLISIS CRÍTICO.	38
3. CAPITULO III MARCO REFERENCIAL	40
3.1. RESEÑA HISTORIA DE SOUTHERN PERÚ.....	40
3.2. FILOSOFÍA ORGANIZACIONAL.....	42
3.2.1. Misión	42
3.2.2. Visión.....	42
3.2.3. Valores	42
3.3. DISEÑO ORGANIZACIONAL DE SOUTHERN PERÚ.....	43
3.4. PRODUCTOS.....	43
3.4.1. Cobre.....	43
3.4.2. Molibdeno	44
3.4.3. Plata	44
3.4.4. Zinc.....	44
3.5. DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL	44
3.5.1. Análisis FODA de la empresa Southern Perú.....	45
4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	48
4.1. DIAGNÓSTICO.....	48
4.1.1. Contrato de Suministro de Electricidad SPCC-KALLPA 80 MW.....	48
4.1.2. 4.1.2 Histórico de consumos y facturación de energía y potencia	50
4.2. DISEÑO DE LA MEJORA	68

4.2.1. Sistema de almacenamiento de energía en baterías para reducir facturación por suministro de electricidad del contrato Kallpa-Southern 80 MW.

68

4.3.	MECANISMOS DE CONTROL.....	82
4.3.1.	Revisión del reporte de máxima demanda mensual.....	82
4.3.2.	Revisión de la facturación mensual del contrato de suministro.....	83
4.3.3.	Preservación del activo.....	83
5.	CAPÍTULO V: SUGERENCIAS.....	90
5.1.	CONCLUSIONES.....	90
5.2.	RECOMENDACIONES.....	93
5.3.	SUGERENCIAS.....	95
	BIBLIOGRAFÍA.....	96
	ANEXOS.....	101
1.1.	DEFINICIONES.....	104
1.2.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INFORMACIÓN A REMITIR.....	105
1.3.	FORMULARIOS.....	108
1.4.	DETALLES DE FORMULARIOS.....	113
2.	PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	119
2.1.	FORMA DE PRESENTACIÓN.....	119
2.2.	ESTRUCTURA DE LA INFORMACIÓN.....	119
2.3.	FORMATO DEL ARCHIVO.....	119
2.4.	SOPORTE TÉCNICO.....	119

Índice de Figuras

Figura 1	Sistema de almacenamiento de baterías BESS	19
Figura 2	Almacenamiento de Energía Eléctrica	20
Figura 3	Alternativas de tecnologías y necesidades de almacenamiento de energía	21
Figura 4	Sistema de Almacenamiento Ininterrumpido UPS	22
Figura 5	Sistema de Almacenamiento BESS.....	23
Figura 6	Tipos de batería según su tecnología.....	24
Figura 7	Eficiencia de Baterías Según su Tipo	25
Figura 8	Nuevas tecnologías de baterías, y promedio de precio	26
Figura 9	Duración de baterías y sistemas que pueden ser aplicados.....	27
Figura 10	Constitución del sistema eléctrico peruano	28
Figura 11	Mercado eléctrico peruano	29
Figura 12	Jerarquía de Leyes y Normas en el sector eléctrico peruano	30
Figura 13	Estrategias Peak Shaving.....	31
Figura 14	Curva de demanda y aplicación de Peak Shaving.....	33
Figura 15	Diagrama unifilar sistema BESS.....	33
Figura 16	Inauguración de Mina Cuajone, asistentes observando voladura en tajo.	40
Figura 17	Organigrama del Área Operativa de Southern Perú Toquepala.	43
Figura 18	Variación del índice de precios al productor - WPSFD49207	67
Figura 19	Área a ocupar por los equipos principales.....	69
Figura 20	Diagrama unifilar de la propuesta de mejora.	70
Figura 21	Peak Shaving en el Intervalo de tiempo de la máxima demanda coincidente del mes.....	83

Índice de Tablas

Tabla 1	Cuadro de comparación de los diferentes trabajos tomados	37
Tabla 2	Modelo de estudios a seguir y su análisis crítico.....	39
Tabla 3	Consumo de energía y demanda máxima – año 2019.....	51
Tabla 4	Precios por energía, potencia y peajes – año 2019	52
Tabla 5	Facturación por generación y transmisión principal de Kallpa a Southern – año 2019.....	53
Tabla 6	Consumo de energía y demanda máxima – año 2020.....	54
Tabla 7	Precios por energía, potencia y peajes – año 2020	55
Tabla 8	Facturación por generación y transmisión principal de Kallpa a Southern – año 2020.....	56
Tabla 9	Consumo de energía y demanda máxima – año 2021	57
Tabla 10	Precios por energía, potencia y peajes – año 2021	58
Tabla 11	Facturación por generación y transmisión principal de Kallpa a Southern – año 2021.....	59
Tabla 12	Consumo de energía y demanda máxima – año 2022.....	60
Tabla 13	Precios por energía, potencia y peajes – año 2022	61
Tabla 14	Facturación por generación y transmisión principal de Kallpa a Southern – año 2022.....	62
Tabla 15	Consumo de energía y demanda máxima – enero a julio 2023	63
Tabla 16	Precios por energía, potencia y peajes – enero a julio 2023.....	64
Tabla 17	Facturación por generación y transmisión principal de KALLPA a Southern – enero a julio 2023.....	65
Tabla 18	Consolidado de Facturación y Potencia Máxima Facturada Anualmente	66

Tabla 19	Presupuesto para la inversión.....	71
Tabla 20	Facturaciones por energía y potencia 2019-2032	72
Tabla 21	Consumo de energía y demanda máxima 2019: <i>Situación con BESS</i>	73
Tabla 22	Consumo de energía y demanda máxima 2020: <i>Situación con BESS</i>	74
Tabla 23	Consumo de energía y demanda máxima 2021: <i>Situación con BESS</i>	75
Tabla 24	Consumo de energía y demanda máxima 2022: <i>Situación con BESS</i>	76
Tabla 25	<i>Consumo de energía y demanda máxima 2023: Situación con BESS</i>	77
Tabla 26	Facturación con BESS Instalado desde 2019.	78
Tabla 27	<i>Determinación del ahorro de costos: Comparación situación sin BESS – situación con BESS instalado</i>	79
Tabla 28	<i>Análisis de viabilidad económica</i>	80

Índice de Anexos

Anexo 1 Especificaciones Técnicas de Formularios	101
Anexo 2 Especificaciones Técnicas de Formularios	103
Anexo 3 Extracto del contrato de suministro de electricidad entre Southern Perú y Kallpa generación.....	110
Anexo 4 Información BESS	138
Anexo 5 Eficiente y Flexible	142
Anexo 6 Flexible application	145

Resumen

El presente trabajo de investigación tenía por objetivo central la realización de una propuesta de mejora para la implementación de un sistema de almacenamiento de energía en baterías BESS con el propósito de optimizar costos operativos en la unidad productiva de Toquepala de Southern Perú. En lo que refiere a la metodología de investigación se trataba de una investigación de tipo aplicada, de nivel observacional descriptivo, en cuanto al diseño es no experimental y posee un enfoque cuantitativo, haciendo empleo del análisis documental y la ficha de registro documental como técnica e instrumento de recolección de datos respectivamente.

Entre los principales resultados hallados, se destaca que en la sección de diagnóstico entre los periodos comprendidos 2019 y 2023 la unidad productiva asumió una facturación total por S/659,702,422.09; registrándose una potencia máxima facturada en hora punta de 74,472kW; asimismo, se pudo proyectar la facturación total bajo estas condiciones iniciales para los próximos nueve años, siendo concerniente a S/2,171,539,330.14; mientras que la potencia máxima proyectada era de 75,715.70kW. Posteriormente, se procedió a proyectar la facturación total por concepto de energía y potencia tomándose en cuenta la introducción del sistema BESS, el cual permitía una reducción de la potencia máxima facturada en Hora Punta de 20MW (20,000kW); en este sentido, se determinó que la facturación total ascendía a S/2,008,155,476.99; mientras que la potencia máxima proyectada ascendía a 56,115.70kW, lo que se traducía en una disminución del 25.89% con respecto a la máxima demanda de potencia y un ahorro de costos operativos por consumo de energía y potencia de 7.52% en comparación con los periodos proyectados bajo condiciones actuales.

Se concluye que, al ejecutarse el análisis de factibilidad se tiene como resultado que la propuesta generará rentabilidad a partir de sexto año de haberse puesto en servicio; asimismo, un beneficio neto al finalizar el horizonte de evaluación de \$7,825,559.13, por lo que el proyecto resultaba ser altamente beneficioso para la unidad productiva minera en estudio; además, se recomendaba, instalar un sistema BESS a una altura de trabajo inferior a los 3000 metros sobre el nivel del mar para no incurrir en sobrecostos por dimensionamiento de equipos para contrarrestar su eficiencia a mayor altura de trabajo.

Abstract

The present research endeavor aimed at proposing enhancements for the implementation of a Battery Energy Storage System (BESS) to optimize operational costs at Southern Peru's Toquepala production unit. Concerning the research methodology, it encompassed an applied, observational, and descriptive approach, with a non-experimental design and a quantitative focus. Data collection methods involved documentary analysis and document registration forms.

Among the key findings, it was notable that between 2019 and 2023, the production unit accrued a total billing of S/659,702,422.09, with a peak billed power of 74,472 kW during peak hours. Projecting forward for the next nine years under these initial conditions, the total billing was estimated at S/2,171,539,330.14, with a projected peak power of 75,715.70 kW. Subsequently, projecting the total billing for energy and power with the introduction of the BESS system, allowing for a reduction of 20 MW (20,000 kW) in peak billed power during peak hours, resulted in a total billing of S/2,008,155,476.99 and a projected peak power of 56,115.70 kW, representing a 25.89% decrease in peak power demand and a 7.52% operational cost savings in energy and power consumption compared to projected periods under current conditions.

It is concluded that the feasibility analysis indicates profitability from the sixth year of service implementation, with a net benefit of \$7,825,559.13 at the end of the evaluation horizon. Therefore, the project proves highly advantageous for the mining production unit under study. Additionally, it is recommended to install a BESS system at a working altitude below 3000 meters above sea level to avoid incurring additional costs for equipment sizing to counteract efficiency losses at higher working altitudes.

Introducción

En el mundo empresarial contemporáneo, la optimización de costos operativos se ha convertido en un aspecto crítico para la sostenibilidad y el éxito a largo plazo de las organizaciones. Este desafío es especialmente relevante en sectores industriales como el de la minería, donde la eficiencia en la gestión de recursos y la reducción de gastos pueden marcar la diferencia entre la rentabilidad y la viabilidad económica.

La necesidad de abordar este problema radica en la importancia crítica que tiene la gestión eficiente de los costos operativos para la competitividad y el crecimiento sostenible de las empresas mineras. Así pues, en un entorno económico cada vez más volátil y competitivo, las organizaciones del sector minero se enfrentan a una presión constante para reducir los costos y aumentar la eficiencia en todas las etapas de su cadena de valor. Por lo tanto, es crucial explorar nuevas estrategias y enfoques que les permitan optimizar sus operaciones y mejorar su posición en el mercado.

En este sentido, el presente trabajo de investigación se centra en la optimización de los costos operativos en una unidad productiva minera, explorando en particular cómo la implementación de tecnologías innovadoras, como los sistemas de almacenamiento de energía en baterías (BESS), puede ofrecer soluciones eficaces para este desafío. Los objetivos específicos a desarrollarse abordan desde el diagnóstico de la facturación actual por concepto de potencia y energía; el diseño de la propuesta técnica económica basado en los sistemas de almacenamiento de energía en baterías (BESS), y la definición de un mecanismo de control que permita garantizar la viabilidad en cuanto a la implementación del sistema en mención en una unidad productiva minera Toquepala de Southern Perú 2024.