



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

“Plan de Gestión de Energía Eléctrica en base a Auditoría Energética y
Normas Eléctricas Peruanas para reducir costos de producción en Curtiembre
Piel Trujillo S.A.C”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR:

COLLAO ZOCÓN DEYBI LUIS

ASESOR:

PAREDES ROSARIO, RAÚL ROSALÍ

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

TRUJILLO – PERÚ

2019

DEDICATORIA

La presente tesis se lo dedico a mi madre Elena Zocón Namoc y a mi padre Nelson Chavarry Coba por apoyarme en todo este trayecto de mi carrera profesional, por su amor infinito, por sus consejos, por cuidar de mí siempre y darme los ánimos para afrontar los obstáculos presentados y salir siempre adelante.

A mis hermanos, mi tía y a mi abuelo personas especiales que me supieron entender y creyeron en mi todo el tiempo, gracias a todos ustedes no hubiera podido llegar tan lejos sin el apoyo de todos ustedes.

AGRADECIMIENTO

Le doy gracias a Dios por ayudarme a ser una persona de bien y guiarme siempre para seguir esforzándome y cumplir todos mis objetivos en la vida personal y profesional.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica por haberme brindado todos los conocimientos gracias a ellos pude formarme como Ingeniero.

A mis amigos por todos esos buenos momentos que pasamos en este trayecto profesional.

Gracias Ing. Raúl Paredes Rosario por compartir sus experiencias profesionales y ayudarme a culminar de la mejor manera mi tesis.

Al Ing. Felipe de la Rosa Bocanegra por brindarme sus conocimientos y orientarme en mi proyecto de investigación y desarrollo de tesis.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo: Deybi Luis Collao Zocón, con DNI N.º 46648247, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, de 2019.

Deybi Luis Collao Zocón

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada Plan de Gestión de Energía Eléctrica en base a Auditoría Energética y Normas Eléctricas Peruanas para reducir costos de producción en Curtiembre Piel Trujillo S.A.C, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

El autor.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	iv
PRESENTACIÓN.....	v
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN:.....	1
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA:	1
1.2. TRABAJOS PREVIOS:	3
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA:	5
1.3.1. Gestión de la eficiencia energética y Auditoría energética:	5
1.3.2. Gestión de la energía eléctrica:	5
1.3.3. Eficiencia energética eléctrica:	6
1.3.4. Diagnostico energético eléctrico:.....	6
1.3.5. Ahorro energético en motores eléctricos:	8
1.3.6. Criterios de evaluación en un sistema eléctrico:.....	9
1.3.7. Sistema Tarifario Eléctrico en el Perú:.....	16
1.3.8. Normas Eléctricas Peruanas (NEP):.....	19
1.3.9. Modelo de Plan de Gestión de la energía.....	20
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:.....	22
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO:	22
1.6. HIPÓTESIS:.....	23
1.7. OBJETIVOS:.....	24
II. MÉTODO:.....	25
2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:	25
2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:	27
2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA:	29
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:.....	29
2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS:.....	30

III. RESULTADOS:	31
3.1. Descripción de la Situación Actual del Sistema Eléctrico de la Curtiembre Piel Trujillo S.A.C:	31
3.1.1. Descripción de los Suministros Eléctricos:	31
3.1.2. Descripción de la Compensación de Energía Reactiva:	32
3.1.3. Inventario de Equipos Eléctricos:.....	34
3.1.4. Mediciones de termográficas en el sistema eléctrico:.....	35
3.2. Realizar el Balance de Energía del Sistema Eléctrico de la Curtiembre: .	38
3.3. Análisis de la subestación principal de la Curtiembre:	44
3.4. Estudio del factor de potencia del sistema eléctrico:.....	50
3.4.1. Dimensionamiento del banco de condensadores para valores máximos:	52
3.4.2. Análisis de las condiciones actuales de banco de condensadores:...	57
3.5. Verificación del Dimensionamiento de los Conductores Eléctricos:	61
3.6. Análisis de motor trifásico:	90
3.7. Sistema de Iluminación Eléctrica:	93
3.8. Análisis de la facturación eléctrica de la empresa:.....	97
3.8.1. Análisis del Tipo de Usuario:	97
3.8.2. Tensión de Suministro de la Curtiembre:.....	100
3.8.3. Cálculo de la Facturación Eléctrica en Media Tensión:	102
3.9. Análisis de las mejoras eléctricas:	111
3.9.1. Mejora del Factor de Potencia:.....	111
3.9.2. Reemplazo de conductor de 185 mm ² :	116
3.9.3. Reemplazo de motores estándar por motores de alta eficiencia:	120
3.9.4. Mejora en el Sistema de Iluminación:	121
3.10. Propuesta de Plan de Gestión de Energía Eléctrica:	124
3.11. Análisis Económico Financiero:	126
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS:.....	132
V. CONCLUSIONES:	136
VI. RECOMENDACIONES:.....	138
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	139
ANEXOS	141

INDICE DE TABLAS

Tabla 01: Equivalencia AWG a mm ²	14
Tabla 02: Opciones de tarifas eléctricas para clientes regulados.....	16
Tabla 03: Operacionalización de Variables.	28
Tabla 04: Características del Sistema Eléctrico de la Empresa.	32
Tabla 05: Características del Banco de Condensadores de la Curtiembre.	32
Tabla 06: Potencia Total Instalada.	34
Tabla 07: Parámetros Eléctricos de la Curtiembre Piel Trujillo S.A.C.	38
Tabla 08: Balance de energía Activa – Reactiva periodo may-2016 a mar-2017..	43
Tabla 09: Valores promedio de la facturación eléctrica.....	46
Tabla 10: Factor de Potencia mayo 2016 – marzo 2017.....	50
Tabla 11: Potencia Activa y Reactiva en un Jornada Laboral (08-09-2017).....	58
Tabla 12: Características eléctricas de conductores NYY.....	62
Tabla 13: Resumen del análisis de los conductores eléctricos NYY.	81
Tabla 14: Tipo de Luminarias Instaladas en la Curtiembre.	93
Tabla 15: Detalle del suministro eléctrico de la empresa.	97
Tabla 16: Demanda Máxima del periodo mayo – 2016 a agosto 2017.	98
Tabla 17: Clientes Libres del Departamento de La Libertad.	99
Tabla 18: Pago de energía eléctrica del mes de marzo – 2017 en Tarifa MT2. ...	101
Tabla 19: Pago de energía eléctrica del mes de marzo – 2017 en Tarifa BT2....	101
Tabla 20: Pliegos Tarifarios en el periodo may-2016 a mar-2017 en tarifa MT2.	102
Tabla 21: Pago de energía eléctrica del mes de marzo – 2017 en tarifa MT2. ...	103
Tabla 22: Pago de energía eléctrica del mes de marzo – 2017 en tarifa MT3. ...	106
Tabla 23: Pago de energía eléctrica del mes de marzo – 2017 en tarifa MT4. ...	108
Tabla 24: Resumen de costos de energía eléctrica del mes de marzo-2017	110
Tabla 25: Plan de Acción 1.....	124
Tabla 26: Plan de Acción 2.....	124
Tabla 27: Plan de Acción 3.....	125
Tabla 28: Plan de Acción 4.....	125
Tabla 29: Plan de Acción 5.....	125
Tabla 30: Plan de Acción 6.....	126

Tabla 31: Resumen del Ahorro Económico de Energía Eléctrica Anual.....	126
Tabla 32: Resumen de Inversión en mejoras del sistema eléctrico.....	127
Tabla 33: Pago del préstamo realizado para las mejoras propuestas.....	128
Tabla 34: Flujo Neto de Caja del Proyecto de Inversión.	129
Tabla 35: Resumen del Análisis Económico Financiero.....	131

INDICE DE FIGURAS

Figura 01: Diagrama unifilar	2
Figura 02: triangulo de potencias	10
Figura 03: triangulo de potencias	11
Figura 4: Registró de variación de factor de potencia antes y después de la implementación de un sistema automático de corrección de potencia.....	12
Figura 05: Registró del consumo de energía reactiva antes y después de la implementación de un sistema automático de corrección de potencia.....	12
Figura 06: Potencia reducida en horas punta y alta en fuera de punta.	17
Figura 07: Modelo de Plan de Gestión de Energía según Norma ISO 50001.	21
Figura 08: Diagrama de Flujo del Diseño de Investigación	26
Figura 09: Transformador de 10/0.4 KV de la Curtiembre.....	31
Figura 10: Banco de Condensadores de la Curtiembre.	33
Figura 11: Resumen de Potencia Instalada.....	34
Figura 12: Tablero de Llaves principales de la Curtiembre.	35
Figura 13: Llave Termomagnética de 87.5/125 A con carga desbalanceada.....	36
Figura 14: Banco de condensadores en mal estado.	37
Figura 15: Resumen de energía activa total periodo may-2016 a mar-2017.....	38
Figura 16: Resumen de energía activa en HP periodo may-2016 a mar-2017.....	39
Figura 17: Resumen de energía activa en HFP periodo may-2016 a mar-2017 ...	39
Figura 18: Resumen de energía Reactiva periodo may-2016 a mar-2017	40
Figura 19: Resumen del factor de potencia periodo may-2016 a mar-2017.....	40
Figura 20: Resumen de Potencia activa en HP periodo may-2016 a mar-2017....	41
Figura 21: Resumen de Potencia activa en HFP periodo may-2016 a mar-2017..	41
Figura 22: Resumen de Potencia Reactiva en HP periodo may-2016 a mar-2017	42
Figura 23: Resumen de Potencia Reactiva en HFP periodo may-2016 a mar-2017	42
Figura 24: Esquema del transformador de distribución.	45
Figura 25: Variación del Factor de Potencia.....	51
Figura 26: Triangulo de Potencias con valores máximos.	53
Figura 27: Triangulo de Compensación.	54

Figura 28: Triangulo de Potencias después de la compensación.	55
Figura 29: Diagrama de carga en una jornada laboral (08-09-2017).....	57
Figura 30: Esquema de Distribución Eléctrica Actual de la Curtiembre.	61
Figura 31: Distribución del Tablero IT – C1.....	62
Figura 32: Verificación del conductor eléctrico NYY-185mm ²	82
Figura 33: Parámetros Eléctricos del circuito IT – C1.	89
Figura 34: Distribución del sistema de iluminación.....	93
Figura 35: Datos técnicos de tubo fluorescente T12.	94
Figura 36: Diagrama de Sankey Actual de Distribución de Potencias.....	96
Figura 37: Precios de tarifas MT2 y BT2	100
Figura 38: Nuevo Diagrama de Sankey de Distribución de Potencias.	122
Figura 39: Esquema de Distribución Eléctrica Proyecto de la Curtiembre.	123

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo principal proponer un Plan de Gestión de Energía Eléctrica para reducir los costos de operación de la Curtiembre Piel Trujillo S.A.C sin afectar el funcionamiento normal de la planta ni la comodidad de sus trabajadores, la muestra de estudio de esta investigación fue el suministro eléctrico de la Curtiembre.

En primer lugar, se realizó la descripción actual de la empresa mediante la ejecución de una auditoria energética, evaluando las principales cargas eléctricas para establecer los puntos más críticos, enfocarnos en ellos y aplicar las medidas correctivas necesarias. Asimismo, se evaluaron las tarifas de suministro eléctrico y se comprobó la mejor tarifa para la empresa.

Luego, se realizó el estudio del factor de potencia para compensar la energía reactiva debido a que la empresa paga mensualmente un promedio de S/. 320 y también evaluar las pérdidas de potencia en conductores eléctricos, transformador, motores eléctricos y luminarias para establecer el diagrama de Sankey del sistema eléctrico de la empresa.

Se calculó que, mejorando el factor de potencia, reemplazando motores estándar por motores de alta eficiencia, cambio de conductor NYY – 185 mm² en los tramos 5-6 y 7-8 se obtendrá un ahorro económico de 39548.08 NS/año, con una inversión de 42300 NS.

Con el análisis financiero se concluyó que el periodo de retorno de la inversión es de 11.16 meses, con un TIR de 93%, el VAN 223.070.84 NS y la relación Beneficio/Costo de 6.27, por esta razón se obtiene que el proyecto es factible económicamente.

Palabras clave: Factor de potencia, Plan de Gestión de Energía Eléctrica, suministro eléctrico, motores.

ABSTRACT

The main objective of this research was to propose an Electric Power Management Plan to reduce the operating costs of Piel Trujillo SAC Tannery without affecting the normal operation of the plant or the comfort of its workers, the study sample of this research was the electric supply of Tannery.

In the first place, the current description of the company was made through the execution of an energy audit, evaluating the main electric charges to establish more critical points, focus on them and apply the necessary corrective measures. Likewise, electricity supply rates were evaluated and the best rate for the company was verified.

Then, the study of the power factor was made to compensate the reactive energy because the company pays an average of S /. 320 and also to evaluate the power losses in electrical conductors, transformers, electric motors and luminaires to later establish the Sankey diagram of the company's electrical system.

It was calculated that, by improving the power factor, replacing standard motors with high efficiency motors, change of NYY conductor - 185 mm² in sections 5-6 and 7-8 will obtain an economic saving of 39548.08 NS / year, with an investment of 42300 NS.

With the financial analysis it was concluded that the return period of the investment is 11.16 months, with a TIR of 93%, the NPV of 223,070.84 NS and the benefit / cost ratio of 6.27, for this reason it is obtained that the project is economically feasible.

Key words: Power factor, Electric Power Management Plan, power supply, motors.

Yo, **Felipe De La Rosa Bocanegra**, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo – Trujillo, revisor (a) de la tesis titulada **“Plan de Gestión de Energía Eléctrica en base a Auditoría Energética y Normas Eléctricas Peruanas para reducir costos de producción en Curtiembre Piel Trujillo S.A.C.”**, del (de la) estudiante **Deybi Luis Collao Zocón**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 18 de diciembre de 2017



Firma

Felipe De La Rosa Bocanegra

DNI: 17824219

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------