



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“Evaluación y optimización del consumo de energía eléctrica para la empresa azucarera Naylamp, distrito de la Victoria, provincia de Chiclayo-Lambayeque”

Presentado Por:

Br. Balarezo Zuñiga Percy Arturo

Asesor:

Ing. Percy Edwar Niño Vásquez

**LAMBAYEQUE – PERÚ
2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“Evaluación y optimización del consumo de energía eléctrica para la empresa azucarera Naylamp, distrito de la Victoria, provincia de Chiclayo-Lambayeque”

Presentado Por:

Br. Balarezo Zuñiga Percy Arturo

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: DR. Daniel Carranza Montenegro

SECRETARIO: DR. Jorge Luis Nombera Temoche

MIEMBRO: ING. Héctor Antonio Oliden Núñez

ASESOR: ING. Percy Edwar Niño Vásquez

**Lambayeque – Perú
2018**



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

TITULO:

“Evaluación y optimización del consumo de energía eléctrica para la empresa azucarera Naylamp, distrito de la Victoria, provincia de Chiclayo-Lambayeque”

CONTENIDOS:

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION.

CAPITULO II: MARCO TEORICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.

CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.

CAPÍTULO VI: VIABILIDAD ECONOMICA.

CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO VIII: ANEXOS

AUTOR: Br. Balarezo Zuñiga Percy Auturo

Dr. Daniel Carranza Montenegro

PRESIDENTE

Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez

MIEMBRO

Dr. Jorge Luis Nombera Temoche

SECRETARIO

Ing. Percy Edwar Niño Vásquez

ASESOR

**Lambayeque – Perú
2018**

DEDICATORIA

Agradecer a Dios por estar conmigo y guiarme durante toda mi vida profesional, siendo mi fortaleza en las situaciones de debilidad y brindándome una vida llena de aprendizaje, experiencia y lo más importante felicidad.

Gracias a mis padres, JOSÉ y CARMELA, por siempre apoyarme, tratar de darme lo mejor, inculcarme valores y darme la oportunidad de acceder a una educación de calidad a lo largo de mi vida.

Gracias a mis hermanos por conformar una parte importante de mi vida, Melissa, Leticia, José por ser modelos a seguir en el desarrollo de mi carrera y mis sobrinos Juan José y Ricardo por su motivación.

A mis abuelos Santiago y Paula, a mis tíos Orlando Romero, Rosa Zúñiga, Carlos Zapata, por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, institución educativa que me proporcionó mi crecimiento académico y desarrollo profesional.

Al ingeniero Percy Niño Vásquez, mi asesor, no solo por sus recomendaciones, guía y aclaraciones, sino también por su constante amabilidad en cada interacción.

Un agradecimiento muy especial a la Empresa Naylamp, quienes respaldaron la elaboración de este informe, brindando un aporte crucial y colaboración desinteresada.

A mis amigos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, por el compañerismo e intercambio de experiencias que compartimos.

RESUMEN

El trabajo de investigación realizado se desarrolló en la Empresa Azucarera Naylamp, el problema es que la empresa se ve afectada por alto consumo de energía eléctrica que se corrobora en los recibos de energía eléctrica. La investigación evaluó el consumo de energía eléctrica y el funcionamiento de los equipos eléctricos para realizar la optimización de la planta Azucarera, la elección correcta del plan tarifario del que se consideró las facturas eléctricas de la empresa NAYLAMP, siguiendo el reglamento general del OSINERGMIN.

En cuanto al impacto económico, que consistió en la evaluación de la sustitución de motores convencionales, por motores de eficiencia superior es favorable, se obtuvo datos positivos y de igual manera se obtendrá mejor eficiencia de energía.

Palabras claves: eficiencia energética, evaluación económica, motores de operación continua

ABSTRACT

The research work carried out was developed in the Naylamp Sugar Company, the problem is that the company is affected by high electricity consumption which is corroborated in the electricity bills. The research evaluated the consumption of electric energy and the operation of the electric equipment to carry out the optimization of the sugar plant, the correct choice of the tariff plan of which the electric bills of the company NAYLAMP were considered, following the general regulation of OSINERGMIN.

As for the economic impact, which consisted in the evaluation of the substitution of conventional motors, by motors of superior efficiency is favorable, positive data was obtained and in the same way better energy efficiency will be obtained.

Key words: energy efficiency, economic evaluation, continuous operation motors.

INDICE

1.	RESUMEN	5
2.	ABSTRACT.....	7
3.	Capítulo I: Problema de Investigación.....	14
3.1.	Planteamiento del Problema.....	14
3.2.	Formulación Del Problema	15
3.3.	Delimitación De La Investigación.....	15
3.4.	Justificación E Importancia De La Investigación	15
3.5.	Limitaciones De La Investigación.....	16
3.6.	Objetivos De La Investigación.....	16
4.	Capítulo II: Marco Teórico	18
4.1.	Antecedentes de Estudios.....	18
4.2.	Desarrollo de La Temática	20
4.2.1.	Tarifas eléctricas (TE).....	20
4.2.2.	TE - MT	25
4.3.	Motor de inducción trifásico.	28
4.3.1.	Comparación de motores (Estándar y Alta Eficiencia).....	33
4.4.	Dimensionamiento Óptimos de Equipos.....	34
4.5.	Manejo de Carga.	35
4.6.	Estructura Tarifaria.	36
4.6.1.	El consumo de equipos desfasados.....	37
4.7.	Eficiencia del motor de inducción trifásico.....	37
4.8.	Pérdidas de potencia de un motor de inducción trifásico.....	39
4.9.	Clasificación de los motores según su eficiencia	42
4.10.	Beneficios de los Motores de alta Eficiencia.....	44
4.11.	Ventajas, limitantes y aplicabilidad de los motores de Alta Eficiencia.....	46
4.11.1.	Ventajas.....	46
4.11.2.	Limitaciones.....	47
5.	Capítulo III: Marco Metodológico.....	48
5.1.	Tipo y Diseño de la Investigación.....	48
5.2.	Población y Muestra.....	48
5.3.	Hipótesis.....	48
5.4.	Variables – Operacionalización.	49
5.5.	Métodos y Técnicas de Investigación	49

5.6.	Descripción de los Instrumentos Utilizados	50
5.7.	Análisis Estadístico e Interpretación de Datos.....	51
6.	Capítulo IV: Propuesta de Investigación	54
6.1.	Descripción de la Propuesta de Investigación.....	54
7.	Capítulo V: Análisis e Interpretación de Resultados	55
7.1.	Determinación del Consumo.....	55
7.1.1.	Parámetros de Opción Tarifaria Mt2.	55
7.1.2.	Parámetro de Opción Tarifaria Mt3.....	59
7.1.3.	Parámetro de OT Mt4.....	63
7.2.	Aspectos Económicos	67
7.2.1.	Costos para la Opción Tarifaria Mt2	67
7.2.2.	Costos para la OT Mt3.....	68
7.2.3.	Costos para la OT Mt4.....	68
7.3.	Alternativa N° 1. Utilizando la Opción Tarifario MT2.....	68
7.4.	Alternativa N° 2. Utilizando la Opción Tarifario MT3.....	70
7.5.	Alternativa N° 3.- Utilizando La Opción Tarifaria MT4.....	72
7.6.	Selección de la Tarifa Adecuada.....	72
7.6.1.	Analizando Alternativa 1 (MT2) con Alternativa 2 (MT3).....	73
7.6.2.	Analizando Alternativa 1 (MT2) con Alternativa 3 (MT4):.....	73
7.7.	Procedimiento para la evaluación de la Eficiencia por Sustitución de Motores.	73
7.8.	Cálculos y resultados.....	76
7.8.1.	Cálculo del Ahorro económico.....	76
7.8.2.	Cálculo de la recuperación de la inversión en años	77
8.	Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones.....	7
8.1.	Conclusiones	7
8.2.	Recomendaciones.....	8
9.	Referencias Bibliográficas	9
10.	Anexos	10

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Usuarios del mercado en el sector eléctrico.....	21
Tabla 2. Opciones Tarifarias -Clientes Media Tensión	28
Tabla 3. Descripción de partes del motor de inducción trifásico	29
Tabla 4 Velocidad sincrónica para motores de 50 y 60 Hz	31
Tabla 5. Clases y clasificación de Rendimiento	44
Tabla 6. Consumo de energía eléctrica	55
Tabla 7. Histórico de consumo de Potencia.....	55
Tabla 8. Potencia consumida	56
Tabla 9. Cargo PURDHP	57
Tabla 10. Potencia Fuera de punta.....	57
Tabla 11. Exceso de potencia - Fuera de Punta	58
Tabla 12. Energía reactiva a facturar	59
Tabla 13. Energía Activa, Potencia horas y Potencia fuera de Punta	60
Tabla 14. Calificación Tarifaria en MT3.	61
Tabla 15. Consumos de Potencia de Generación.....	62
Tabla 16. Demanda de Potencia.....	63
Tabla 17. Potencia de uso de redes de distribución en HP - MT3	63
Tabla 18. Consumo de Energía Activa Total.....	64
Tabla 19. Calificación Tarifaria MT4	65
Tabla 20. Histórico de consumos de potencia Empresa Azucarera Naylamp.	65
Tabla 21. Potencia por el uso de redes de distribución.....	66
Tabla 22. Energía reactiva a facturar	67
Tabla 23. Costos Unitarios_MT2.....	67
Tabla 24. Costos Unitarios _MT3.....	68
Tabla 25. Costos Unitarios_MT4.....	68
Tabla 26. Propuesta en OT_MT2.....	69
Tabla 27. Resultados de importe en S/. de la OT MT2.....	69
Tabla 28. Resultados a facturar de la opción tarifaria MT3.....	70
Tabla 29. Resultados de importe S/. de la opción tarifaria MT3	71
Tabla 30. Resultados de importe S/. de la opción tarifaria MT4	72
Tabla 31. Resultados de importe S/. de la opción tarifaria MT4	72
Tabla 32. Comparación económica por opción tarifaria.....	73

Tabla 33. Comparación económica por opción tarifaria MT3 y MT4.....	73
Tabla 34. Datos de Motor estándar	76
Tabla 35. Comparación de eficiencia de motores	77
Tabla 36. Datos de los motores estándar.....	78
Tabla 37. Ahorro en demanda, debido al aumento de la eficiencia, en KW.....	79
Tabla 38. Ahorro anual en dinero, por demanda y energía en S/.....	81
Tabla 39. Período de tiempo necesario para recuperar la inversión inicial	82

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Generación –Transmisión - Distribución	20
Figura 2. Horas Punta y Fuera de Punta	22
Figura 3. Formación de los gastos de potencia.....	25
Figura 4. Partes de un motor eléctrico trifásico de inducción	29
Figura 5. Características par- velocidad en motores.....	33
Figura 6. Diagrama energético de motores eléctricos.....	39
Figura 7. Distribución de pérdidas de los motores	42
Figura 8. Curvas de desempeño de motores de alta eficiencia	46
Figura 9. Consumo de la Potencia Reactiva	51
Figura 10. Consumo de la Potencia Activa.....	51
Figura 11. Resultado de la Potencia Aparente	52
Figura 12. Resultado de la Tensión de Trabajo	52
Figura 13. Medida de la Corriente	53
Figura 14. Distorsión Armónica Total.....	53

Introducción

La facturación eléctrica mensual se ha convertido en un desafío tanto para los propietarios de pequeñas como de grandes industrias. En muchas ocasiones, debido a la falta de asesoramiento, terminan abonando hasta un 50% más de lo que realmente deberían. La empresa concesionaria de distribución eléctrica ENSA suministra energía en media y baja tensión a todos los usuarios, y ofrece una serie de alternativas para la facturación de su gasto de energía eléctrica, conocidas como "Opciones Tarifarias".

El Reglamento General del OSINERGMIN, a través de la Resolución N°206-2013-OS/CD, aprueba la nueva norma denominada "Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas para Usuarios Finales". En esta norma, la concesionaria permite a los usuarios elegir su tarifa, aunque en la práctica, muchos usuarios se limitan a aceptar la opción predeterminada que la empresa les ofrece, sin realizar un estudio previo de su patrón de gasto energético.

La empresa "AZUCARERA NAYLAMP" es una organización del sector industrial especializada en la producción y comercialización de azúcar, actualmente se encuentra bajo la tarifa MT3. Para determinar si esta es la tarifa más económica, la empresa llevará a cabo una evaluación mensual desde noviembre de 2015 hasta marzo de 2016, analizando el gasto de energía eléctrica en las diferentes Opciones Tarifarias (OT) disponibles en media tensión (MT). Esto se realizará tomando como base los registros históricos de facturación de energía y potencia. De esta manera, se determinará cuál es la opción tarifaria más económica, comparándola con las tarifas MT2 y MT4.

Capítulo I: Problema de Investigación

3.1. Planteamiento del Problema

A nivel nacional, es preocupante observar que más del 50% de las empresas que operan en media tensión carecen de un profundo entendimiento de la actual política tarifaria. Esto conlleva a que estas compañías gasten cantidades significativas y, en muchas ocasiones, injustificadas en sus facturas de electricidad. Esta situación, lamentablemente, suele beneficiar en gran medida a las empresas distribuidoras, que aprovechan el desconocimiento de estas compañías para aumentar sus ingresos de manera constante. Cada organización está comprometida con la mejora continua de procesos y la eficiencia en la producción, buscamos satisfacer la creciente demanda del mercado y optimizar la gestión de nuestros recursos.

En el contexto actual, la empresa Azucarera Naylamp se enfrenta a una serie de desafíos significativos en relación con su gasto de energía eléctrica. A pesar de ser una organización dedicada a la producción y comercialización de azúcar, la gestión de su gasto energético ha emergido como una problemática crítica. Esta realidad se ha acentuado en un entorno donde las tarifas eléctricas son un componente crucial para el éxito y la sostenibilidad de cualquier empresa.

Uno de los problemas más notables que enfrenta Azucarera Naylamp es la falta de comprensión de la política tarifaria, esto ha llevado a gastos significativos y en ocasiones injustificados en las facturas de electricidad, beneficiando en gran medida a las empresas distribuidoras. Además, existe la necesidad de una evaluación exhaustiva de la opción tarifaria de media tensión y una revisión exhaustiva del funcionamiento de sus equipos eléctricos.

La evaluación y optimización del gasto de energía eléctrica se ha convertido en un aspecto crucial para el éxito de Azucarera Naylamp. El análisis de esta problemática se

presenta como una oportunidad para la empresa, permitiéndole no solo reducir costos, sino también contribuir al uso responsable de la energía y, en última instancia, mejorar su posición en el mercado y su sostenibilidad a largo plazo

3.2. Formulación Del Problema

El problema central radica en la necesidad de comprender y abordar eficazmente estos desafíos, ya que el consumo de energético es fundamental para el desarrollo y la sostenibilidad de la empresa. La falta de conocimiento sobre la política tarifaria y la falta de optimización del gasto eléctrico están afectando negativamente la rentabilidad y la competitividad de Azucarera Naylamp. Se requiere una evaluación y una estrategia de optimización para garantizar un uso eficiente de la energía y para mantener la empresa competitiva en un mercado en constante crecimiento.

3.3. Delimitación De La Investigación

Con el objetivo de lograr la ejecución de este estudio se tuvo como lugar a la Empresa “Azucarera Naylamp” ubicada en el distrito de la victoria provincia de Chiclayo.

La presente investigación se llevó a cabo en la empresa "Azucarera Naylamp", la cual se encuentra en el distrito de La Victoria, perteneciente a la provincia de Chiclayo. Esta empresa se dedica al sector de la elaboración de Azúcar.

El período de investigación abarca un total de 4 meses, comenzando el 1 de septiembre y concluyendo el 31 de diciembre del año en curso. Durante este tiempo, se recolectaron y analizaron datos relacionados con el gasto de energía eléctrica de la empresa.

3.4. Justificación E Importancia De La Investigación

La justificación de este proyecto es fundamental para promover un uso adecuado y la elección de la tarifa eléctrica más conveniente para los usuarios de tensión media, centrándose en la empresa Azucarera Naylamp en la provincia de Chiclayo. Esta iniciativa

ofrece múltiples ventajas, tanto en la aplicación de los pliegos tarifarios como en términos económicos.

El análisis de opción tarifaria resulta esencial para garantizar la correcta aplicación de las tarifas eléctricas, lo que, a su vez, tiene un impacto directo en los costos operativos de la empresa. Al brindar a los usuarios la oportunidad de elegir la tarifa más adecuada para sus necesidades, se fomenta una mayor eficiencia en el consumo de energía, lo que puede traducirse en ahorros sustanciales para la organización. Es importante destacar que el proceso de cambio de opción tarifaria no implica ningún costo adicional para los clientes, ya que tienen la libertad de elegir los patrones de consumo. Esta flexibilidad no solo es beneficiosa para los usuarios, sino que también representa una alternativa efectiva para reducir los gastos de la empresa, mejorando su rentabilidad en un entorno competitivo

En el caso particular de Azucarera Naylamp, la necesidad de un análisis de eficiencia energética se justifica por el tiempo de operación de sus motores. La renovación de motores estándar por motores de mayor eficiencia energética puede generar ahorros adicionales y contribuir a una gestión más sostenible de los recursos energéticos.

3.5. Limitaciones De La Investigación

El sistema eléctrico de la empresa "Azucarera Naylamp" se ve afectado por el tipo de arranque de sus motores, lo que conlleva a un significativo gasto de energía eléctrica. Esta limitación se deriva de la problemática de mejorar la eficiencia y optimización de los arranques de los motores, lo que podría requerir inversiones y cambios en la infraestructura eléctrica de la empresa.

3.6. Objetivos De La Investigación

Objetivo Principal

Analizar y mejorar la eficiencia en el consumo de energía eléctrica de la Empresa Azucarera Naylamp.

Objetivos específicos

- Determinar si la tarifa eléctrica actual utilizada por la empresa Naylamp es la más apropiada, considerando el horario de trabajo y las necesidades energéticas específicas.
- Proponer y establecer opciones y estrategias destinadas a reducir los costos asociados a la factura eléctrica de la empresa, con un enfoque en la optimización de los recursos y el gasto eficiente de energía.
- Realizar un análisis comparativo económico del consumo eléctrico y los costos operativos de los motores de alto rendimiento con los motores estándar actualmente en uso.

Capítulo II: Marco Teórico

4.1. Antecedentes de Estudios

En el contexto industrial, el gasto de energía se posiciona como uno de los recursos primordiales para la producción, y en el caso de la empresa Azucarera Naylamp, representa una parte sustancial, aproximadamente un tercio, de los gastos mensuales. Al llevar a cabo la optimización de los costos inscritos al gasto de energía, se vislumbra la posibilidad de que la empresa adquiera una ventaja competitiva, incrementando su producción a un costo reducido, al tiempo que mejora la calidad de la energía suministrada, salvaguardando así la integridad de sus equipos y sistemas.

Hasta la fecha, la mayoría de las estrategias de ahorro energético se han enfocado en la formulación de recomendaciones destinadas a promover el uso eficiente de diversos electrodomésticos con el fin de disminuir el gasto de energía. Estas sugerencias han sido diseñadas considerando principalmente aspectos técnicos, tales como la investigación y la identificación de los dispositivos que consumen una mayor cantidad de energía eléctrica, así como la comparación de dispositivos con características similares pero con diferencias en su gasto energético debido a los materiales con los que están fabricados.

A nivel nacional, Perú ha estado implementando medidas de ahorro energético desde 1973, una fecha clave que marcó el inicio de la concienciación sobre la calidad de la eficacia energética. En ese período, el aumento de los precios del petróleo desencadenó una crisis energética global de gran envergadura. En ese contexto, Perú se encontraba importando cantidades significativas de recursos energéticos, ya que su producción era limitada. No obstante, es importante señalar que las acciones de ahorro energético llevadas a cabo en esa época eran principalmente esporádicas y no lograron mantenerse en el tiempo de manera

sostenible. Esto se debía, en parte, a los altos subsidios que existían, lo que desincentivaba la adopción de prácticas de ahorro de energía de forma continua y efectiva.

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en su informe "Servicios Energéticos Basados en Mercados" elaborado en julio de 1998 para el Perú, se llevó a cabo un análisis exhaustivo y una evaluación del potencial de eficacia de la energía en el sector industrial. Según este informe, se estimó que el consumo de electricidad en el sector industrial podría reducirse significativamente, en un rango que oscila entre el 5% y el 15%. Estas estimaciones se basaron en datos obtenidos de auditorías realizadas por CINERGIA en el período comprendido entre 1990 y 1997 en los sectores de manufactura y servicios. Los resultados de este estudio arrojaron una perspectiva alentadora en cuanto a la capacidad de implementar medidas de eficiencia energética para reducir el consumo de electricidad en el sector industrial, lo que podría generar beneficios tanto económicos como ambientales significativos.

La información sobre el gasto de 9834 GWh en el sector industrial y de servicios en 1998 inicialmente podría sugerir cierta estabilidad en este indicador. Sin embargo, es evidente que fue un error, ya que las estimaciones de ahorro de energía no se cumplieron. Entre 1998 y 2004, se produjo un aumento significativo en el gasto energético en el sector industrial y de servicios, con un incremento total de 709 GWh por año, lo que representa un incremento del 43%. Este aumento es una señal de que, en lugar de mantenerse constante, el gasto de energía en estos sectores está en constante crecimiento. Además, durante el mismo período, el consumo en GWh por unidad en la industria (Gwh/ind./año) también aumentó de 0,392 a 0,519. Estos datos reflejan un desafío importante en el esfuerzo por reducir el gasto de energía y promover la eficiencia energética en el sector industrial y de servicios.

4.2. Desarrollo de La Temática

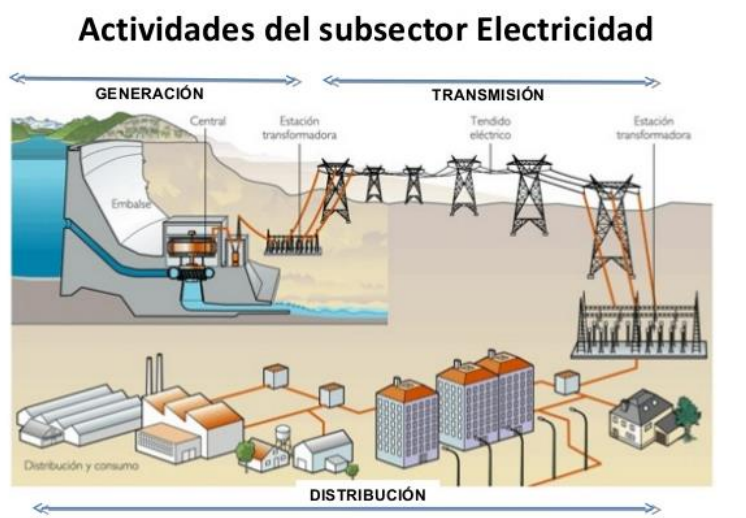
4.2.1. Tarifas eléctricas (TE).

Las tarifas eléctricas se refieren a la estructura de precios y costos establecida para la provisión de electricidad. En el contexto de la legislación sobre concesiones eléctricas, estas tarifas son un componente fundamental para fomentar la eficiencia y la competencia en el mercado de electricidad. Se dividen en generación, transmisión y distribución, lo que permite una especialización de las compañías eléctricas.

Un aspecto clave de este marco legal es la promoción de la competencia, lo que se logra a través de un régimen de libertad de precios. Esto significa que los gastos de los servicios eléctricos pueden establecerse en un entorno de competencia, lo que fomenta la eficiencia y la oferta de mejores servicios a los consumidores.

Figura 1.

Generación –Transmisión - Distribución



Fuente: Fiscalización Ambiental en el Subsector electricidad

Tabla 1.*Usuarios del mercado en el sector eléctrico*

Usuario del mercado libre	Usuario del mercado regulado	Usuario Libre/Regulado
<ul style="list-style-type: none"> • Aquellos Usuarios con demanda mensual mayores a 2 500 kW. • Generalmente grandes Industrias, mineras y servicios. • Conectados en Alta Tensión, Media Tensión, Muy Alta Tensión. • Pueden escoger a su proveedor: generador, distribuidor. • En este caso, los precios de potencia y energía son negociados entre el cliente y la empresa suministradora. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para usuarios con demanda mensual menores a 200 kW. • Conectados en Alta Tensión, Media Tensión y Baja Tensión. • Solo pueden comprar energía y potencia a un solo proveedor, Empresas eléctricas de distribución regional. • En este caso, compran potencia y energía a precios regulados por el OSINERGMIN-GART. 	<ul style="list-style-type: none"> • Según el Reglamento de Usuarios Libres de Electricidad- Decreto Supremo N° 022-2009-EM, señala que un usuario con demanda entre 200 kW a 2 500 kW puede escoger entre ser usuario del mercado libre o mercado regulado.

Fuente: Pliego Tarifario OSINERMIN

4.2.1.1. Tipos de periodos

Usuarios en Baja Tensión (BT): Se refiere a las instalaciones eléctricas que están vinculadas a redes en las que la tensión de suministro (TS) no excede los 1000 voltios (1 KV).

Usuarios en Media Tensión (MT): Se refiere a las instalaciones eléctricas que están conectadas a redes donde la TS se encuentra por encima de 1 KV, pero por debajo de 30 KV.

Usuarios: Se refiere a las personas o entidades que utilizan electricidad como consumidores finales y se encuentran ubicados en territorio peruano.

Usuarios Regulados: Los usuarios que son dependientes de la normativa de los precios unitarios de energía o potencia tienen sus tarifas establecidas por la gerencia adjunta de regulación Tarifaria del OSINERMIN.

Usuarios Libres: no están bajo la normativa de los precios unitarios de energía o potencia pueden optar por obtener energía y potencia directamente de la empresa generadora.

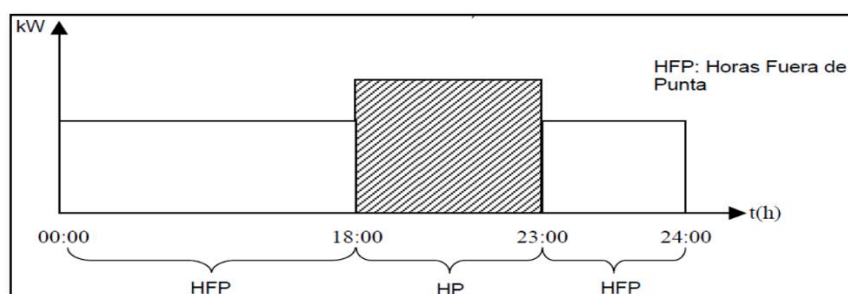
Usuario Prepago del servicio eléctrico: En el abastecimiento de energía eléctrica de baja tensión, los usuarios disponen de un equipo de medición especializado que les permite pagar el gasto de energía con anticipación antes de su consumo.

Usuarios Temporales: usuarios que necesitan electricidad de manera repetitiva y por un tiempo limitado, como ferias, eventos en la vía pública, circos, obras de construcción, entre otros ejemplos.

Usuarios Provisionales: Según lo establecido en el Artículo 85° de la Ley de Concesiones Eléctricas, se considera en este tipo de usuarios a aquellos que residen en áreas habitadas sin habilitación urbana, y que están conectados en baja tensión de forma colectiva.

Hora Punta (HP): El intervalo de tiempo comprendido desde las 18:00 h hasta las 23:00 h de todos los días del año.

Figura 2.
Horas Punta y Fuera de Punta



Fuente: Pliego Tarifario OSINERMIN

Potencia Instalada: hace referencia al total de potencias activas nominales existentes en todos los dispositivos y equipos conectados a un suministro eléctrico.

Potencia Contratada: La potencia activa (PA) máxima que puede ser utilizada por un suministro y que fue acordada por el contrato entre el usuario y la empresa proveedora de servicios es conocida como "la máxima potencia activa convenida según el contrato".

Exceso de Potencia: Cuando el usuario utiliza más potencia de la que ha acordado contratar con la empresa proveedora.

Máxima demanda Mensual: valor máximo resultante de promediar los niveles de demanda de PA en intervalos de 15 minutos durante el tiempo de facturación mensual.

Demanda máxima Mensual en horas punta: hace referencia al valor máximo obtenido al promediar los niveles de demanda de PA en intervalos de 15 minutos durante el tiempo de mayor gasto a lo largo de todo el mes.

Demanda máxima mensual fuera de punta: Es el valor máximo resultante al promediar las demandas de PA en intervalos de 15 minutos durante el tiempo de menor consumo a lo largo de todo el mes.

Período de facturación: Excepto para los clientes temporales, este tipo de período se establece mensualmente y debe estar comprendido entre veintiocho (28) y treinta y tres (33) días calendario. Además, en ningún caso debe existir más de 12 facturaciones en un año. No obstante, en situaciones excepcionales, como la primera facturación de un nuevo suministro o la reconexión de un suministro previamente existente, se podría aplicar un tiempo de facturación que no exceda los cuarenta y cinco días calendario ni sea inferior a quince días calendario.

Enel: como el tipo de energía que se produce cuando existe una disparidad de potencial entre dos puntos, lo que facilita la circulación de una corriente eléctrica a través de un conductor eléctrico cuando se establece una conexión, lo que a su vez permite la realización de trabajo.

Energía Activa (EA): es toda Enel cuyo uso es medida por el medidor en kilovatios-hora (kW·h), y que se emplea para dar funcionamiento a los dispositivos eléctricos.

Energía Reactiva: Se refiere a la energía extra, aparte de la energía activa, que ciertos dispositivos con bobinados eléctricos, como motores, transformadores y balastos, requieren funcionar correctamente.

Potencia: La velocidad o velocidad de realización de un trabajo, medida en kilovatios (KW).

Generación: La producción de electricidad se realiza tanto por compañías estatales como privadas, las cuales generan energía a través de diversas fuentes como centrales hidroeléctricas, termoeléctricas, eólicas, entre otras.

Transmisión: El propósito de la transmisión es facilitar el transporte de energía de los generadores hacia los consumidores, y para lograrlo, se deben cumplir con los gastos de transmisión mediante un peaje de conexión pagado por la empresa generadora a los operadores del sistema de transmisión. Algunas de las instalaciones utilizadas en este proceso incluyen torres, aisladores y conductores de aluminio.

Distribución: Se refiere al total de infraestructuras (como subestaciones, postes, conductores, entre otros.) que se utilizan para suministrar energía eléctrica a distintos usuarios encontrados en el mercado.

Peaje de transmisión: se refiere al costo establecido y supervisado que se abona por la utilización una línea de transmisión para mover energía de un lugar a otro que están distantes geográficamente.

Precios de Energía: se refiere al costo total que el consumidor abona por el uso de energía, siendo actualizado de manera constante.

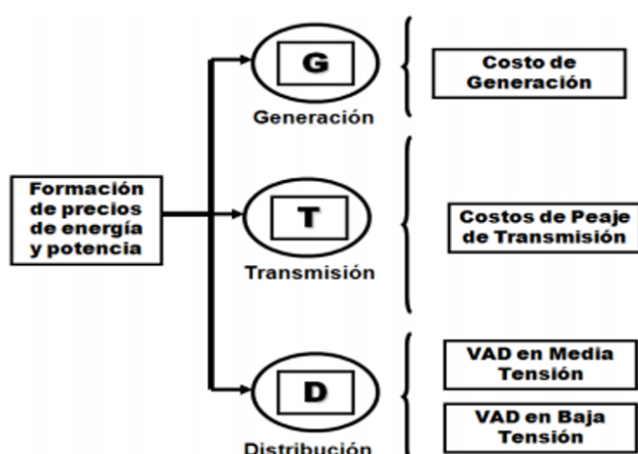
Precios de Potencia: se refiere al costo total que el consumidor debe pagar por consumir potencia, siendo actualizado de manera continua.

4.2.1.2. Formación de Precios de Energía y Potencia.

La tarifa eléctrica se desglosa en tres componentes clave: generación, transmisión y distribución de Enel. El costo final de la energía para los consumidores se deriva de una evaluación de los costos de generación (CG), los cargos de transmisión (CPT) y el valor añadido de la distribución en media tensión (VADMT). Estos factores son los componentes fundamentales que influyen en el precio total de la electricidad para los usuarios.

Figura 3.

Formación de los gastos de potencia



Fuente: guía de orientación para la selección de la tarifa eléctrica para usuarios en media tensión.

Formación de precios para los consumidores finales regulados en MT:

Precios de energía para usuarios en media tensión (PEUMT):

$$PEUMT = CG + CPT + VADMT$$

Precios de energía para usuarios en baja tensión (PEUBT):

$$PEUBT = CG + CPT + VADMT + VADBT$$

4.2.2. TE - MT

La Norma de Opciones Tarifarias (OT) actual se estableció a través de la resolución OSINERGMIN-206-2013-OS-CD, la cual comenzó a aplicarse a partir del 1 de noviembre de 2013. Previo a esta fecha, la regulación de las OT se encontraba definida en la resolución OSINERGMIN-182-2009-OS-CD, la cual se somete a renovación cada cuatro años.

4.2.2.1. Elección de La Opción Tarifaria.

Los consumidores gozan de plena autonomía para seleccionar cualquier de las formas tarifarias disponibles, siempre alerta del sistema de medición requerido por la alternativa elegida. Es fundamental subrayar que la elección efectuada por el ciudadano debe ser obligatoriamente aceptada por la empresa proveedora de servicios. Además, en cumplimiento de las regulaciones, las empresas proveedoras están en la obligación de ofrecer de manera gratuita, a aquellos clientes que lo soliciten, los siguientes servicios:

- Un registro histórico detallado de los gastos de energía y potencia, expresados en HP (horas punta) y HFP (horas fuera de punta).
- La información actualizada sobre los precios de los cargos de facturación correspondientes a la opción tarifaria seleccionada por el usuario.

4.2.2.2. Vigencia de la OT

Las opciones tarifarias (OT) tienen una duración mínima de 360 días, a diferencia de los consumidores eventuales del servicio eléctrico, para este último grupo, la duración de la tarifa seleccionada se establecerá mediante un acuerdo entre la empresa proveedora de servicios y el usuario temporal.

El período de vigencia se expresará en días si es igual o inferior a 90 días, y en meses si supera este límite, pero en ningún caso podrá extenderse más allá de los 12 meses. Esta regulación garantiza flexibilidad tanto para los usuarios de largo plazo como para aquellos que solo requieren el servicio de manera temporal.

4.2.2.3. Opciones Tarifarias En Media Tensión

El sistema tarifario peruano está sujeto a la regulación de Osinergmin, que lleva a cabo revisiones y mejoras cada cuatro años. Esta entidad define las condiciones generales que incluyen los siguientes aspectos:

- Los usuarios tienen el derecho de elegir la opción tarifaria que mejor se adapte a sus necesidades y preferencias.
- La empresa generadora está obligada a aceptar la Opción Tarifaria (OT) determinada por el cliente y posee una vigencia de doce meses. Al finalizar este período, el consumidor tiene la posibilidad de solicitar un cambio de tarifa y ajustar la potencia contratada de acuerdo a sus necesidades cambiantes.
- Las opciones de tarifas consideran tanto el sistema de medición como la potencia contratada, ofreciendo flexibilidad a los usuarios para adaptarse a sus requisitos específicos.
- La calificación de los usuarios se actualiza mensualmente y de manera automática, garantizando una gestión precisa y oportuna de las tarifas.

Tabla 2.
Opciones Tarifarias -Clientes Media Tensión

Opción Tarifaria	Sistemas y Parámetros de Medición	Cargos de Facturación
MT2	<u>Sistema de medición:</u> Medición de dos energías activas y dos potencias activas (2E2P) <u>Parámetros de medición:</u> Energía: Punta y Fuera de Punta Potencia: Punta y Fuera de Punta Medición de energía reactiva Modalidad de facturación de potencia activa variable	a) Cargo fijo mensual b) Cargo por energía activa en horas punta c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta d) Cargo por potencia activa de generación en horas punta e) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución en horas punta f) Cargo por exceso de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta g) Cargo por energía reactiva
MT3	<u>Sistema de medición:</u> Medición de dos energías activas y una potencia activa (2E1P) <u>Parámetros de medición:</u> Energía: Punta y Fuera de Punta Potencia: Punta y Fuera de Punta Medición de energía reactiva Modalidad de facturación de potencia activa variable Calificación de Potencia: P: Usuario presente en punta FP: Usuario presente fuera de punta	a) Cargo fijo mensual b) Cargo por energía activa en horas punta c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta d) Cargo por potencia activa de generación e) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución f) Cargo por energía reactiva
MT4	<u>Sistema de medición:</u> Medición de una energía activa y una potencia activa (1E1P) <u>Parámetros de medición:</u> Energía: Punta y Fuera de Punta Potencia: Punta y Fuera de Punta Medición de energía reactiva Modalidad de facturación de potencia activa variable Calificación de Potencia: P: Usuario presente en punta FP: Usuario presente fuera de punta	a) Cargo fijo mensual b) Cargo por energía activa c) Cargo por potencia activa de generación d) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución e) Cargo por energía reactiva

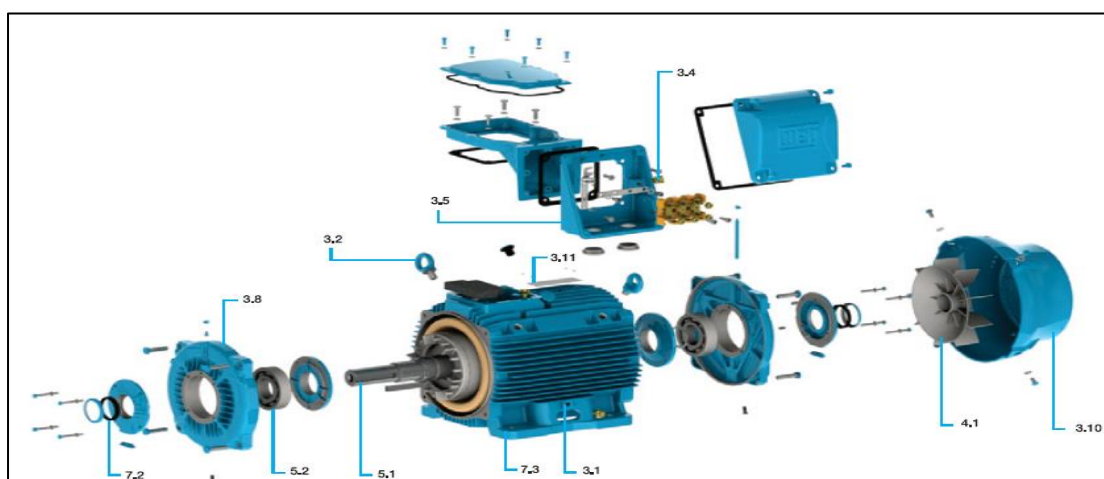
Fuente: Guía De Orientación - OSINERMIN

4.3. Motor de inducción trifásico.

Los motores de inducción, también conocidos como motores asíncronos, operan mediante la creación de un campo magnético rotatorio en el espacio entre el rotor y el estator, gracias al flujo de corriente alterna trifásica a través de los devanados del estator [4]. En función del tipo de inducido utilizado, estas máquinas se clasifican en dos categorías principales: Rotor en jaula de ardilla y el inducido devanado o con anillos.

Asimismo, el estator del motor está compuesto por láminas de aleación de acero al silicio dispuestas en apilamiento. Estas láminas presentan ranuras en su borde interior para acomodar un devanado trifásico distribuido. La corriente alterna trifásica es suministrada a este devanado, lo que resulta en la creación de un flujo magnético giratorio con amplitud constante y una distribución senoidal a lo largo del espacio entre el rotor y el estator. El estator se encuentra contenido en una carcasa que dispone de bases de fijación y anillos o cáncamos para facilitar su manipulación, elevación y transporte.

Figura 4.
Partes de un motor eléctrico trifásico de inducción



Fuente: Manual electrotécnico de WEG

Tabla 3.
Descripción de partes del motor de inducción trifásico

3.1	Carcasa
3.2	Cáncamos de izaje
3.4	Terminales de Puesta a Tierra
3.5	Caja de Conexiones
3.8	Tapas
3.10	Tapa Deflectora
3.11	Placa de Identificación
4.1	Sistema de Refrigeración
5.1	Eje
5.2	Rodamientos
7.2	Sello
7.3	Pintura

Fuente: Manual electrotécnico de WEG

El rotor se compone de un conjunto de láminas apiladas en forma cilíndrica, presentando hendiduras en su superficie exterior destinadas a alojar el devanado. Los motores de tipo "jaula de ardilla," utilizan conductores de cobre o aluminio que se conectan en cortocircuito mediante dos anillos ubicados en los lados; sin embargo, en máquinas más pequeñas, se recurre al método de fundición de aluminio para crear un conjunto que incluye las barras del inducido y los aros laterales.

Sin embargo, para el estator se incluyen tres conjuntos de enrollados distribuidos a intervalos angulares de 120° entre ellos. Dependiendo del número de polos ($2p$) y al alimentarlos con corrientes de una red trifásica de frecuencia f_1 , se genera una onda rotativa de fuerza magnetomotriz (f.m.m) con una distribución senoidal en la periferia del entrehierro. Esto resulta en un flujo magnético rotatorio, cuya velocidad se determina mediante una fórmula específica.

$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{P} = r.p.m \quad \text{Ecuacion 1}$$

Dónde:

n_1 : Velocidad de sincronismo (VS)

f_1 : Frecuencia de la red en Hertz.

P: Numero de pares de polos del motor.

Tabla 4*La Velocidad sincrónica de los motores (50 Hz y 60 Hz)*

N° de polos	50 Hz	60 Hz
2	3000	3600
4	1500	1800
6	1000	1200
8	750	900
12	500	600
16	375	450
24	250	300

Fuente: Manual de motores WEG

La VS n_1 es el máximo teórico al que el motor puede girar. Para que el motor funcione correctamente, el inducido debe girar a una velocidad menor que la de sincronismo $n < n_1$, lo que quiere decir que su velocidad debe ser menor a la velocidad de sincronismo.

El voltaje generado está directamente vinculado a la velocidad del inducido en comparación con el magnetismo existente. Dado que el rendimiento del motor de inducción se encuentra ligado al voltaje y la corriente del rotor, es más común expresar de su velocidad relativa. En líneas generales, se pueden identificar dos conceptos que explican el movimiento relativo entre el rotor y el magnetismo de los campos. Uno de estos conceptos se refiere a la velocidad de desplazamiento, la cual se caracteriza por la diferencia entre la velocidad síncrona y la velocidad del rotor [2].

$$n_{des} = n_1 - n \quad \dots \dots \dots Ecuacion 2$$

Dónde:

n_{des} = velocidad de deslizamiento del motor.

n_1 = Velocidad de los campos magnéticos.

n = Velocidad del rotor.

El otro vocablo empleado para explicar el movimiento relativo es el "deslizamiento," que indica la velocidad relativa medida en una unidad de porcentaje o por unidad. El deslizamiento se define:

$$s = \frac{n_{des}}{n_1} (100\%) \dots \dots \dots Ecuacion 3$$

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} (100\%) \dots \dots \dots Ecuacion 4$$

El valor del deslizamiento en motores industriales tiende a ser mayor al 3% y menor al 8% a plena carga. Cuando se incrementa la carga mecánica del motor, el par resistente supera al par interno, lo que aumenta el deslizamiento. Esto a su vez ocasiona un incremento en las corrientes del rotor, lo que incrementa el par motor y genera el equilibrio dinámico entre los momentos resistente y motor.

Las frecuencias de las corrientes del rotor están conectadas con la frecuencia del estator mediante la siguiente expresión:

$$f_2 = s \cdot f_1 \dots \dots \dots Ecuacion 5$$

Si el rotor está inmóvil, entonces se verifica que $n=0$, lo que equivale a decir que $s=1$. Esto señala que, en esta situación, las frecuencias del estator y del rotor se igualan, es decir:

$$f_2 = f_1 \dots \dots \dots Ecuacion 6$$

Existe otra variable significativa conocida como el par motor, que hace referencia al torque generado en el eje del motor, y se mide en newton-metro (Nm). La potencia se define como el resultado del producto del par motor ejercido por la velocidad de rotación, mediante la siguiente expresión:

$$HP = \frac{T \cdot n}{k} \dots \dots \dots Ecuacion 7$$

Dónde:

k Es constante: 7,124 para T en (N-m)

5, 250 para T en (libra-pie)

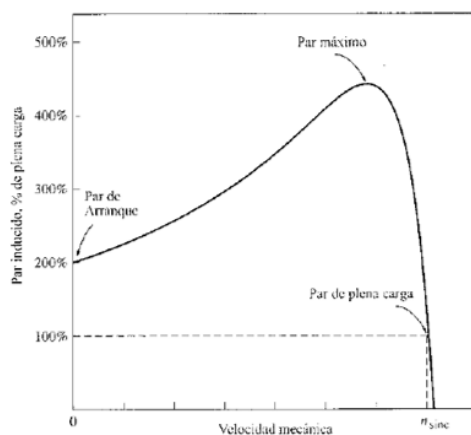
Par a plena carga; El par necesario para generar la potencia a plena carga a la velocidad nominal. Es el valor base utilizado, mientras que el par de arranque y el par máximo se expresan en relación a él.

Par de arranque; también conocido como par a rotor bloqueado, es la fuerza generada cuando el motor se encuentra detenido y comienza a acelerarse. En esta situación, el deslizamiento (S) es igual a 1.

Par máximo; Es el valor más alto que el motor puede generar y debe ser lo suficientemente grande para superar la resistencia que se opone al arranque del motor sin causar daños. Su magnitud suele estar entre 1.5 y 3 veces el par a plena carga.

Figura 5.

Características par- velocidad en motores



Fuente: Automatización, productividad y calidad S.A México

4.3.1. Comparación de motores (Estándar y Alta Eficiencia)

En los últimos decenios, ha habido notables avances en el campo mecánico, los motores convencionales estándar están siendo reemplazados por motores de mayor eficacia, impulsados por las ventajas de la reducción de costos operativos y el ahorro en el gasto de

energía. Los motores recientes demandan una potencia menor del sistema de distribución para producir la misma potencia de salida requerida en la realización de una tarea específica. Este cambio hacia motores de alta eficiencia es un reflejo de la creciente conciencia de la importancia de la eficiencia energética en la industria y otros sectores, lo que se traduce en un impacto positivo tanto en los costos como en la sostenibilidad [3]. Algunas de las características principales de los motores nuevos motores son:

- El ventilador presenta un diseño aerodinámico, ligero y con bajas pérdidas de fricción.
- Se utiliza una mayor cantidad de cobre en el bobinado para reducir la resistencia a la corriente y minimizar las pérdidas de corriente.
- Se ha reducido la dispersión del campo magnético mediante un área de laminación más extensa.
- El armazón del motor está hecho de fierro fundido, lo que le otorga resistencia a la corrosión, una excelente capacidad de disipación de calor y un acabado preciso para mejorar la transferencia de calor.
- Los bobinados están fabricados con cobre de alta eficiencia, que es resistente a la humedad y puede trabajar en temperaturas de hasta 200°C.
- Los rodamientos utilizados son antifricción, lo que minimiza el calentamiento, el ruido y las pérdidas por fricción.
- El entrehierro, la separación entre el rotor y el estator, se ha reducido para disminuir las pérdidas magnéticas y por fricción.
- Se emplea acero al silicio, lo que reduce las corrientes de Eddy y minimiza las pérdidas en el campo magnético.

4.4. Dimensionamiento Óptimos de Equipos

En muchas ocasiones, el sistema de los motores tiende a ser sobredimensionados debido a la aplicación de seguridad en el diseño. Las pérdidas magnéticas, la fricción y las

pérdidas de fricción en el aire son prácticamente constantes en función de la carga, lo que conduce a la utilización de motores sobredimensionados en la industria. Estos motores no solo exhiben una baja eficacia y un bajo factor de potencia.

La eficacia experimenta una disminución significativa cuando un motor opera con una carga ligera (inferior al 40%). Además, el factor de potencia disminuye de manera continua a medida que la carga disminuye desde la carga plena. Esta disminución en el rendimiento es particularmente notoria en pequeños motores y los de eficiencia estándar [5]. Por lo tanto, es fundamental dimensionar adecuadamente los motores nuevos para identificar aquellos que operan con cargas bajas durante largos períodos de tiempo.

El dimensionamiento adecuado de los motores eléctricos conlleva una reducción en el consumo de energía, evitando un aumento innecesario en el gasto de energía eléctrica. El sobredimensionamiento de los motores resulta en la pérdida de energía eléctrica y un consumo excesivo. Por lo tanto, es esencial encontrar el equilibrio adecuado para garantizar un funcionamiento eficiente y seguro de los motores eléctricos.

4.5. Manejo de Carga.

La potencia y la velocidad del motor son determinadas por la carga a la que se encuentra sometido. Es importante conocer las condiciones de la carga al especificar el motor, ya que su comportamiento varía según esta. Por ejemplo, máquinas como bombas y ventiladores se comportan de manera diferente a los molinos y transportadores. Cada tipo de carga requiere un análisis detallado para seleccionar el motor más adecuado y garantizar un rendimiento óptimo del sistema.

$$P_i = \frac{V \times I \times FP \times \sqrt{3}}{1000} \dots \dots \dots \text{Ecuaciones 8}$$

Donde:

P_i = Potencia trifasica en (Kw).

V = Voltaje promedio entre lineas.

I = Corriente promedio de las tres fases.

FP = Factor de Potencia.

$$P_{ir} = \frac{P_{or} \times 0,7457}{e_{f1}} \dots \dots \dots \text{Ecuaciones 9}$$

donde:

P_{ir} = Potencia de entrada a plena carga nominal (Kw).

P_{or} = Potencia Nominal (Hp).

e_{f1} = Eficiencia a plena carga nominal.

Método de la Potencia de entrada.

$$\text{Carga} = \frac{P_i}{P_{ir}} \times 100\% \dots \dots \dots \text{Ecuacion 10}$$

Carga = Potencia de salida como % de la potencia nominal.

4.6. Estructura Tarifaria.

La estructura tarifaria destinada a los consumidores con gran gasto presenta variaciones en el costo de la electricidad en función de los diferentes bloques horarios en los que se registra el consumo.

Estos bloques horarios se dividen en dos categorías principales: el horario punta, que abarca de 18:00 a 23:00 horas, y el horario fuera de punta, que comprende todas las demás horas del día. Es importante notar que el costo por unidad de energía activa consumida (expresado en S/. /KWh) durante el horario punta es considerablemente superior al costo durante el horario fuera de punta.

Además, el costo unitario de potencia realizada durante el horario punta es mayor que en el gasto en horario fuera de punta. Esto plantea una oportunidad estratégica para los

consumidores que opten por el régimen de medición con cargas horarias y cobro de demanda. Estos consumidores podrían obtener ahorros económicos considerables al desplazar una parte significativa de sus procesos de producción o gasto de energía hacia los horarios fuera de punta.

Por consiguiente, resulta fundamental realizar un análisis exhaustivo de la viabilidad económica asociada a la implementación de una gestión de carga durante el horario fuera de punta. Esta decisión dependerá de las características específicas del consumo y las pérdidas económicas que puedan surgir en comparación con el ahorro potencial en la factura de energía.

4.6.1. El consumo de equipos desfasados.

Es común que los motores eléctricos antiguos experimenten un aumento en su gasto de energía, lo que plantea la necesidad de determinar el momento oportuno para reemplazar los motores antiguos por modelos más eficientes.

La decisión de sustituir estos motores eléctricos dependerá en gran medida de la viabilidad económica, la cual se basará en la capacidad del ahorro derivado de la mayor eficiencia de los nuevos motores para compensar la inversión realizada en un período de tiempo relativamente corto o medio plazo. Este análisis es esencial para garantizar una gestión óptima de los recursos y el rendimiento energético en las operaciones industriales.

4.7. Eficiencia del motor de inducción trifásico.

La eficiencia es una característica esencial en todos los equipos eléctricos, ya que determina su habilidad para convertir la mayor cantidad posible de la energía demandada de la fuente en trabajo útil. En el caso de los motores eléctricos, son equipos que convierten la energía eléctrica en energía mecánica rotatoria, solo utilizan una fracción de la potencia que toman de la fuente, debido a las pérdidas que ocurren durante el proceso [12].

La eficiencia de un motor eléctrico se refiere al porcentaje que mide su capacidad para convertir la potencia eléctrica que recibe de la red (potencia de entrada) en potencia mecánica útil (potencia de salida o potencia mecánica).

$$n = \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} = \frac{P_{entrada} - P_{perdidas}}{P_{entrada}} \dots \dots \dots Ecuacion 11$$

Diagrama energético de un motor eléctrico.

El motor cuando se encuentra funcionando, el estator se mantiene de la red eléctrica y consume una potencia:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot V_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 \dots \dots \dots Ecuacion 12$$

Una parte de la potencia P_1 se malgasta en la resistencia R del devanado del estator, lo que genera una merma eléctrica (P_{el}), junto con una merma magnética en el campo del estator (P_{mag}). Al restar estas componentes al rotor, se obtiene la potencia electromagnética aplicada al rotor, que se describe a través de la siguiente ecuación de conservación de energía:

$$P_{elmagn} = P_1 - \Delta P_{e1} - \Delta P_{mag} \dots \dots \dots Ecuacion 13$$

Una parte de esta potencia se emplea para compensar las P_{el} en los devanados del rotor, representadas como ΔP_{e2} . El resto de potencia es la que se convertirá en potencia mecánica, y se expresa mediante la siguiente fórmula:

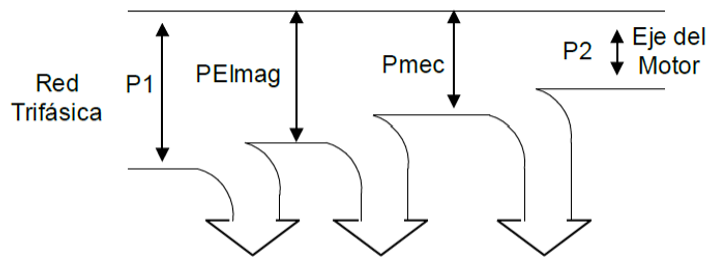
$$P_{Mec} = P_{elmagn} - \Delta P_{e2} \dots \dots \dots Ecuacion 14$$

Calculando la potencia mecánica generada en el eje del rotor tras compensar su inercia y las pérdidas adicionales se obtiene una potencia de P_2 :

$$P_2 = P_{Mec} - \Delta P_{Fric} - \Delta P_{Adic} \dots \dots \dots Ecuacion 15$$

El diagrama energético de un motor eléctrico se presenta a continuación:

Figura 6.
Diagrama energético de motores eléctricos



Fuente: Baldor Electry Company. EE. UU.

4.8. Pérdidas de potencia de un motor de inducción trifásico.

Las mermas en un motor de inducción se suelen dividir en dos categorías principales: pérdidas eléctricas, relacionadas con aspectos electromagnéticos, y pérdidas mecánicas, asociadas con cuestiones de naturaleza mecánica. Además, la mayoría de los expertos subdividen estas pérdidas en cuatro elementos distintos [9].

Las pérdidas en el cobre del estator se producen como consecuencia del efecto Joule, el cual se origina debido al paso de corriente a través de las resistencias presentes en los devanados del estator. Por lo general, estas pérdidas se calculan empleando las corrientes que circulan por el estator y los valores nominales de las resistencias presentes en los devanados.

Conforme a la norma ANSI STANFORD C50, se calculan las pérdidas en el cobre basándose en las resistencias continuas de los devanados a una temperatura de 75°C . La diferencia entre estas resistencias continuas y las resistencias efectivas, que causa un aumento en las pérdidas, se agrupa bajo el término "pérdidas adicionales," el cual se abordará posteriormente [8].

Estas pérdidas generalmente constituyen alrededor del 35-50% del total de las mermas en el motor. Principalmente, las mermas en el cobre del estator se relacionan con el par

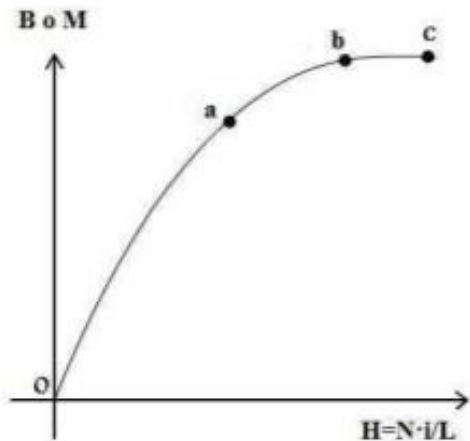
generado por el motor y, en menor medida, con la tensión del estator, la frecuencia y la temperatura.

En máquinas eléctricas que operan con corriente alterna, se experimentan variaciones en los flujos magnéticos dentro de los circuitos magnéticos. Estos cambios resultan en la pérdida de energía en forma de calor, principalmente debido a los efectos de las corrientes de Eddy y al fenómeno de histéresis magnética presentes en el circuito magnético. De manera genérica, en la literatura, se hace referencia a estas pérdidas de energía como "**pérdidas en el hierro**".

Las mermas por corrientes de Eddy se originan debido a las corrientes inducidas que transitan en las laminas inducidas del núcleo estacionario. Estas corrientes se generan como resultado del flujo magnético en rotación, conforme a la ley de Faraday. Cuando un campo magnético varía en el tiempo, se generan campos eléctricos circulares en el núcleo magnético; dado que el acero es un buen conductor, estos campos provocan la circulación de corrientes, conocidas como corrientes de Eddy, a lo largo de un trayecto circular. Por esta razón, en la construcción del núcleo magnético se utilizan laminas inducidas para minimizar estas pérdidas.

Se estima que las pérdidas en el hierro representan aproximadamente un 15-30% del total de pérdidas en la máquina. Estas pérdidas en el hierro están principalmente relacionadas con la tensión del estator y la frecuencia de alimentación.

Figura 7.
Perdidas por Histéresis magnética.



Fuente: Perdidas en las máquinas eléctricas rotativas

Pérdidas adicionales, a menudo denominadas en la literatura como "stray losses" en términos anglosajones, abarcan diversas fuentes de disipación de energía. Estas pérdidas incluyen la saturación del hierro, armónicos espaciales, flujos de dispersión ocasionados por factores geométricos como ranuras y espacios entre piezas, así como corrientes adicionales que fluyen a través del rotor debido a defectos constructivos en el aislamiento de las barras de aluminio. Las consecuencias de estas pérdidas abarcan un aumento en la temperatura del motor, reducción del torque, demoras en los cambios de velocidad durante la aceleración y desaceleración, así como una disminución en la eficiencia y la potencia máxima mecánica disponible.

Pérdidas mecánicas, que representan entre el 5% y el 10% del total de pérdidas, se derivan principalmente de la fricción mecánica, las conexiones entre ejes y la circulación de aire necesaria para la ventilación del motor. Estas pérdidas están directamente relacionadas con la velocidad mecánica del rotor. Es importante destacar que, a diferencia de las otras pérdidas mencionadas, las pérdidas mecánicas no pueden reducirse mediante ningún método de control.

En la tabla que sigue se presentan cifras que detallan cómo se distribuyen las mermas en motores de inducción convencionales.

Figura 7.

Distribución de pérdidas de los motores

Pérdidas en el cobre del estator	Pérdidas en el hierro	Pérdidas adicionales	Pérdidas mecánicas
35-50%	15-30%	5-10%	5-10%

Fuente: Baldor Electric Company [EEUU](#).

4.9. Clasificación de los motores según su eficiencia

A lo largo del tiempo, se han establecido diferentes normas técnicas con el propósito de definir las condiciones de operación de motores eléctricos, normalizar los métodos de prueba, las circunstancias de medición y las metodologías de cálculos. Sin embargo, debido a las diferencias en el desarrollo tecnológico en distintas regiones del mundo, han surgido normativas técnicas paralelas.

En consecuencia, en este estudio se realiza un análisis exhaustivo de la normatividad más relevante para la valoración de la eficacia de los motores, en particular, de los motores de inducción, que son el enfoque principal de este trabajo [4].

Clasificación según Norma IEC 60034-30

En congruencia con esta norma, los motores tienen cuatro categorías. El 65% de la energía eléctrica de la industria es utilizada en motores eléctricos. [10].

Figura 8.

Clasificación de la eficiencia de los motores según la norma IEC 60034-30

NEMA MG-1 Part 12	IEC 60034-2- 1:2007 (IE4 - Super-premium: IEC/TS 60034-31: 2010 -04)
Super Premium Efficiency	IE4
Premium Efficiency	IE3
High Efficiency	IE2
Standard Efficiency	IE1



Fuente: Motors and generators, ABB Chile.

Tabla 5.
Clases y clasificación de Rendimiento

Potencia	IE1 Eficiencia estándar			IE2 Alta Eficiencia			IE3 Eficiencia Premium			IE4 E. Super Premium		
KW	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0,75	72,1	71,1	70	77,4	79,6	75,9	80,7	82,5	78,9	84,9	85,6	83,1
1,1	75	75	72,9	79,6	81,4	78,1	82,7	84,1	81	86,7	87,4	84,1
1,5	77,2	77,2	75,2	81,3	82,8	79,8	84,2	85,3	82,5	87,5	88,1	86,2
2,2	79,7	78,7	77,7	83,2	84,3	81,8	85,9	86,7	84,3	89,1	89,7	87,1
3	81,5	81,5	79,7	84,6	85,5	83,3	87,1	87,7	85,6	89,7	90,3	88,7
4	83,1	82,1	81,4	85,8	86,6	84,6	88,1	88,6	86,8	90,3	90,9	89,5
5.5	84,7	83,7	83,1	87	87,7	86	89,2	89,6	88	91,5	92,1	90,2
7.5	84,8	84,8	84,7	88,1	88,7	87,2	90,1	90,4	89,1	92,1	92,6	91,5
11	87,6	87,6	86,4	89,4	89,8	88,7	91,2	91,4	90,3	93	93,6	92,5
15	88,7	88,7	87,7	90,3	90,6	89,7	91,9	92,1	91,2	93,4	94	93,1
18.5	89,3	89,3	88,6	90,9	91,2	90,4	92,4	92,6	91,7	93,8	94,3	93,5
22	89,9	89,9	89,2	91,3	91,6	90,9	92,7	93	92,2	94,2	94,7	93,9
30	90,7	90,7	90,2	92	92,3	91,7	93,3	93,6	92,9	94,5	95	94,3
37	91,2	91,2	90,8	92,5	92,7	92,2	93,7	93,9	93,3	94,8	95,3	94,6
45	91,7	91,7	91,4	92,9	93,1	92,7	94	94,2	93,7	95,1	95,6	94,9
55	92,1	92,1	91,9	93,2	93,5	93,1	94,3	94,6	94,1	95,4	95,8	95,2
75	92,7	92,7	92,6	93,8	94	93,7	94,7	95	94,6	95,6	96	95,4
90	93	93	92,9	94,1	94,2	94	95	95,2	94,9	95,8	96,2	95,6
110	93,3	93,3	93,3	94,3	94,5	94,3	95,2	95,4	95,1	96	96,4	95,6
132	93,5	93,5	93,5	94,6	94,7	94,6	95,4	95,6	95,4	96	96,5	95,8
160	93,7	93,8	93,8	94,8	94,9	94,8	95,6	95,8	95,6	96,2	96,5	96
200	94	94	94	95	95,1	95	95,8	96	95,8	96,3	96,6	96,1
250	94	94	94	95	95,1	95	95,8	96	95,8	96,4	96,7	96,1
315	94	94	94	95	95,1	95	95,8	96	95,8	96,5	96,8	96,1
355	94	94	94	95	95,1	95	95,8	96	95,8	96,6	96,8	96,1
375	94	94	94	95	95,1	95	95,8	96	95,8		96,6	96,8

Fuente: Motors and generators, ABB Chile.

4.10. Beneficios de los Motores de alta Eficiencia.

La eficiencia en el uso de la energía eléctrica es una necesidad apremiante. Entre las diversas estrategias para lograr un consumo racional de energía, una opción destacada consiste en suplir los motores eléctricos de baja eficacia o estándar por motores de alta eficacia.

Una parte significativa de la energía total consumida por el motor se disipa debido a diversos factores, representando aproximadamente entre un 5% y un 40% de la energía total, mientras que el resto se destina a realizar el trabajo deseado. Por lo tanto, resulta esencial emplear equipos con un nivel de eficiencia mucho mayor, lo que permitirá reducir tanto las

pérdidas eléctricas como las mecánicas, contribuyendo de manera significativa a la conservación de energía [7].

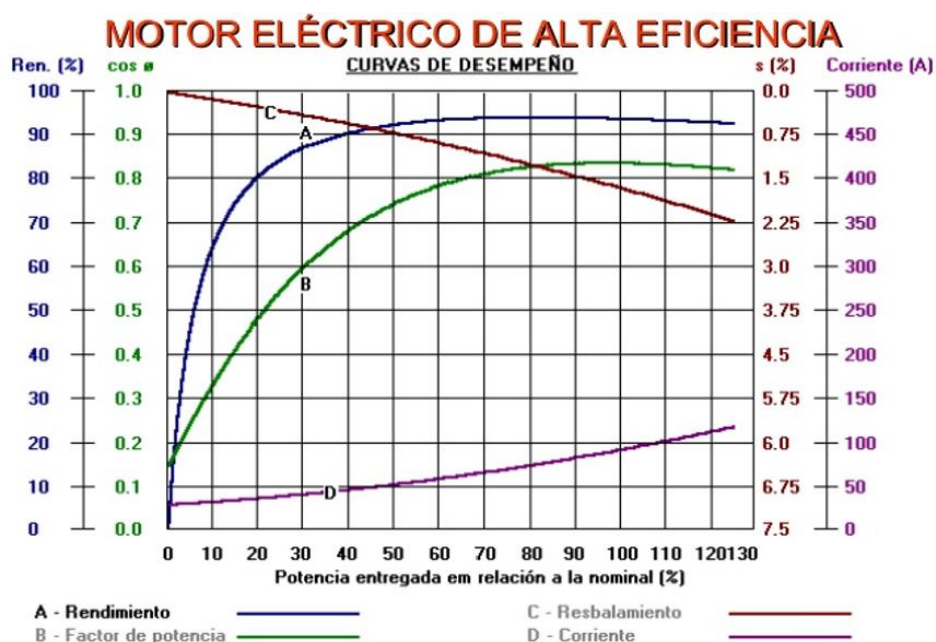
Al considerar la adquisición de un nuevo motor, es importante realizar una evaluación económica para determinar si es rentable invertir en un motor de alta eficiencia, teniendo en cuenta el costo adicional que pueda implicar en comparación con el ahorro esperado por un menor gasto energético.

Por ello, el período de retorno de inversión adicional de 2 a 3 años es aceptable. Después de realizar un análisis económico, se recomienda la adquisición de motores de alta eficiencia en las siguientes situaciones [12].

4.11. Ventajas, limitantes y aplicabilidad de los motores de Alta Eficiencia.

Figura 8.

Curvas de desempeño de motores de alta eficiencia



Fuente: Motores eléctricos de alta eficiencia

4.11.1. Ventajas.

Tener mayor eficiencia implica una reducción en los costos operativos del motor y la posibilidad de recuperar la inversión en un período corto, especialmente si se opera cerca de la carga nominal. Por regla general, los motores de alta eficiencia funcionan a mayor velocidad y tienen un deslizamiento menor que los motores de eficiencia estándar. Estas modificaciones de los parámetros del motor pueden ser ventajosas en diversas circunstancias porque mejoran la ventilación del motor.

Una construcción y robustez superiores distinguen a los motores de alta eficiencia de los motores estándar, lo que se traduce en una reducción de los gastos de mantenimiento y una mayor vida útil.

4.11.2. Limitaciones.

La operación de motores de alta eficiencia a velocidades más elevadas puede dar lugar a un aumento en la carga, especialmente cuando se utilizan para accionar ventiladores o bombas centrífugas. Es fundamental evaluar esta circunstancia en cada situación particular.

Capítulo III: Marco Metodológico

5.1. Tipo y Diseño de la Investigación

La metodología a seguir es una cuantitativa debido a que consiste en evaluar la opción tarifaria actual con el fin de corroborar que es la correcta, comparar parámetros de funcionamiento del motor estándar con el motor de alta eficiencia y apreciar el ahorro que se puede obtener.

5.2. Población y Muestra

En nuestro estudio, tanto la población como la muestra son idénticas, lo que significa que se trata de una investigación puntual. Por lo tanto, no se llevó a cabo ningún proceso de selección de muestra en este caso, y la investigación engloba a todos los individuos de la Empresa Azucarera Naylamp.

Muestra, recibos de energía de los meses de Nov-2016 a Mar-2017 y Motor triásico de inducción de 30 Kw/380v/60Hz del sistema de evaporación de agua en la empresa Azucarera Naylamp.

5.3. Hipótesis

Se optimizará el consumo de energía eléctrica en la empresa Azucarera Naylamp después de haber evaluado sus instalaciones y equipos eléctricos.

5.4. Variables – Operacionalización.

Variables	Indicadores	Sub indicadores	Índices	Técnicas
Tarifas eléctricas	Tipos de sistemas de horarios.	Penalización en la facturación	Exceso en el consumo de energía	Selección del plan tarifario.
Eficiencia del motor	% de carga del motor	Perdidas de potencia.	Una variación del porcentaje de carga del motor origina la modificación de la eficiencia.	Determinación de la eficiencia del motor mediante cálculo y mediciones, con datos de parámetros eléctricos.
Potencia eléctrica	Carga del motor	Tensión de trabajo (V). Consumo de corriente (A). Velocidad (rpm)	Disminución de la potencia eléctrica en función del tipo de regulación.	Medición de la potencia eléctrica con instrumento de medición (analizador de Redes).

Fuente: Autor

5.5. Métodos y Técnicas de Investigación

Para la evaluación y optimización del gasto de la energía eléctrica se realizaron mediciones eléctricas y cálculos de plan tarifario.

Se establece un procedimiento de cálculo para comparar el gasto de energía eléctrica entre el motor de prueba y un motor de alta eficiencia IE2

5.6. Descripción de los Instrumentos Utilizados

Los instrumentos de medición se encuentran en condiciones óptimas de operación, son seguros, fáciles de usar, homologados.

Analizador De Red Eléctrica:

El analizador de energía METREL, es un instrumento compacto y fácil de usar que se utiliza para evaluar los parámetros eléctricos esenciales de una instalación eléctrica.

Corriente, tensión, potencia, factor de potencia, energía eléctrica y frecuencia son ejemplos de estos parámetros. Además, el analizador es capaz de examinar la distorsión armónica tanto en corriente como en tensión, además de generar formas de onda en esas magnitudes.

Además, se incluyen datos relativos al factor de potencia, vatios, voltios, amperios y distorsión en voltios-amperios. Se usó el Certificado de calibración 153405, LOGYTEC.

Pinza Amperimétrica

La pinza amperimétrica es tipo gancho y mide los siguientes parámetros eléctricos: Tensión en AC y DC, corriente en AC y DC, resistencia eléctrica, capacitancia, temperatura y frecuencia.

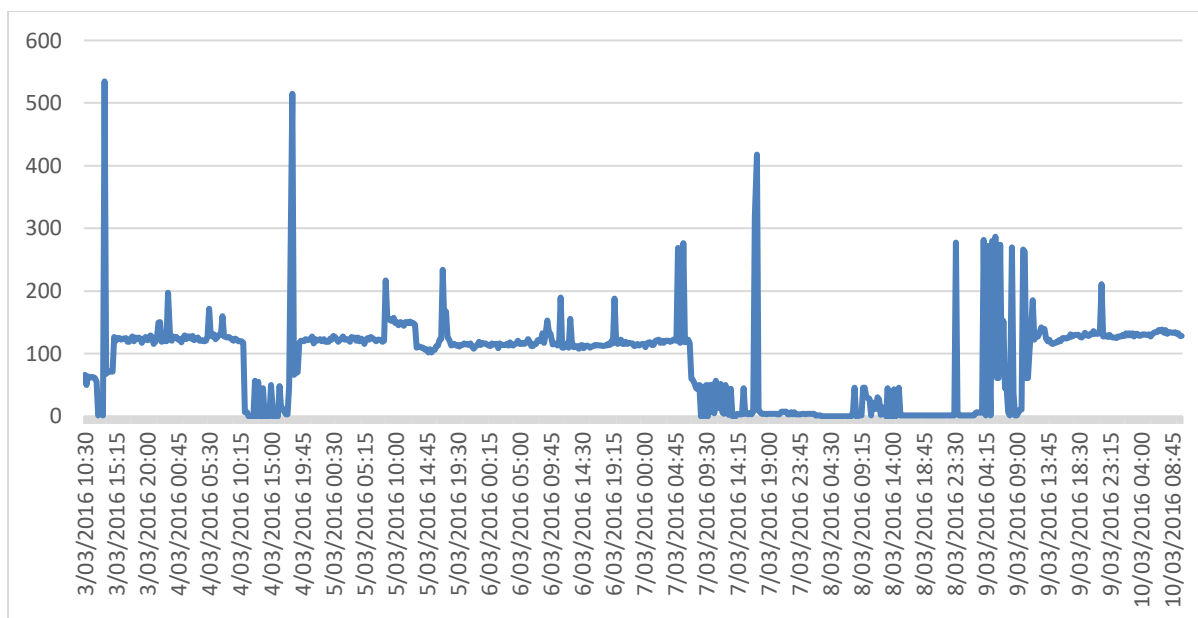
Características:

- Rango de medición de corriente en AC/DC de 0 a 600 A con desviación máxima de 2%, rango de medición de tensión AC/DC de 0 a 600 V con desviación máxima de 1%.
- Rango de medición de resistencia de 0 a 600 ohmios con desviación máxima de 1,5% y rango de medición de frecuencia de 10 Hz a 100 KHz con desviación máxima de 0,5%.

5.7. Análisis Estadístico e Interpretación de Datos.

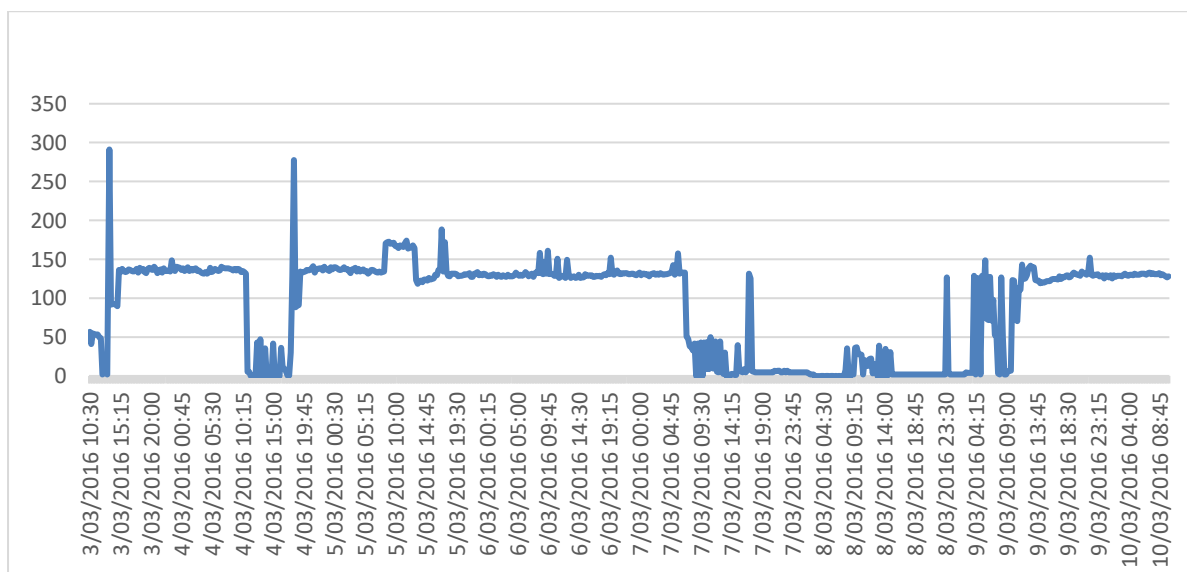
Información obtenida de la medición con el analizador de redes realizada en la azucarera Naylamp.

Figura 9.
Consumo de la Potencia Reactiva



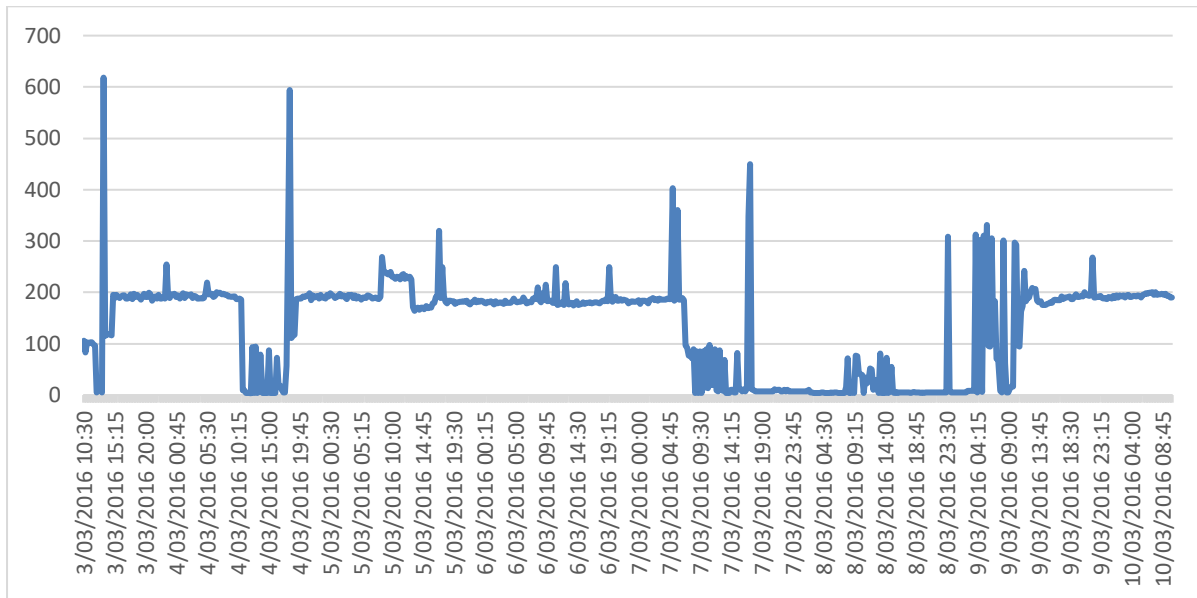
Fuente: Autor

Figura 10.
Consumo de la Potencia Activa



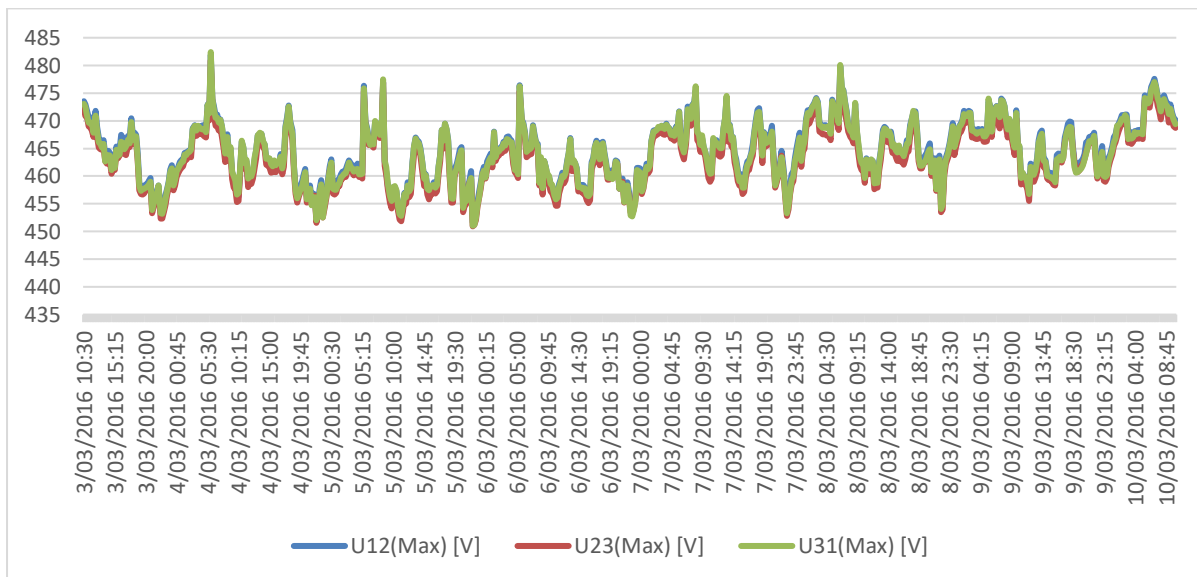
Fuente: Autor

Figura 11.
Resultado de la Potencia Aparente



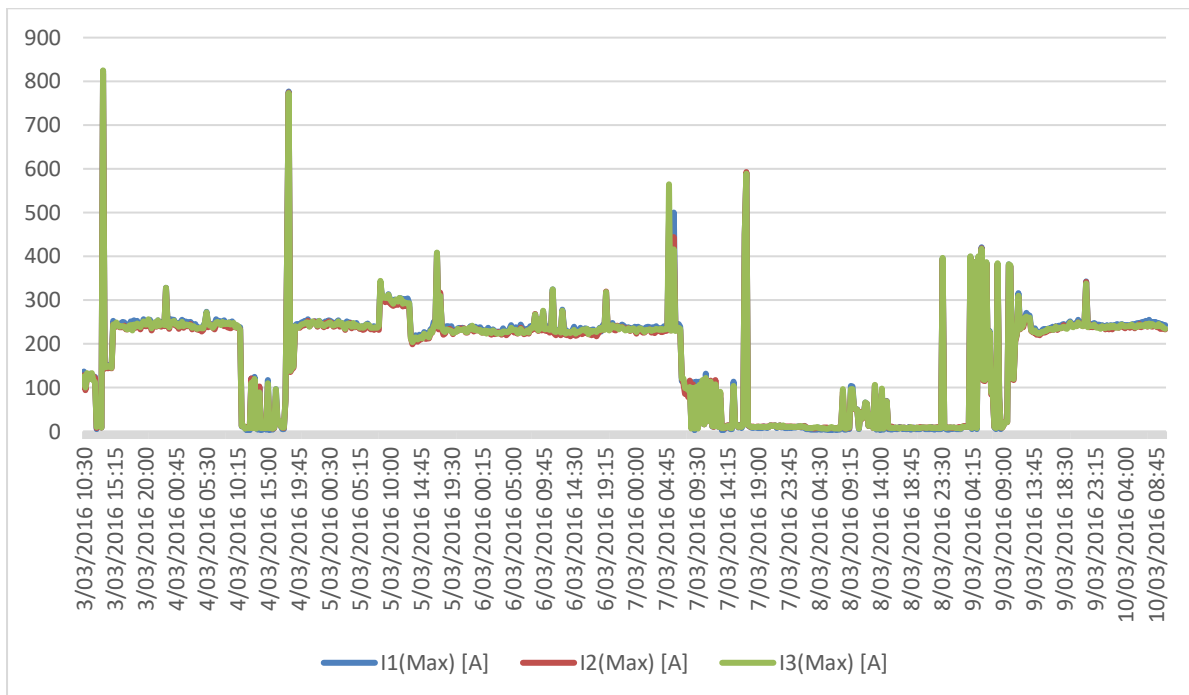
Fuente: Autor

Figura 12.
Resultado de la Tensión de Trabajo



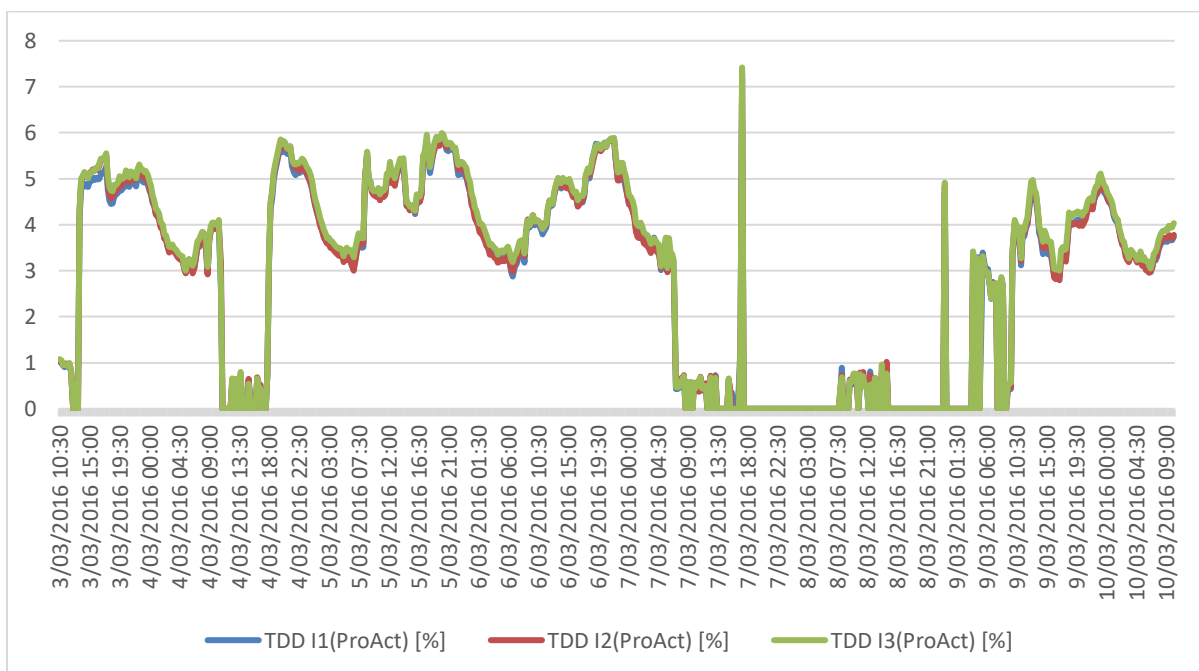
Fuente: Autor

Figura 13.
Medida de la Corriente



Fuente: Autor

Figura 14.
Distorsión Armónica Total



Fuente: Autor

Capítulo IV: Propuesta de Investigación

6.1. Descripción de la Propuesta de Investigación.

En vista de la falta de casos prácticos para el sector productivo, como el propuesto en este proyecto de investigación, que confirmen los estudios teóricos, complica a los empresarios tomen decisiones favorables a las inversiones en eficiencia energética.

A través del Ministerio de Energía y Minas y de los Gobiernos Regionales, es necesario:

- Guías para el Ahorro de Energía.
- Poner en marcha la formación de una cultura que permita el uso eficiente de la energía mediante de la sensibilización y capacitación del personal técnico y directivo de las empresas del sector productivo, mediante cursos, charlas, conferencias, seminarios, talleres, material informativo y revistas de eficiencia energética, foros de discusión y cursos a distancia.
- Opción tarifaria más conveniente.
- Interpretación de las facturas eléctricas.
- Guía para el uso eficiente de la energía.
- Evaluación de ganancia económica por el uso de motores de alta eficiencia.

Capítulo V: Análisis e Interpretación de Resultados

7.1. Determinación del Consumo.

Para realizar los cálculos, se recopilaron los recibos de la empresa AZUCARERA NAYLAMP.

Tabla 6.

Consumo de energía eléctrica

N.º	PERIODO	FECHA LECTURA	ENERGIA ACTIVA TOTAL(Kwh)	ENERGIA ACTIVA EN HORA PUNTA(Kwh)	ENERGIA ACTIVA FUERA PUNTA (Kwh)	ENERGIA REACTIVA (KVArh)
1	Mar-2016	31-03-2016	66 486,0790	9841,4811	56 644,5615	61 622,7384
2	Feb-2016	29-02-2016	62 597,7919	9671,9903	52 925,8016	51 279,4033
3	Ene-2016	31-01-2016	40 413,9596	5465,7036	34 948,2560	39 192,6154
4	Dic-2015	31-12-2015	1592,8348	211,5998	1381,2350	6336,4300
5	Nov-2015	30-11-2015	1349,0896	138,1817	1210,9079	5727,2670

Fuente: Histórico de consumo de energía, brindados por la empresa -Azucarera Naylamp.

Tabla 7.

Histórico de consumo de Potencia.

Nº	PERIODO	FECHA LECTURA	POTENCIA HORAS PUNTA(Kw)	POTENCIA FUERA DE PUNTA(Kw)
1	Mar-2016	31-03-2016	201,9998	432,1450
2	Feb-2016	29-02-2016	192,9453	420,3269
3	Ene-2016	31-01-2016	173,8907	411,9269
4	Dic-2015	31-12-2015	28,5091	60,1818
5	Nov-2015	30-11-2015	3,2727	235,6361

Fuente: Histórico de gasto de energía, brindados por la empresa -Azucarera Naylamp.

7.1.1. Parámetros de Opción Tarifaria Mt2.

Esta alternativa de tarifa está orientada a los usuarios que registran demandas de consumo mínimas durante el período de horas de mayor demanda. Se establecen tasas variables para la facturación de la potencia, según si se utiliza durante las horas de alta demanda o las horas de menor demanda

a) Facturación de la EA

Para determinar el costo de los consumos de energía activa durante las horas de mayor demanda, se excluyen los feriados nacionales regulares a lo largo del año y los feriados nacionales excepcionales que caen en días laborables y los domingos. Tanto para las horas punta como para las horas no punta, la facturación se basará en el consumo registrado durante esos intervalos, aplicando la tarifa unitaria correspondiente, que se expresa en S/. /kW. H.

b) Facturación del cargo por PA de generación en horas punta

Esta tarifa se determina mediante el producto de la demanda máxima del mes durante las horas punta por el costo unitario de potencia activa que se generó ese mismo mes.

c) Facturación del cargo por potencia por uso de las redes de distribución en horas punta.

Esta tarifa considera el promedio de las dos demandas máximas más altas registradas en el periodo de horas punta durante los últimos seis meses.

Tabla 8.
Potencia consumida

PERIODO	FECHA LECTURA	POTENCIA HORAS PUNTA(Kw)
Mar-2016	31-03-2016	201,9998
Feb-2016	29-02-2016	192,9453
Ene-2016	31-01-2016	173,8907
Dic-2015	31-12-2015	28,5091
Nov-2015	30-11-2015	3,2727

$$PURDHP (mes - año) = \left(\frac{1ra\ Maxima\ Pot.\ HP + 2da\ Máxima\ Pot\ HP}{2} \right) \text{Ecuacion 16}$$

Tabla 9.
Cargo PURDHP

MES	FECHA LECTURA	POTENCIA HORAS PUNTA	PURDHP(KW)
2016-03	31-03-2016	201,9998	197,47255
2016-02	29-02-2016	192,9453	183,418
2016-01	31-01-2016	173,8907	101,1999
2015-12	31-12-2015	28,5091	15,8909
2015-11	30-11-2015	3,2727	1,6364

Fuente: Histórico de consumo de energía, brindados por la empresa -Azucarera Naylamp.

- d) Facturación por exceso de PA por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta.

Para calcular el exceso de potencia facturable en las horas de menor demanda (EPURDHFP), restamos la potencia utilizada en las horas de menor demanda (PURDHFP) de la potencia facturada en las horas de mayor demanda (PURDHP). Cuando el resultado es positivo, se aplica este exceso. Una vez que determinamos la Potencia por uso de redes de distribución a facturar en las horas de mayor demanda (PURDHP), continuamos calculando la PURDHFP en esta sección para establecer el exceso de potencia facturable durante las horas de menor demanda (EPURDHFP).

Tabla 10.
Potencia Fuera de punta

Nº	PERIODO	FECHA LECTURA	POTENCIA FUERA DE PUNTA (HFP) en KW
4	2016-03	31-03-2016	432,1450
5	2016-02	29-02-2016	420,3269
6	2016-01	31-01-2016	411,9269
7	2015-12	31-12-2015	60,1818
8	2015-11	30-11-2015	235,6361

Fuente: Histórico de gasto de energía, brindados por la empresa -Azucarera Naylamp.

$$PURDHFP(Mes_{año}) = \left(\frac{1ra \text{ Máxima Pot. HFP} + 2da \text{ Máxima Pot HFP}}{2} \right), \text{Ecuacion 17}$$

$$EPURDHFP (KW) = (PURDHFP) - (PURDHP), \quad \text{Ecuacion 18}$$

Si los valores resultantes son valores positivos, por lo tanto, si es aplicable para ser facturado como EPURDHFP.

Tabla 11.

Exceso de potencia - Fuera de Punta

MES	FECHA LECTURA	PURDHP(KW)	PURDHFP(KW)	EPURDHFP(KW)
2016-03	31-03-2016	197,47255	426,23595	229,1134
2016-02	29-02-2016	183,418	416,1269	232,7089
2016-01	31-01-2016	101,1999	236,05435	134,85445
2015-12	31-12-2015	15,8909	147,90895	132,01805
2015-11	30-11-2015	1,6364	117,8181	116,1817

Fuente: Autor

Por lo tanto, el cargo por exceso de PA por uso de redes de distribución en horas fuera de punta (EPURDHFP) será aplicable al usuario siempre y cuando el resultado sea positivo.

Para la empresa Azucarera Naylamp entre noviembre del 2015 a marzo del 2016 serán aplicado por ser valores positivos.

e) Facturación por ER.

Si el consumo de ER supera el 30% del total de energía activa consumida durante el mes, la facturación se realizará únicamente sobre el exceso de la energía reactiva.

Esto quiere decir que para que la concesionaria facture, la Energía Reactiva tiene que ser $> 30\% * \text{Energía Activa del mes}$.

$$\text{Energía React a facturar (mes)} = ER(mes) - 30\%(EAmes)$$

Tabla 12.*Energía reactiva a facturar*

MES	ENERGÍA REACTIVA A FACTURAR
2016-03	41 676,91
2016-02	32 500,07
2016-01	27 044,43
2015-12	5858,58
2015-11	5322,54

Fuente: Autor

7.1.2. Parámetro de Opción Tarifaria Mt3.

Esta tarifa está diseñada para usuarios que tienen un consumo de potencia constante durante las 24 horas del día o aquellos cuyos turnos de trabajo comienzan en la mañana y terminan después de las 18:00 h.

En esta opción tarifaria, se aplican precios distintos para la facturación de potencia, dependiendo de si los usuarios están clasificados como presentes durante las horas punta o presentes durante las horas fuera de la punta.

a) Facturación de la Energía Activa.

En la opción tarifaria MT3, no se aplicará la facturación de los consumos de energía activa durante las horas punta los domingos ni en los días feriados nacionales del calendario regular anual, ni en los feriados nacionales extraordinarios que ocurran en días hábiles. La facturación de la energía, tanto en horas punta como en horas fuera de punta, se basará en el consumo registrado en esos periodos, utilizando los precios unitarios respectivos expresados en S/. por Kw.h.

b) Calificación Tarifaria.

La concesionaria determinará la calificación tarifaria del usuario en función de cómo este utilice la potencia durante las horas punta o fuera de punta.

Para determinar la calificación tarifaria se utiliza la siguiente relación:

$$\text{Calificación Tarifaria (mes)} = \left(\frac{EAHP(mes)}{MDleída(mes) \times \#HP(mes)} \right) \dots \text{Ecuacion 19}$$

Dónde:

EA HP (mes): Energía activa consumida en horas punta del mes.

M.D. leída (mes): Máxima demanda leída del mes.

HP (mes): Número de horas punta del mes.

- Si el resultado es $\geq 0,5$, el usuario es considerado como cliente presente en punta.
- Si el resultado es $< 0,5$, el usuario es considerado como cliente fuera de punta.

Para hacer el análisis necesitamos la energía activa en horas punta, y la máxima demanda leída del mes (es el mayor valor entre la Potencia HP del mes y la Potencia HFP del mes).

Tabla 13.

Energía Activa, Potencia horas y Potencia fuera de Punta

N°	PERIODO	FECHA LECTURA	ENERGÍA ACTIVA EN HORA PUNTA (kWh)	POTENCIA HORAS PUNTA (kW)	POTENCIA FUERA DE PUNTA (kW)
1	2016-03	31-03-2016	9841,4811	201,998	432,1450
2	2016-02	29-02-2016	9671,9903	192,9453	420,3269
3	2016-01	31-01-2016	5465,7036	173,8907	411,9269
4	2015-12	31-12-2015	211,5998	28,5091	60,1818
5	2015-11	30-11-2015	138,1817	3,2727	235,6361

Fuente: Histórico de Consumo de los recibos de la Empresa

Ejemplo:

- Fecha de lectura actual: marzo-2016
- Días de facturación (A): 31 días
- Domingos del periodo de facturación (B): 5 días.
- Número de horas punta por (C): 5 horas/día
- Número de horas punta mes: (A - B) x C

Número de horas punta mes: (31 – 5) x 5 horas

Número de horas punta mes: 26 x 5 horas

Número de horas punta mes (#HP mes): 130 horas

- Energía horas punta consumida mes (EA HP (mar 2016)): 9,841.4811 Kw.h
- Máxima demanda del mes (M.D. leída (marzo 2016)):

La máxima demanda del mes se halla con el mayor valor entre la potencia HP

del mes y la Potencia HFP del mes

En este caso consideramos como máxima demanda: 432.1450 Kw

$$\text{Calificación Tarifaria (marzo 2016)} = \left(\frac{EAHP(mes)}{MDleída(mes) \times \#HP(mes)} \right) \dots \text{Ecuacion 20}$$

$$\text{Calificación Tarifaria (marzo 2016)} = \left(\frac{9,841.4811}{432.1450 \times 130} \right)$$

$$\text{Calificación Tarifaria (marzo 2016)} = (0,1752)$$

Por lo tanto, los resultados obtenidos son:

Tabla 14.

Calificación Tarifaria en MT3.

Nº	MES	FECHA LECTURA	CALIFICACION TARIFARIA EN MT3
1	2016 – 03	31 – 03 – 2016	0,1752
2	2016 – 02	29 – 02 – 2016	0,1841
3	2016 – 01	31 – 01 – 2016	0,1061
4	2015 – 12	31 – 12 – 2015	0,0281
5	2015 – 11	30 – 11 – 2015	0,0047

Fuente: Autor

Por lo tanto, la empresa Azucarera Naylamp es considerado un CLIENTE FUERA DE PUNTA.

c) Facturación del cargo por potencia activa de generación.

La facturación de la potencia activa de generación se basa en la máxima demanda mensual leída. Una vez que el usuario está clasificado como cliente punta o cliente fuera de punta, la factura se calcula multiplicando la máxima demanda mensual en KW por el precio unitario de la potencia activa de generación correspondiente.

Azucarera Naylamp es calificado como un usuario fuera punta, por lo que el precio unitario a multiplicar por la potencia activa de generación (está dada por la máxima demanda mensual), es un precio para usuarios en horas fuera de punta.

Tabla 15.
Consumos de Potencia de Generación

Nº	PERIODO	FECHA LECTURA	POTENCIA DE GENERACIÓN (kW)
1	2016-03	31-03-2016	432,1450
2	2016-02	29-02-2016	420,3269
3	2016-01	31-01-2016	411,9269
4	2015-12	31-12-2015	60,1818
5	2015-11	30-11-2015	235,6361

Fuente: Autor

d) Facturación del cargo por potencia por uso de las redes de distribución.

Se establece calculando el promedio de las dos demandas máximas más altas registradas durante los últimos seis meses, ya sea en horas punta o fuera de punta, incluyendo el mes objeto de facturación.

Tabla 16.
Demanda de Potencia

MES	FECHA LECTURA	POTENCIA HORAS PUNTA	POTENCIA HORAS FUERA PUNTA
2016-03	31-03-2016	201,9998	432,1450
2016-02	29-02-2016	192,2453	420,3269
2016-01	31-01-2016	173,8907	411,9269
2015-12	31-12-2015	28,5091	60,1818
2015-11	30-11-2015	3,2727	235,6361

Fuente: Recibos de consumo de la empresa

$$PURD(\text{junio 2016}) = \left(\frac{1ra\ Maxima\ Pot. + 2da\ Máxima\ Pot}{2} \right) \dots Ecuacion\ 21$$

Tabla 17.
Potencia de uso de redes de distribución en HP - MT3

MES	FECHA LECTURA	POTENCIA HORAS PUNTA (kW)	POTENCIA HORAS FUERA PUNTA (kW)	POTENCIA. A FACTURAR POR USO REDES DISTRIBUCIÓN (kW)
2016-03	31-03-2016	201,9998	432,1450	426,23595
2016-02	29-02-2016	192,2453	420,3269	416,1269
2016-01	31-01-2016	173,8907	411,9269	323,7815
2015-12	31-12-2015	28,5091	60,1818	147,90895
2015-11	30-11-2015	3,2727	235,6361	119,4544

Fuente: Autor

e) Facturación por energía reactiva.

Si el gasto de energía reactiva excede el 30% del consumo total de energía activa en el mes, la facturación se realizará únicamente sobre el exceso de energía reactiva. Los cálculos y resultados son similares a los obtenidos en la opción tarifaria MT2.

7.1.3. *Parámetro de OT Mt4.*

Esta OT está diseñada para aquellos clientes que tienen un consumo intensivo de energía durante el período de horas punta. Los cargos que se incluyen en esta opción tarifaria para su facturación son:

a) Facturación de la energía activa.

La facturación de energía se calculará según el consumo registrado, aplicando el precio unitario correspondiente (expresado en S/. por kW.h). Se suma la Energía Activa en Horas Punta (EAHP) + Energía activa en Horas Fuera de Punta (EAHFP).

$$\text{Energía Activa}(\text{mes} - \text{año}) = \text{EAHP} + \text{EAHFP} \dots \dots \text{Ecuacion 22}$$

Tabla 18.

Consumo de Energía Activa Total

N°	PERIODO	FECHA LECTURA	ENERGÍA ACTIVA TOTAL
1	2016-03	31-03-2016	66 486,0790
2	2016-02	29-02-2016	62 597,7919
3	2016-01	31-01-2016	40 413,9596
4	2015-12	31-12-2015	1592,8348
5	2015-11	30-11-2015	1349,0896

Fuente: Recibos de consumo de la empresa

b) Calificación Tarifaria.

Se hace el mismo cálculo que se realizó en la opción tarifaria MT3 obteniendo el mismo resultado. Azucarera Naylamp. Es un cliente Fuera de Punta ya que su calificación tarifaria es $< a 0.5$.

Tabla 19.
Calificación Tarifaria MT4

Nº	MES	FECHA LECTURA	CALIFICACION TARIFARIA EN MT4
1	2016 – 03	31 – 03 – 2016	0,1752
2	2016 – 02	29 – 02 – 2016	0,1841
3	2016 – 01	31 – 01 – 2016	0,1061
4	2015 – 12	31 – 12 – 2015	0,0281
5	2015 – 11	30 – 11 – 2015	0,0047

Fuente: Autor

c) Facturación del cargo por PA de generación.

La PA de generación de generación se fundamenta en la máxima demanda mensual registrada. Una vez que se haya categorizado al usuario como cliente en horas punta o fuera de punta, se procederá a calcular el importe correspondiente por la potencia activa de generación. Esto se logrará con el producto la máxima demanda mensual registrada, medida en kilovatios (kW), por la tarifa unitaria de potencia activa de generación aplicable. En el caso de Azucarera Naylamp, esta es calificada como un usuario fuera de punta, por lo que el cálculo de la PA de generación a facturar seguirá la misma metodología que la opción tarifaria MT3.

Tabla 20.
Histórico de consumos de potencia Empresa Azucarera Naylamp.

Nº	PERIODO	FECHA LECTURA	POTENCIA DE GENERACIÓN (kW)
1	2016-03	31-03-2016	432,1450
2	2016-02	29-02-2016	420,3269
3	2016-01	31-01-2016	411,9269
4	2015-12	31-12-2015	60,1818
5	2015-11	30-11-2015	235,6361

Fuente: Autor

d) Facturación del cargo por potencia por uso de las redes de distribución.

La calificación tarifaria del usuario se realiza considerando el promedio de las dos demandas máximas más altas registradas en los últimos cinco meses, ya sea en horas punta o fuera de punta, conteniendo el mes que se está facturando.

$$PURD(mes - año) = \left(\frac{1ra\ Maxima\ Pot. + 2da\ Máxima\ Pot}{2} \right) \dots Ecuacion\ 23$$

Tabla 21.

Potencia consumida por redes de distribución – MT4

HISTÓRICO POTENCIAS POR USO DE LA REDES DE DISTRIBUCIÓN EN HP (KW) – MT4				
MES	FECHA LECTURA	POTENCIA HORAS PUNTA (kW)	POTENCIA HORAS FUERA PUNTA (kW)	POTENCIA. A FACTURAR POR USO REDES DISTRIBUCIÓN (kW)
2016-03	31-03-2016	201,9998	432,1450	426,2359
2016-02	29-02-2016	192,2453	420,3269	416,1269
2016-01	31-01-2016	173,8907	411,9269	323,7815
2015-12	31-12-2015	28,5091	60,1818	147,9089
2015-11	30-11-2015	3,2727	235,6361	119,4544

Fuente: Autor

e) Facturación por Energía Reactiva.

La facturación se realizará considerando el exceso de energía reactiva en caso de que supere el 30% del consumo total de energía activa del mes. Es decir, si el gasto de energía reactiva excede el 30% de la energía activa total, se aplicará un cargo adicional por el exceso de energía reactiva en la factura.

Fórmula:

$$Energía\ React\ a\ facturar\ (mes) = ER(mes) - 30\%(EAmes) \dots \dots \dots Ecuacion\ 24$$

Tabla 22.
Energía reactiva a facturar

ENERGÍA REACTIVA A FACTURAR - OPCIÓN TARIFARIA MT4	
MES	ENERGÍA REACTIVA A FACTURAR
2016-03	41 676,91
2016-02	32 500,07
2016-01	27 044,43
2015-12	5858,58

Fuente: Autor

7.2. Aspectos Económicos

7.2.1. Costos para la Opción Tarifaria Mt2

Tabla 23.
Costos Unitarios_MT2

MEDIA TENSIÓN	UNIDAD	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS DOS POTENCIAS 2E2P						
Cargo Fijo Mensual	S/./mes	6,37	6,43	6,43	6,43	6,45
Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S/./kW.h	22,15	21,99	23,19	22,81	22,81
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S/./kW.h	18,67	18,40	19,36	18,96	18,96
Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	S/./kW-mes	48,00	49,72	51,61	52,85	52,85
Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	S/./kW-mes	11,52	11,67	11,68	11,68	11,76
Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	S/./kW-mes	11,74	11,90	11,91	11,91	11,99
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S/./kVar.h	4,16	4,34	4,38	4,38	4,53

Fuente: Plan Tarifario de Osinergmin.

7.2.2. Costos para la OT Mt3

Tabla 24.
Costos Unitarios _MT3

MEDIA TENSIÓN	UNIDAD	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P						
Cargo Fijo Mensual	S./mes	6,43	6,43	6,43	6,43	6,45
Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	21,99	21,99	23,19	22,81	22,81
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	18,40	18,40	19,36	18,96	18,96
Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:						
Presentes en Punta	S./kW-mes	46,31	46,31	48,07	49,22	49,22
Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	22,87	22,87	23,73	24,30	24,30
Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:						
Presentes en Punta	S./kW-mes	12,20	12,35	12,36	12,36	12,45
Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	11,96	12,11	12,12	12,12	12,22
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	4,16	4,34	4,38	4,38	4,53

Fuente: Plan Tarifario de Osinergmin.

7.2.3. Costos para la OT Mt4

Tabla 25.
Costos Unitarios _MT4

MEDIA TENSIÓN	UNIDAD	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P						
Cargo Fijo Mensual	S./mes	6,37	6,43	6,43	6,43	6,45
Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	19,33	19,33	20,36	19,96	19,96
Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:						
Presentes en Punta	S./kW-mes	46,31	46,31	48,07	49,22	49,22
Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	22,87	22,87	23,73	24,30	24,30
Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:						
Presentes en Punta	S./kW-mes	12,20	12,35	12,36	12,36	12,45
Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	11,96	12,11	12,12	12,12	12,22
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	4,16	4,34	4,38	4,38	4,53

Fuente: Plan Tarifario de Osinergmin.

7.3. Alternativa N° 1. Utilizando la Opción Tarifario MT2.

Para analizar mejor la opción tarifaria MT2 y ver los costos por consumo mensual comprendidos entre noviembre 2015 y marzo 2016, multiplicaremos los resultados obtenidos cuadro 25.- Resultados a facturar en la opción tarifaria MT2) con los resultados obtenidos en

el (cuadro N° 22.- Costo para la opción tarifaria MT2) y dará como resultado final de cada mes (cuadro N° 26.- Resultado de importe en S/. de la opción tarifaria MT2).

Tabla 26.
Propuesta en OT_MT2

FECHA LECTURA	ENERGÍA ACTIVA EN HORA PUNTA(KWh)	ENERGÍA ACTIVA FUERA PUNTA(KWh)	POTENCIA ACTIVA GENERACIÓN EN HP(KW)	POTENCIA USO DE REDES DISTRIBUCIÓN HP (kW)	EXCESO DE POTENCIA EN HORAS FUERA DE PUNTA (kW)	ENERGÍA REACTIVA A FACTURAR (kVARh)
Mar-2016	9841,4811	56 644,5615	432,1450	197,1226	229,1134	41 676,91
feb-2016	9671,9903	52 925,8016	420,3269	183,4183	232,7089	32 500,07
ene-2016	5465,7036	34 948,2560	411,9269	101,1999	134,8545	27 044,43
dic-2015	211,5998	1381,2350	60,1818	15,8909	132,0181	5858,58
nov-2015	138,1817	1210,9079	235,6361	1,6364	116,1817	5322,54

Fuente: Autor

Resultados de importe en S/. De la opción tarifaria MT2.

Tabla 27.
Resultados de importe en S/. de la OT MT2

MEDIA TENSIÓN	UNIDAD	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
CARGOS A FACTURAR						
OPCIÓN TARIFARIA : MT2						
TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P						
Cargo Fijo Mensual	S/./mes	6,37	6,43	6,43	6,43	6,45
Cargo por Energía Activa en Punta (a)	S/./kW.h	30,607	46,531	1267,50	2206,48	2 244,84
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta (a)	S/./kW.h	226,081	254,15	6765,98	10 034,73	12 920,62
Cargo por Potencia Activa de Generación en HP (b)	S/./kW-mes	11 310,53	2992,24	21 259,55	22 214,28	22 838,86
Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP (c)	S/./kW-mes	18,85	185,45	1182,01	2142,32	2318,16
Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP (d)	S/./kW-mes	1363,97	1571,01	1606,12	2771,56	2747,07
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa (e)	S/./kVar.h	221,42	254,26	1184,55	1423,50	1887,96
	S/.	13 177,83	5 310,07	33 272,14	40 799,30	44 963,96

Fuente: Autor

7.4. Alternativa N° 2. Utilizando la Opción Tarifario MT3.

Para el análisis de la mejor opción tarifaria MT3 y ver los costos por consumos mensuales comprendidos entre noviembre 2015 y marzo 2016, multiplicaremos los resultados obtenidos del (cuadro N° 27.- Resultados a facturar en la opción tarifaria MT3) con los resultados obtenidos en el (cuadro N° 23.- Costo para la opción tarifaria MT3) y dará como resultado final de cada mes (cuadro N° 28.- Resultado de importe en S/. de la opción tarifaria MT3).

Tabla 28.

Resultados a facturar de la opción tarifaria MT3

FECHA LECTURA	ENERGÍA ACTIVA EN HORA PUNTA(KW h)	ENERGÍA ACTIVA FUERA PUNTA(KW h)	POTENCIA DE GENERACIÓN (KW)	CALIFICACIÓN TARIFARIA	POTENCIA POR USO DE REDES DISTRIBUCIÓN (kW)	ENERGÍA REACTIVA A FACTURAR (kVARh)
mar-2016	9841,4811	56 644,5615	432,1450	0,1752	426,2360	41 676,91
feb-2016	9671,9903	52 925,8016	420,3269	0,1841	416,1269	32 500,07
ener-2016	5465,7036	34 948,2560	411,9269	0,1061	323,7815	27 044,43
dic-2015	211,5998	1381,2350	60,1818	0,0281	147,9090	5858,58
nov-2015	138,1817	1210,9079	235,6361	0,0047	119,4544	5322,54

Fuente: Autor

Tabla 29.*Resultados de importe S/. de la opción tarifaria MT3*

MEDIA TENSIÓN	UNIDAD	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
CARGOS A FACTURAR OPCIÓN TARIFARIA : MT3						
TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P						
Cargo Fijo Mensual	S/./mes	6,43	6,43	6,43	6,43	6,45
Cargo por Energía Activa en Punta (a)	ctm. S/./kW.h	30,3861	46,5307	8104,5006	2206,1810	2244,8418
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta (a)	ctm. S/./kW.h	222,8070	254,1472	6765,9824	9981,4089	10 739,8089
Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios: (b)						
Presentes en Punta	S/./kW-mes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Presentes Fuera de Punta	S/./kW-mes	5388,9976	1376,3578	9775,0253	10 213,9437	8193,4692
Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios: (c)						
Presentes en Punta	S/./kW-mes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Presentes Fuera de Punta	S/./kW-mes	1428,6746	1760,1171	3856,2377	5043,4580	5208,6039
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa (d)	ctm. S/./kVar.h	221,4177	254,2624	1184,5460	1423,5031	1887,9640
S/.		7 298,713	3 697,8452	22 926,7396	28 874,9247	22 281,1378

Fuente: Autor

7.5. Alternativa N° 3.- Utilizando La Opción Tarifaria MT4.

Tabla 30.

Resultados de importe S/. de la opción tarifaria MT4

FECHA LECTURA	ENERGÍA ACTIVA TOTAL(KWh)	POTENCIA DE GENERACIÓN (KW)	CALIFICACIÓN TARIFARIA	POTENCIA POR USO DE REDES DISTRIBUCIÓN (kW)	ENERGÍA REACTIVA A FACTURAR (kVARh)
mar-2016	66 486,0790	432,1450	0,1752	426,2360	41 676,91
feb-2016	62 59,7919	420,3269	0,1841	416,1269	32 500,07
ener-2016	40 413,9596	411,9269	0,1061	323,7815	27 044,43
dic-2015	1592,8348	60,1818	0,0281	147,9090	5858,58
nov-2015	1349,0896	235,6361	0,0047	119,4544	5322,54

Fuente: Autor

Tabla 31.

Resultados de importe S/. de la opción tarifaria MT4

MEDIA TENSIÓN	UNIDAD	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
CARGOS A FACTURAR OPCIÓN TARIFARIA : MT4						
TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P Cargo Fijo Mensual	S./mes	6,37	6,43	6,43	6,43	6,45
Cargo por Energía total (EAHP + EAHFP) (a)	ctm. S./kWh	260,7790	307,8950	8228,2822	12 494,5193	13 270,6214
Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios: (b)						
Presentes en Punta	S./kW-mes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	5388,9976	1376,3578	9775,0253	10 213,9437	10 501,1235
Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios: (c)						
Presentes en Punta	S./kW-mes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	1428,6746	1791,1780	3924,2318	504,4580	5165,9803
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa (d)	ctm. S./kVar.h	221,4177	254,2624	1184,5460	1423,5031	1887,9640
S/.		7306,2389	3736,1232	23 118,5153	29 181,8541	30 832,1392

Fuente: Autor

7.6. Selección de la Tarifa Adecuada

Los clientes que compran energía y potencia en un nivel de voltaje medio deben tener en consideración las siguientes pautas esenciales al seleccionar la opción tarifaria más apropiada:

- Si la demanda máxima durante las horas punta es considerablemente menor en comparación con la demanda durante las horas fuera de punta, es recomendable evaluar la opción tarifaria MT2.

- Si la demanda registrada por el usuario tanto en horas fuera de punta como en horas punta es igual o similar, se deben evaluar únicamente las opciones tarifarias MT3 y MT4.

La elección de la tarifa más conveniente para el consumidor final implica principalmente hacer una comparación de los costos asociados a cada una de las opciones tarifarias.

7.6.1. Analizando Alternativa 1 (MT2) con Alternativa 2 (MT3).

Tabla 32.

Comparación económica por opción tarifaria

FECHA	MT2 Alternativa N°1	MT3 Alternativa N°2	MT4 Alternativa N°3
NOV -2015	S/. 13 177,83	S/. 7298,71	S/. 7306,24
DIC -2015	S/. 5310,07	S/. 3697,85	S/. 3736,12
ENE-2016	S/. 33 272,14	S/. 22 926,74	S/. 23 118,52
FEB-2016	S/. 40 799,30	S/. 28 874,92	S/. 29 181,85
MAR-2016	S/. 44 963,96	S/. 22 281,14	S/. 30 832,14
TOTAL S/.	S/. 137 523,30	S/. 85 079,36	S/. 94 174,87

Fuente: Autor

7.6.2. Analizando Alternativa 1 (MT2) con Alternativa 3 (MT4):

Tabla 33.

Comparación económica por opción tarifaria MT3 y MT4

FECHA	MT2 Alternativa N°1	MT3 Alternativa N°2	MT4 Alternativa N°3
NOV -2015	S/. 13 177,83	S/. 7298,71	S/. 7306,24
DIC -2015	S/. 5310,07	S/. 3697,85	S/. 3736,12
ENE-2016	S/. 33 272,14	S/. 22 926,74	S/. 23 118,52
FEB-2016	S/. 40 799,30	S/. 28 874,92	S/. 29 181,85
MAR-2016	S/. 44 963,96	S/. 22 281,14	S/. 30 832,14
TOTAL S/.	S/. 137 523,30	S/. 85 079,36	S/. 94 174,87

Fuente: Autor

7.7. Procedimiento para la evaluación de la Eficiencia por Sustitución de Motores.

Al reemplazar un motor de baja eficiencia, que consume más energía eléctrica en su entrada que un motor eléctrico de mayor eficiencia, es posible generar ahorros que recuperan

rápidamente la inversión inicial y los costos de instalación asociados al cambio. En última instancia, lo que más importa para cualquier cliente son los datos concretos y comprender el beneficio económico que obtendrá al implementar un plan de eficiencia energética en su empresa. Para determinar esta ganancia económica, es fundamental conocer la reducción en el gasto de energía al comparar dos motores de igual potencia, pero con distintos niveles de eficiencia.

La disminución en la demanda se calcula mediante la siguiente expresión:

La energía ahorrada se calcula:

$$\text{Reduccion de demanda} = P_0 \times \text{Carga} \times 0.7457 \times \left(\frac{1}{E_1} - \frac{1}{E_2} \right) \dots \dots \text{Ecuacion 25}$$

Donde:

- Reducción de demanda: ahorro en demanda, debido al aumento de la eficiencia, en Kw.
- P_0 = Potencia nominal, en HP
- Carga = Potencia de salida, como porcentaje de la potencia nominal.
- E_1 = Eficiencia de un motor estándar en operación, en %.
- E_2 = Eficiencia de un motor eficiente en operación, en %.

$$\text{Energía Ahorrada} = \text{Reduccion de demanda} \times \text{Horas} \dots \dots \text{Ecuacion 26}$$

Donde:

- Energía ahorrada: Energía eléctrica anualmente ahorrada (EEAA), en (Kw).
- Reducción de la demanda, debido al aumento de la eficiencia, en KW.
- Horas: Número de Horas de operación del motor en un año.

El ahorro total anual (ATA), por demanda y energía es:

$$= (\text{energía ahorrada} \times \text{Costo energía}) + (\text{Reducción de demanda} \times 12 \times \text{costo mensual por demanda}) \quad \dots \dots \text{Ecuación 27}$$

ATA: ahorro anual en dinero, por demanda y energía, en S/.

- EEAA, en Kwh.
- Costo de energía: Costo de cada (Kwh) de energía, en S/.
- Reducción de demanda: Reducción debido al aumento de la eficiencia (KW).
- Costo mensual por demanda: por cada (KW) de demanda, en S/

Cálculo de Payback simple:

$$PB = \frac{S/. \text{motor} + S/. \text{inst.}}{S/. \text{Ahorro}} \quad \dots \dots \text{Ecuación 28}$$

PB: Payback simple en años

S/. Motor: Costo del nuevo motor.

S/. Inst.: Costo de Instalación.

S/. Ahorro: Dinero total de ahorro anual.

Se ha elegido un total de 42 motores eléctricos en la planta Azucarera NAYLAMP para llevar a cabo su evaluación energética y evaluar la viabilidad de su reemplazo. Para ilustrar la metodología de cálculo, se tomará como ejemplo el primer motor de la lista proporcionada.

El proceso se llevará a cabo en una hoja de cálculo de Excel debido a la conveniencia y facilidad de uso de las fórmulas incorporadas en los cálculos.

7.8. Cálculos y resultados.

7.8.1. Cálculo del Ahorro económico.

Se tiene el motor de características.

Tabla 34.

Datos de Motor estándar

Motor	Tina de filtro Oliver
HP	0,75
Fc	83,71%
Ef1	71,10%
Ef2	79,60%
Horas de operación anual	8410

Fuente: Autor

$$KW_{ahorrado} = 0,75 \times 83,71\% \times 0,7457 \times \left(\frac{1}{71,10\%} - \frac{1}{79,60\%} \right) \dots \text{Ecuacion 29}$$

$$KW_{ahorrado} = 0,070 \text{ KW}$$

De la ecuación de EEAA, obtenemos el ATA.

$$KWh_{ahorro} = 0,070 \times 8410 = 591,31 \text{ KWh}$$

Siendo el cobro por energía de S/.0,184/ KWh y cobro por demanda S/.22.87 /KW-mes, de la ecuación para el ATA.

$$S/_{anual} = (591,31 \times 0,184) + (0,070 \times 12 \times 22,87)$$

$$S/_{anual} = S/.128,10$$

Usando el precio del motor eficiente más el costo de instalación, se puede calcular el payback.

$$\text{Payback} = \frac{321,20 + 50}{128,10} = 2,9 \text{ años}$$

7.8.2. Cálculo de la recuperación de la inversión en años

Análisis del reemplazo de un motor operando.

Tabla 35.

Comparación de eficiencia de motores

	Motor original de eficiencia estándar	Nuevo Motor de alta eficiencia	Unidad
Potencia del motor	0,75	0,75	HP
Carga	83,71	83,71	%
Eficiencia nominal	71,10	79,60	%
Horas de operación	8410	8410	Horas
Costo de motor	-	321,20	S/.
Costo de Instalación	-	50,00	S/
Uso de energía anual	5538	4946	KWh/año
Costo de energía anual	S/.1019	S/.910	S/.
Ahorro			
Energía		591,31	KWh/año
demanda		0,070	Kw
Total ahorrado		128,10	S/./año
Payback		2,90	Años

Fuente: Autor

Tabla 36.
Datos de los motores estándar

Ítem	DATOS DE PLACA						Corriente de trabajo(A)
	Descripción	P(HP)	RPM	Voltaje (V)	Amperaje (A)	Fp	
1	Tina de filtro Oliver	0,75	1700	440	1,36	0,72	1,2
2	Filtro Oliver	1,5	1750	440	2,6	0,78	2,2
3	Bomba de cal apagada	1,5	1750	440	2,6	0,78	2,2
4	bomba de jugo filtrado	1,5	1750	440	2,6	0,78	2,2
5	Zaranda	2	1750	440	3,06	0,78	3,23
6	Agitador	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
7	sin fin 1	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
8	sin fin 2	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
9	bomba de miel 1	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
10	Bomba de agua condensada	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
11	Bomba de tanque con liga	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
12	Cristalizador Masa A	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
13	Cristalizador Masa B	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
14	Cristalizador Masa A-B	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
15	semillero de abastecimiento	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
16	Cristalizador N° 1	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
17	Cristalizador N° 2	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
18	Cristalizador N° 3	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
19	Cristalizador N° 4	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
20	Sin fin mezclador	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
21	Sin fin cachaza	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
22	Agitador cal 1	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
23	Agitador cal 2	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
24	Clarificador de jugo	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
25	Bomba de lodo	3	1750	440	4,5	0,81	4,42
26	Elevador	4	1720	440	5,77	0,81	5,3
27	Bomba de miel 2	4	1720	440	5,77	0,81	5,3
28	Agitalizador de jugo encalado	6	1740	440	8,3	0,82	7,9
29	Bomba de agua fría al condensador 1	6	1740	440	8,3	0,82	7,9
30	Bomba de agua fría al condensador 2	6	1740	440	8,3	0,82	7,9
31	Bomba de agua fría al condensador 3	6	1740	440	8,3	0,82	7,9
32	Bomba de agua fría al condensador 4	6	1740	440	8,3	0,82	7,9
33	Bomba de agua caliente a torre 1	6	1740	440	8,3	0,82	7,9
34	Bomba de agua caliente a torre 2	6	1740	440	8,3	0,82	7,9
35	Bomba de agua caliente a torre 3	6	1740	440	8,3	0,82	7,9
36	Bomba de agua caliente a torre 4	6	1740	440	8,3	0,82	7,9
37	Bomba de jugo Claro	7,5	1750	440	12,3	0,79	10,3
38	Bomba de jugo encalado	7,5	1750	440	12,3	0,79	10,3
39	Bomba de vacío Filtro	10	1750	440	15,5	0,8	15,2
40	Bomba de vacío condensado	40	1770	440	61,6	0,85	55
41	Centrifuga comercial N° 1	40	1770	440	61,6	0,85	55
42	Centrifuga comercial N° 2	40	1770	440	61,6	0,85	55

Fuente: Autor

Tabla 37.*Ahorro en demanda, debido al aumento de la eficiencia, en KW*

Item	Descripción	Horas de operación Anuales	Factor de carga	Eficiencia Motor estandar	Eficiencia de motor eficiente	Ahorro KW	Ahorro Anual KWh/año
1	Tina de filtro Oliver	8410	83,71%	71,10%	79,60%	0,070	591,31
2	Filtro Oliver	8410	90,26%	77,20%	82,80%	0,088	743,83
3	Bomba de cal apagada	8410	90,26%	77,20%	82,80%	0,088	743,83
4	bomba de jugo filtrado	8410	90,26%	77,20%	82,80%	0,088	743,83
5	Zaranda	8410	101,32%	78,70%	84,20%	0,125	1054,74
6	Agitador	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
7	sin fin 1	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
8	sin fin 2	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
9	bomba de miel 1	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
10	Bomba de agua condensada	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
11	Bomba de tanque conliga	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
12	Cristalizador Masa A	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
13	Cristalizador Masa B	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
14	Cristalizador Masa A-B	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
15	semillero de abastecimiento	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
16	Cristalizador Nº 1	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
17	Cristalizador Nº 2	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
18	Cristalizador Nº 3	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
19	Cristalizador Nº 4	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
20	Sin fin mezclador	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
21	Sin fin cachaza	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
22	Agitador cal 1	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
23	Agitador cal 2	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49

24	Clarificador de jugo	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
25	Bomba de lodo	8410	99,40%	81,50%	85,50%	0,128	1073,49
26	Elevador	8410	90,05%	82,10%	86,60%	0,170	1429,72
27	Bomba de miel 2	8410	90,05%	82,10%	86,60%	0,170	1429,72
28	Agitalizador de jugo encalado	8410	92,35%	83,70%	87,70%	0,225	1893,64
29	Bomba de agua fria al condensador 1	8410	92,35%	83,70%	87,70%	0,225	1893,64
30	Bomba de agua fria al condensador 2	8410	92,35%	83,70%	87,70%	0,225	1893,64
31	Bomba de agua fria al condensador 3	8410	92,35%	83,70%	87,70%	0,225	1893,64
32	Bomba de agua fria al condensador 4	8410	92,35%	83,70%	87,70%	0,225	1893,64
33	Bomba de agua caliente a torre 1	8410	92,35%	83,70%	87,70%	0,225	1893,64
34	Bomba de agua caliente a torre 2	8410	92,35%	83,70%	87,70%	0,225	1893,64
35	Bomba de agua caliente a torre 3	8410	92,35%	83,70%	87,70%	0,225	1893,64
36	Bomba de agua caliente a torre 4	8410	92,35%	83,70%	87,70%	0,225	1893,64
37	Bomba de jugo Claro	8410	94,02%	84,80%	88,70%	0,273	2292,99
38	Bomba de jugo encalado	8410	94,02%	84,80%	88,70%	0,273	2292,99
39	Bomba de vacio Filtro	8410	105,63%	85,00%	89,80%	0,495	4165,77
40	Bomba de vacio condensado	8410	104,15%	87,20%	92,80%	2,150	18080,82
41	Centrifuga comercial N° 1	8410	104,15%	87,20%	92,80%	2,150	18080,82
42	Centrifuga comercial N° 2	8410	104,15%	87,20%	92,80%	2,150	18080,82
Promedio total						0,306	2577,23

Fuente: Autor

Tabla 38.*Ahorro anual en dinero, por demanda y energía en S/.*

Item	Descripción	Costo de energía S/./KWH	Energía Ahorrada (KWH)	Ahorro Anual S/./año
1	Tina de filtro Oliver	0,184	591,31	128,10
2	Filtro Oliver	0,184	743,83	161,14
3	Bomba de cal apagada	0,184	743,83	161,14
4	bomba de jugo filtrado	0,184	743,83	161,14
5	Zaranda	0,184	1054,74	228,49
6	Agitador	0,184	1073,49	232,55
7	sin fin 1	0,184	1073,49	232,55
8	sin fin 2	0,184	1073,49	232,55
9	bomba de miel 1	0,184	1073,49	232,55
10	Bomba de agua condensada	0,184	1073,49	232,55
11	Bomba de tanque conliga	0,184	1073,49	232,55
12	Cristalizador Masa A	0,184	1073,49	232,55
13	Cristalizador Masa B	0,184	1073,49	232,55
14	Cristalizador Masa A-B	0,184	1073,49	232,55
15	semillero de abastecimiento	0,184	1073,49	232,55
16	Cristalizador Nº 1	0,184	1073,49	232,55
17	Cristalizador Nº 2	0,184	1073,49	232,55
18	Cristalizador Nº 3	0,184	1073,49	232,55
19	Cristalizador Nº 4	0,184	1073,49	232,55
20	Sin fin mezclador	0,184	1073,49	232,55
21	Sin fin cachaza	0,184	1073,49	232,55
22	Agitador cal 1	0,184	1073,49	232,55
23	Agitador cal 2	0,184	1073,49	232,55
24	Clarificador de jugo	0,184	1073,49	232,55
25	Bomba de lodo	0,184	1073,49	232,55
26	Elevador	0,184	1429,72	309,72
27	Bomba de miel 2	0,184	1429,72	309,72
28	Agitalizador de jugo encalado	0,184	1893,64	410,22
29	Bomba de agua fria al condensador 1	0,184	1893,64	410,22
30	Bomba de agua fria al condensador 2	0,184	1893,64	410,22
31	Bomba de agua fria al condensador 3	0,184	1893,64	410,22
32	Bomba de agua fria al condensador 4	0,184	1893,64	410,22
33	Bomba de agua caliente a torre 1	0,184	1893,64	410,22
34	Bomba de agua caliente a torre 2	0,184	1893,64	410,22
35	Bomba de agua caliente a torre 3	0,184	1893,64	410,22
36	Bomba de agua caliente a torre 4	0,184	1893,64	410,22
37	Bomba de jugo Claro	0,184	2292,99	496,74
38	Bomba de jugo encalado	0,184	2292,99	496,74
39	Bomba de vacio Filtro	0,184	4165,77	902,44
40	Bomba de vacio condensado	0,184	18080,82	3916,90
41	Centrifuga comercial Nº 1	0,184	18080,82	3916,90
42	Centrifuga comercial Nº 2	0,184	18080,82	3916,90
Promedio total			2577,23	23449,12

Fuente: Autor

Tabla 39.*Período de tiempo necesario para recuperar la inversión inicial*

Item	Descripción	costo del nuevo motor	costo de instalacion	payback
1	Tina de filtro Oliver	321,2	50	2,90
2	Filtro Oliver	373,71	80	2,82
3	Bomba de cal apagada	373,71	80	2,82
4	bomba de jugo filtrado	373,71	80	2,82
5	Zaranda	449,1	80	2,32
6	Agitador	555,69	100	2,82
7	sin fin 1	555,69	100	2,82
8	sin fin 2	555,69	100	2,82
9	bomba de miel 1	555,69	100	2,82
10	Bomba de agua condensada	555,69	100	2,82
11	Bomba de tanque conliga	555,69	100	2,82
12	Cristalizador Masa A	555,69	100	2,82
13	Cristalizador Masa B	555,69	100	2,82
14	Cristalizador Masa A-B	555,69	100	2,82
15	semillero de abastecimiento	555,69	100	2,82
16	Cristalizador N° 1	555,69	100	2,82
17	Cristalizador N° 2	555,69	100	2,82
18	Cristalizador N° 3	555,69	100	2,82
19	Cristalizador N° 4	555,69	100	2,82
20	Sin fin mezclador	555,69	100	2,82
21	Sin fin cachaza	555,69	100	2,82
22	Agitador cal 1	555,69	100	2,82
23	Agitador cal 2	555,69	100	2,82
24	Clarificador de jugo	555,69	100	2,82
25	Bomba de lodo	555,69	100	2,82
26	Elevador	692,12	100	2,56
27	Bomba de miel 2	692,12	100	2,56
28	Agitalizador de jugo encalado	950,78	120	2,61
29	Bomba de agua fria al condensador 1	950,78	120	2,61
30	Bomba de agua fria al condensador 2	950,78	120	2,61
31	Bomba de agua fria al condensador 3	950,78	120	2,61
32	Bomba de agua fria al condensador 4	950,78	120	2,61
33	Bomba de agua caliente a torre 1	950,78	120	2,61
34	Bomba de agua caliente a torre 2	950,78	120	2,61
35	Bomba de agua caliente a torre 3	950,78	120	2,61
36	Bomba de agua caliente a torre 4	950,78	120	2,61
37	Bomba de jugo Claro	1044,58	120	2,34
38	Bomba de jugo encalado	1044,58	120	2,34
39	Bomba de vacio Filtro	3031,42	120	3,49
40	Bomba de vacio condensado	4867,61	250	1,31
41	Centrifuga comercial N° 1	4867,61	250	1,31
42	Centrifuga comercial N° 2	4867,61	250	1,31
Promedio		42669,9	4760	2,02

Fuente: Autor

Capítulo VI:

Conclusiones y Recomendaciones

8.1. Conclusiones

- C1. Este estudio consiste en implementar soluciones prácticas que se fundamenten en la adecuada utilización de las tarifas eléctricas y en las pautas de consumo eléctrico específicas de la empresa. El objetivo es fomentar la descentralización de estas soluciones, buscando una mayor eficiencia y adaptación a las necesidades específicas de cada usuario.
- C2. La empresa Azucarera Naylamp ya tiene un plan tarifario en vigor, sin embargo, realizar un cambio sencillo en la tarifa eléctrica puede generar ahorros bastante significativos.
- C3. Se seleccionaron 42 motores de la empresa Azucarera Naylamp para llevar a cabo este estudio. Tras examinar las condiciones de operación, los patrones de consumo y las formas en que operan, se ha concebido una opción para reducir el gasto de energía. Esto se logra mediante la sustitución de estos motores por otros que presentan mayor eficiencia, lo que resultará en una disminución en la factura eléctrica de la empresa.
- C4. La estimación económica muestra resultados muy favorables para el reemplazo de motores estándar que están en operación continua, incluyendo aquellos que han sido rebobinados.
- C5. En la evaluación económica, los factores más relevantes son el incremento en el costo de energía, la eficiencia, los gastos asociados a la sustitución y la cantidad de horas de funcionamiento.

8.2. Recomendaciones

- R1. La puesta en marcha de un plan de eficiencia energética en la organización tiene como objetivo generar ahorros significativos de energía y mejorar la productividad.
- R2. Es recomendable utilizar múltiples métodos para llevar a cabo la evaluación económica de la sustitución de motores, de manera que se pueda establecer con precisión el potencial de ahorro que se obtendrá con la inversión y el período necesario para recuperar el capital invertido en la adquisición de un motor de mayor eficiencia. Al ejecutar un análisis costo-beneficio, es importante considerar el consumo energético y el ahorro económico, asegurándose de comparar la eficiencia de los motores bajo la misma norma y con criterios uniformes de evaluación de eficiencia.
- R3. Es recomendable sustituir los motores estándar que muestren un historial de fallas frecuentes por motores de alta eficiencia. Esto contribuirá a disminuir las incidencias de fallos y mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico de la empresa.
- R4. Una gestión eficiente de los motores en la industria implica llevar a cabo un adecuado mantenimiento predictivo para que tenga un mejora su funcionamiento y se prolongue su vida útil. Esto permitirá incrementar su eficiencia y reducir al máximo el consumo de energía activa y reactiva, lo que resultará en una disminución significativa de los costos energéticos reflejados en la factura eléctrica.

Referencias Bibliográficas

1. Pliego Tarifario – Osinergmin.
2. El ABC de las Máquinas Eléctricas GE Harper-1987.
3. Eficiencia en el uso de la Energía (JM Balcells, J. Autonell-2010)
4. Motores Trifásicos de Inducción, Evaluación y Control de pérdidas con aplicación de capacitores (RAH GUZMÁN, CJO CENTENO, JES. RIVAS)
5. TELLEZ RAMÍREZ E Motores de Inducción Trifásicos.
6. Universidad del Atlántico, Universidad Autónoma de Occidente-corrección del factor de potencia y control de la demanda.
7. BEZESKY, D.M., KREITZER, S. Nema Application Guide for AC. adjustable speed drive Systems IEEE, Usa, 2001.
8. Turner, M.W., MC. Cormick, V.E. Cleland, J.G. efficiency optimization control of Ac. Induction Motor initial Laboratory Results, project Summary, National Risk Management, Resarch and Development, United States, 1999.
9. Johansson, Andrew P. High Speed Linear Induction Motor efficiency optimization Massachusetts Institute of technical Cambridge, 2007.
10. Eficiencia energética en Motores eléctricos. Normativa IEC 60034-30, Javier de la Morena Carcela, II Congreso de eficiencia energética eléctrica. Madrid 24 de Octubre 2012.
11. Moreno Eguilaz, J.M aportaciones a la optimización de energía en accionamientos eléctricos de motores de inducción mediante lógica difusa. Tesis Doctoral de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, 1997.
12. Motores eléctricos de alta eficiencia: características electromecánicas, ventajas y aplicabilidad, Autor Quispe, Enrique C. Mantilla P. Luis F.

Anexos

European efficiency levels (Table 1)									
Output	IE1 - Standard Efficiency			IE2 - High Efficiency			IE3 - Premium Efficiency		
	Poles			Poles			Poles		
kW	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0.75	72.1	72.1	70.0	77.4	79.6	75.9	80.7	82.5	78.9
1.1	75.0	75.0	72.9	79.6	81.4	78.1	82.7	84.1	81.0
1.5	77.2	77.2	75.2	81.3	82.8	79.8	84.2	85.3	82.5
2.2	79.7	79.7	77.7	83.2	84.3	81.8	85.9	86.7	84.3
3	81.5	81.5	79.7	84.6	85.5	83.3	87.1	87.7	85.6
4	83.1	83.1	81.4	85.8	86.6	84.6	88.1	88.6	86.8
5.5	84.7	84.7	83.1	87.0	87.7	86.0	89.2	89.6	88.0
7.5	86.0	86.0	84.7	88.1	88.7	87.2	90.1	90.4	89.1
11	87.0	87.6	86.4	89.4	89.8	88.7	91.2	91.4	90.3
15	88.7	88.7	87.7	90.3	90.6	89.7	91.9	91.1	91.2
18.5	89.3	89.3	88.6	90.9	91.2	90.4	92.4	92.6	91.7
22	89.9	89.9	89.2	91.3	91.6	90.9	92.7	93.0	92.2
30	90.7	90.7	90.2	92.0	92.3	91.7	93.3	93.6	92.9
37	91.2	91.2	90.8	92.5	92.7	92.2	93.7	93.9	93.3
45	91.7	91.7	91.4	92.9	93.1	92.7	94.0	94.2	93.7
55	92.1	92.1	91.9	93.2	93.5	93.1	94.3	94.6	94.1
75	92.7	92.7	92.6	93.8	94.0	93.7	94.7	95.0	94.6
90	93.0	93.0	92.9	94.1	94.2	94.0	95.0	95.2	94.9
110	93.3	93.3	93.3	94.3	94.5	94.3	95.2	95.4	95.1
132	93.5	93.5	93.5	94.6	94.7	94.6	95.4	95.6	95.4
160	93.8	93.8	93.8	94.8	94.9	94.8	95.6	95.8	95.6
200-375	94.0	94.0	94.0	95.0	95.1	95.0	95.8	96.0	95.8

Figura 16. Tabla reguladora de eficiencia para la IEC 60034

Lima, 23 de Junio del 2017

Oferta N° 23062017-JR

Presenta.-

PERCY BALAREZO ZUNIGA

Referencia:

Motor Eléctrico "WEG" IEC – IE2 (0.75HP, 1.5HP, 2HP, 3HP 4HP, 6HP, 7.5HP, 30HP y 40HP), 4 Polos, 220V/380V/440V, 60 Hz, IP55, Alta Eficiencia, para operar a 1,000 mn/m y 40°C.

Motor ~~Eléctrico~~ "WEG" IEC-IE2 (10HP y 20HP), 8 Polos, 220/380/440V, Alta Eficiencia, 60Hz, IP55, Alta Eficiencia, para operar a 1,000 mn/m y 40°C

Por medio de la presente es grato saludarles y presentarles nuestra propuesta técnico-económica por los motores "WEG" solicitados.

MOTORES "WEG" – LINEA W22
EFICIENCIA STANDARD IEC-IE2

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Motor Eléctrico Trifásico Asíncrono IEC-IE2, modelo W22, con rotor de jaula de ardilla fabricado por nuestra representada WEG del Brasil de acuerdo a estándares normalizados por norma IEC, totalmente cerrado (TEFC), con carcasa de una sola pieza de sólida fundición gris, eje de acero AISI 1045, disipadores de calor en la tapa delantera, servicio continuo, tensión de operación 220/380/440 V, aislamiento "F", 60Hz y con Certificación de Calidad ISO 9001 (BVQI).



Figura N°1.- Motores WEG W22 IEC-IE2



2. PARÁMETROS DE DISEÑO



ITEM	01	02	03
Cantidad	01	03	01
Potencia	0.75 HP	1.5 HP	2 HP
Modelo	Alta Eficiencia IEC-IE2	Alta Eficiencia IEC-IE2	Alta Eficiencia IEC-IE2
Altura	1,000 M.S.N.M	1,000 M.S.N.M	1,000 M.S.N.M
Temperatura	40°C	40°C	40°C
Velocidad	1680 RPM	1750 RPM	1750 RPM
Grado de Protección	IP55	IP55	IP55
Alarmando	F	F	F
Carcasa	71	90S	90S
Factor de servicio	1.15	1.15	1.15
Tensión	220/380/440 V	220/380/440 V	220/380/440 V
Frecuencia	60 HZ	60 HZ	60 HZ
Factor de potencia	0.72	0.78	0.78
Eficiencia %	75.0	84.0	84.2
Encerramiento	TEFC	TEFC	TEFC
Masa Aprox.	11.5 Kg	18.5 Kg	18.5 Kg



ITEM	04	05	06
Cantidad	20	02	09
Potencia	3 HP	4 HP	6 HP
Modelo	Alta Eficiencia IEC-IE2	Alta Eficiencia IEC-IE2	Alta Eficiencia IEC-IE2
Altura	1,000 M.S.N.M	1,000 M.S.N.M	1,000 M.S.N.M
Temperatura	40°C	40°C	40°C
Velocidad	1750 RPM	1720 RPM	1740 RPM
Grado de Protección	IP55	IP55	IP55
Alarmando	F	F	F
Carcasa	90L	100L	112M
Factor de servicio	1.15	1.15	1.15
Tensión	220/380/440 V	220/380/440 V	220/380/440 V
Frecuencia	60 HZ	60 HZ	60 HZ
Factor de potencia	0.81	0.81	0.82
Eficiencia %	87.5	87.5	88.5
Encerramiento	TEFC	TEFC	TEFC
Masa Aprox.	25 Kg	33 Kg	42 Kg



ITEM	07	08	09
Cantidad	02	01	02
Potencia	7.5 HP	10 HP	20 HP
Modelo	Alta Eficiencia IEC-IE2	Alta Eficiencia IEC-IE2	Alta Eficiencia IEC-IE2
Altura	1,000 M.S.N.M	1,000 M.S.N.M	1,000 M.S.N.M
Temperatura	40°C	40°C	40°C
Velocidad	875 RPM	1175 RPM	875 RPM
Grado de Protección	IP55	IP55	IP55
Alarmlento	F	F	F
Carcasa	16UL	16UM	18UL
Factor de Servicio	1.15	1.15	1.15
Tensión	220/380/440 V	220/380/440 V	220/380/440 V
Frecuencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Factor de potencia	0.79	0.80	0.79
Eficiencia %	90.0	91.0	90.5
Encerramiento	TEFC	TEFC	TEFC
Masa Aprox.	44 Kg	135 Kg	181 Kg

ITEM	10	11
Cantidad	02	03
Potencia	30 HP	40 HP
Modelo	Alta Eficiencia IEC-IE2	Alta Eficiencia IEC-IE2
Altura	1,000 M.S.N.M	1,000 M.S.N.M
Temperatura	40°C	40°C
Velocidad	1765 RPM	1770 RPM
Grado de Protección	IP55	IP55
Alarmlento	F	F
Carcasa	18UM	20UM
Factor de Servicio	1.15	1.15
Tensión	220/380/440 V	220/380/440 V
Frecuencia	60 Hz	60 Hz
Factor de potencia	0.84	0.85
Eficiencia %	93.0	93.4
Encerramiento	TEFC	TEFC
Masa Aprox.	168 Kg	195 Kg



3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

- Diseño proyectado para lograr la máxima eficiencia energética y térmica (motor frío de alta durabilidad); razón por la que sobresale notoriamente como alternativa en el ahorro del consumo energético.
- Carcasa de hierro gris de alta calidad FC 200, asociando la calidad de hierro gris a las ventajas del diseño innovador del W22, se confiere al motor mayor resistencia mecánica, lo cual asegura la máxima durabilidad y alto rendimiento en condiciones adversas.
- Mantenimiento simple y prolongado. Por ser un motor frío el cambio de los rodamientos se realizará en períodos más extendidos, disminuyendo el tiempo y mano de obra que se requiere para su mantenimiento, así como los tiempos de parada por mantenimiento (costos indirectos menores).

CONDICIONES COMERCIALES DE VENTA

I. Precios

Precios cotizados en \$/ con validez de 30 días y con condición de entrega en los almacenes del cliente en Lima.

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	VALOR VENTA UNIT.\$/	VALOR VENTA TOTAL \$/
01	1	Motor Eléctrico "WEG" W22 IEC-IE2, 0.75 HP, 4 polos, 220/380/440V, 60 Hz, diseñado para operar a 1,000 MSNM y 40°C.	321,2	321,2
02	3	Motor Eléctrico "WEG" W22 IEC-IE2, 1.5 HP, 4 polos, 220/380/440V, 60 Hz, diseñado para operar a 1,000 MSNM y 40°C.	373,71	1'121,13
03	1	Motor Eléctrico "WEG" W22 IEC-IE2, 2 HP, 4 polos, 220/380/440V, 60 Hz, diseñado para operar a 1,000 MSNM y 40°C.	449,1	449,1
04	20	Motor Eléctrico "WEG" W22 IEC-IE2, 3 HP, 4 polos, 220/380/440V, 60 Hz, diseñado para operar a 1,000 MSNM y 40°C.	555,69	11'193,8
05	2	Motor Eléctrico "WEG" W22 IEC-IE2, 4 HP, 4 polos, 220/380/440V, 60 Hz, diseñado para operar a 1,000 MSNM y 40°C.	692,12	1'384,24
06	9	Motor Eléctrico "WEG" W22 IEC-IE2, 6 HP, 4 polos, 220/380/440V, 60 Hz, diseñado para operar a 1,000 MSNM y 40°C.	950,78	8'557,02



07	2	Motor Eléctrico "WEG" W22 IEC-IE2, 7.5 HP, 4 polos, 220/380/440V, 60 Hz, diseñado para operar a 1,000 MSNM y 40°C.	1'044,58	2'089,16
08	1	Motor Eléctrico "WEG" W22 IEC-IE2, 10 HP, 8 polos, 220/380/440V, 60 Hz, diseñado para operar a 1,000 MSNM y 40°C.	3'031,42	3'031,42
09	2	Motor Eléctrico "WEG" W22 IEC-IE2, 20 HP, 8 polos, 220/380/440V, 60 Hz, diseñado para operar a 1,000 MSNM y 40°C.	—	—
10	2	Motor Eléctrico "WEG" W22 IEC-IE2, 30 HP, 4 polos, 220/380/440V, 60 Hz, diseñado para operar a 1,000 MSNM y 40°C.	—	—
11	3	Motor Eléctrico "WEG" W22 IEC-IE2, 40 HP, 4 polos, 220/380/440V, 60 Hz, diseñado para operar a 1,000 MSNM y 40°C.	4867,61	14'602,83
Precio Venta Total \$1.			42'748,8	

II. Condiciones de Venta

Condición N°1: Al recibir su orden de compra, por ser productos sujetos a especificaciones técnicas para poder cumplir con la calidad ofrecida, es necesario aclarar todos los detalles antes de iniciar la fabricación y/o el despacho.

Condición N°2: De haberse además convenido un pago inicial es necesario que este se haya realizado. Luego de cumplido con ello emitiremos nuestro Acuse Confirmación de Pedido y/o Factura.

III. Forma de Pago

Contado.

IV. Plazo de Entrega

Inmediata, recogiendo el motor en las instalaciones de HIDROSTAT S.A.
5 días, para llevar los motores a las instalaciones del cliente.

V. Validez de la Oferta

30 días, de su emisión, las condiciones de venta definitivas son las establecidas en nuestro Acuse y Confirmación de Pedido y/o factura.

VI. Lugar de entrega



El equipo ofertado será entregado en la agencia que determine el cliente en Lima.

VII. Garantía

La garantía aplicada es de 1 año.

- Hidrostal S.A. garantiza al cliente la reparación o reemplazo de las partes del producto con defectos de fabricación, quedando excluidos desgaste natural por uso.
- El cliente debe llevar el equipo y retirarlo luego de la reparación al lugar de entrega indicado líneas arriba.
- Garantía aplica sólo si el cliente ha cumplido con las instrucciones de instalación, operación y mantenimiento indicadas en el Manual del Usuario, entregado con el equipo.
- La garantía no se extiende a envejecimiento, desgaste natural, mal manejo o mala operación del equipo, uso con energía eléctrica inadecuada o sin la debida protección, líquidos diferentes al ofertado y demás indicaciones establecidas en nuestras condiciones generales de venta.

VIII. CTA. CTE. EN DOLARES DE HIDROSTAL S.A. EN EL BCP: 1910661045131.

Confiamos en que aprecie nuestra oferta y aguardamos con interés su contacto para negociación del contrato. Nos ponemos a su disposición para atender cualquier requerimiento adicional que tenga sobre la presente oferta.

Atentamente,

Jaime Barnaby R.
 Gerente Comercial – Línea WEG
 HIDROSTAL S. A.

Luis Bustamante G.
 Jefe de Ventas – Línea WEG.
 HIDROSTAL S. A.

Julio Cesar Rojas Aguilar
 Supervisor de Ventas- Línea WEG
 HIDROSTAL S. A.



LABORATORIO DE CALIBRACIONES

Formato:GTE-LAB-REG-015

Página: 2 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 171492

Resultado de la calibración

Rango	Nominal	Patrón	Lectura	Error	μ (K=2)
Ω	5 Ω	5,02414 Ω	5,04 Ω	0,016 Ω	0,058 Ω
	10 Ω	10,0142 Ω	10,02 Ω	0,006 Ω	0,058 Ω
	15 Ω	15,0383 Ω	15,04 Ω	0,002 Ω	0,087 Ω
	50 Ω	50,0508 Ω	50,1 Ω	0,05 Ω	0,08 Ω
	100 Ω	99,965 Ω	100,4 Ω	0,44 Ω	0,13 Ω
	150 Ω	150,015 Ω	150,7 Ω	0,69 Ω	0,18 Ω
	500 Ω	499,977 Ω	501 Ω	1,0 Ω	0,8 Ω
	1000 Ω	1000,19 Ω	1002 Ω	1,8 Ω	1,3 Ω
	1500 Ω	1500,16 Ω	1502 Ω	1,8 Ω	1,8 Ω
	2500 Ω	2500,82 Ω	2504 Ω	3,2 Ω	3,0 Ω
	5000 Ω	5000,56 Ω	4999 Ω	-1,6 Ω	5,8 Ω
	8000 Ω	8001,17 Ω	7979 Ω	-22,2 Ω	9,3 Ω

Observaciones

Del resultado de las mediciones se concluye que el instrumento se encuentra calibrado.

Calibrado por:

Eduardo Fernandez Ulfee
Laboratorio de calibraciones

LOGYTEC S.A.
LABORATORIO • CALIBRACIONES

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 171492
Datos Generales

Equipo	TELUROMETRO
Marca	Metrel
Modelo	MI3123
Número de serie	16101762
Fecha de Calibración	2017-02-24
Registro	14-8058

Método de Calibración

Por comparación directa con nuestro Patrón.
 Se han tomado cinco lecturas por cada valor nominal.

Patrón(es) utilizado(s).

Descripción	N° de serie	Trazabilidad	Validez
DECADA DE RESISTENCIAS Marca: TIME ELECTRONICS Modelo: 1040	1814G14	INACAL Certificado N° LE-013-2017 Calibrado 2017-01-27	1 año(s)

Lugar de la Calibración

Realizada en las instalaciones de Laboratorio de Calibraciones de LOGYTEC S.A.
 Calle Isidoro Suárez # 236 - San Miguel - Lima

Condiciones Ambientales

Temperatura Ambiente	Humedad Relativa
22,5 °C ± 1 °C	60,0 % ± 5 %

Nota

Los resultados expresados en este Certificado son válidos únicamente para la unidad ensayada, no siendo extensivos a otras unidades aun cuando fueran del mismo tipo y lote.

La incertidumbre total expandida está basada en una incertidumbre patrón combinada multiplicada por un factor de expansión $k=2$ para un nivel de confianza de aproximadamente 95%

ACTA DE SUSTENTACION



En la ciudad de Lambayeque siendo las 11:00 a.m. horas del día Miércoles 03 de Enero del 2018, en la Sala de Sustentaciones de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, se reunieron los miembros de Jurado designados mediante Resolución N°256-2017-D-FIME, de fecha 29 de Diciembre de 2017, correspondiente al **V PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELECTRICA.**

Se recibió el Examen de Suficiencia Profesional titulado:

“EVALUACION Y OPTIMIZACION DEL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA PARA LA EMPRESA AZUCARERA NAYLAMP, DISTRITO DE CHICLAYO - LAMBAYEQUE”

Presentado por su autor Bachiller: **BALAREZO ZUÑIGA PERCY ARTURO**

Finalizada la sustentación, el sustentante respondió acertadamente las preguntas formuladas por el Jurado examinador procediendo a deliberar.

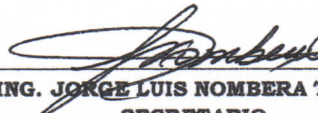
Aprobando el Examen de Suficiencia Profesional con el calificativo: 16 (DIECISEIS)


Quedando el sustentante apto para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, debiendo cumplir antes con las exigencias de las normas legales vigentes.

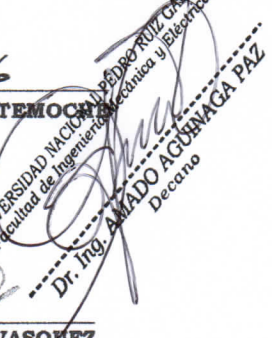
Siendo las 12: 15 p.m. horas del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el Jurado respectivo:


M.Sc. ING. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO
PRESIDENTE


ING. HECTOR ANTONIO OLIDEN NUÑEZ
MIEMBRO


M.Sc. ING. JORGE LUIS NOMBERRA TEMOCHA
SECRETARIO


ING. PERCY EDWAR NIÑO VASQUEZ
ASESOR


UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Dr. Ing. AMADO AGUINAGA PAZ
Decano

ANEXO 01

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Ing. **PERCY EDWAR NIÑO VASQUEZ**, usuario revisor del documento titulado: **"EVALUACION Y OPTIMIZACION DEL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA PARA LA EMPRESA AZUCARERA NAYLAMP, DISTRITO DE LA VICTORIA PROVINCIA DE CHICLAYO-LAMBAYEQUE."**

Cuyo autor es, **Bach. PERCY ARTURO BALAREZO ZUÑIGA**, identificado con documento de identidad **N° 72448315**, declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **14%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque 25 de noviembre del 2023



.....
ING. PERCY EDWAR NIÑO VAQUEZ

DNI: 16796041

ASESOR

Se adjunta:

*Resumen del Reporte automático de similitudes

*Recibo Digital

Evaluación y optimización del consumo de energía eléctrica para la empresa azucarera Naylamp, distrito de la Victoria, provincia de Chiclayo-Lambayeque

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

2

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

vsip.info

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.untels.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

idoc.pub

Fuente de Internet

<1%

7

Submitted to Universidad de Deusto

Trabajo del estudiante

<1%

8

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

Ing. Percy Edwar Niño Vasquez
ASESOR





Recibo digital

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

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Percy Arturo Balarezo Zuñiga
Título del ejercicio: Entrega2
Título de la entrega: Evaluación y optimización del consumo de energía eléctrica ...
Nombre del archivo: CONSUMO_DE_ENERGIA_ELECTRICA_PARA_EMPRESA_AZUCA...
Tamaño del archivo: 9.14M
Total páginas: 91
Total de palabras: 12,164
Total de caracteres: 64,743
Fecha de entrega: 26-feb.-2024 11:09a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2305054661

7



UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"Evaluación y optimización del consumo de energía eléctrica para la empresa azucarera Naylamp, distrito de la Victoria, provincia de Chiclayo-Lambayeque"

Presentado Por:

Br. Balarezo Zuñiga Percy Arturo

LAMBAYEQUE – PERÚ
2023

Ing. Percy Edwar Niño Vasquez
ASESOR