

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**INFORME DE SUFICIENCIA PROFESIONAL SOBRE EL
ANÁLISIS Y MEJORA DEL CONSUMO DE ENERGÍA
ELÉCTRICA EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE ACEITES
REFINADOS**

**Trabajo de suficiencia profesional para obtener el título profesional
de Ingeniero Industrial**

AUTOR: GERSON ENRIQUE JAIME PUPPI

ASESOR: JOSÉ ALAN RAU ALVAREZ

Lima, noviembre 2021

RESUMEN EJECUTIVO

En el actual escenario económico del país cada vez las industrias se enfocan más en controlar sus costos, adoptando sistemas de gestión que le permitan obtener ahorros a corto y mediano plazo, poniendo mayor énfasis en aquellos que afecten de manera directa al precio final de sus productos. Surge entonces la necesidad de enfocarse en los costos fijos y variables adoptando medidas de control que les permitan ser eficientes y competitivos en el mercado.

El presente informe tiene como objetivo describir el escenario actual del sector energético, analizar la empresa y la estructura de costos de una planta productora de aceite refinado (a la que llamaremos LA EMPRESA) y aplicar propuestas de valor y mejora al consumo de energía eléctrica través del estudio, análisis y aplicación de la metodología DMAIC de Lean Six Sigma. Además, propone definir el marco teórico y metodológico de las herramientas empleadas para analizar el impacto de la propuesta de mejora; describiendo a LA EMPRESA y sus procesos.

El objetivo principal de la propuesta de valor y mejora de procesos es llegar a optimizarlos, reduciendo sus consumos (traducidos en costos) de manera tal que la mejora u optimiza la sensación de satisfacción del cliente. En un mercado de consumo masivo tan competitivo la diferencia en precios es un factor determinante para el éxito, por ello la búsqueda de la mejora continua debe ser un factor clave y constante en el tiempo.

Finalmente, esta propuesta de mejora comprobó ahorros significativos para LA EMPRESA traducido a un contrato de 5 años que conllevan a un ahorro neto de 1'557,984.60 PEN en consumo energético sin inversión representativa ya que implicó una inversión de tiempo en horas hombre para capacitar a todo el personal y a todo nivel sobre el funcionamiento del sistema de consumo y facturación energética así como la comprensión de la norma técnica peruana de energía y minas.

INDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES.....	iii
INDICE DE TABLAS	iv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	2
1.1 Sector Energético del Perú:.....	2
1.2 Antecedentes:	3
1.3 Desenlace	5
1.4 Lean Six Sigma	7
1.4.1 DMAIC - Define, Measure, Analyze, Improve and Control.....	8
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA EN ESTUDIO	11
2.1 Descripción general	11
2.2 Organización de LA EMPRESA	12
2.3 Proceso Productivo.....	16
CAPÍTULO 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	21
CAPÍTULO 4. PROYECTO EJECUTADO.....	27
4.1 Fase Definir:	27
4.2 Fase Medir.....	30
4.3 Fase Analizar	32
4.3.1 Validación de causa Cambio de la NTP sobre consumo mínimo de KWH para migrar a ser cliente libre y Tarifas de energía elevadas para clientes regulados.....	37
4.3.2 Validación de causa Falta de seguimiento de consumos en energía y potencia y Programación de la producción en horarios no habituales.....	38
4.3.3 Validación de causa Fallas operativas en los arranques de línea y Problema de comunicación de status de maquinas y luces (encendido / apagado) entre turno y turno.....	39
4.4 Fase Mejorar	42
4.4.1 Causa Validada: Cambio de la NTP sobre consumo mínimo de KWH para migrar a ser cliente libre y Tarifas de energía elevadas para clientes regulados.....	42
4.4.2 Causa Validada: Falta de seguimiento de consumos en energía y potencia y Programación de la producción en horarios no habituales.....	43
4.4.3 Causa Validada: Fallas operativas en los arranques de línea y Problema de comunicación de status de máquinas y luces (encendido / apagado) entre turno y turno.....	43
4.5 Fase Controlar:	46
CAPITULO 5. BENEFICIOS	49

CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
6.1 CONCLUSIONES	52
6.2 RECOMENDACIONES.....	53
BIBLIOGRAFIA.....	54



INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Producción de Energía por Tipo de Generación al 2017	2
Ilustración 2: Proyección anual de la variación del PBI	3
Ilustración 3: Proyección anual de la oferta energética por fuente	4
Ilustración 4: Proyección anual de la producción de energía y potencia	5
Ilustración 5: Sistema Eléctrico Interconectado Nacional	7
Ilustración 6: Diagrama DMAIC	8
Ilustración 7: Organigrama de la empresa caso de estudio	16
Ilustración 8: Esquema del proceso de refinación continua	18
Ilustración 9: Gráfico cruzado de histórico de Facturación vs Toneladas Producidas	22
Ilustración 10: Árbol de costos fijo y variables de Opercost de planta de refinado y envasado	23
Ilustración 11: Diagrama Ishikawa del proyecto	24
Ilustración 12: Diagrama Pareto de Costos Variables	25
Ilustración 13: Diagrama Pareto de Costos Fijos	25
Ilustración 14: Prueba de normalidad de la variable de Costos de Energía	30
Ilustración 15: Prueba de normalidad completa de la variable Costos de Energía	31
Ilustración 16: Informe de capacidad del proceso de la variable Costos de Energía	31
Ilustración 17: Diagrama Ishikawa del proyecto	34
Ilustración 18: Gráfico combinado de Facturación de Energía vs Toneladas de Producción – Nuevo Contrato	36
Ilustración 19: Análisis de Varianza de prueba Anova de Tarifas de Energía	37
Ilustración 20: ANOVA de tarifas de energía de nuevo contrato	38
Ilustración 21: Análisis de correlación de Pearson de las variables	38
Ilustración 22: Regresión lineal de las variables	39
Ilustración 23: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados DOE	40
Ilustración 24: Grafico de efectos principales	40
Ilustración 25: Gráfica de interacciones	41
Ilustración 26 : Diagrama Ishikawa analizado del proyecto	42
Ilustración 27: Prueba t de dos muestras de los costos de energía del primer semestre del 2018 vs el primer semestre del 2019	44
Ilustración 28: Gráfico combinado de Histórico de Costo de Energía vs Toneladas de Producción – Nuevo Contrato	45
Ilustración 29: Gráfico de Control de Consumos de Energía	47
Ilustración 30: Nuevo Formato de Auditoría de Mantenimiento	47
Ilustración 31: Diagrama de Pastel de Distribución de Costos Fijos y Variables – Opercost al inicio del proyecto	49
Ilustración 32 : Diagrama de Pastel de Distribución de Costos Fijos y Variables – Opercost al inicio del proyecto	50
Ilustración 33 : Gráfico combinado de Histórico de Costo de Energía vs Toneladas de Producción – Nuevo Contrato	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales parámetros de medición en ceites crudos	17
Tabla 2: Parámetros medidos en los aceites blanqueados.....	19
Tabla 3: Parámetros medidos en los aceites desodorizados	19
Tabla 4: Matriz de la Voz del Cliente del Proyecto.....	24
Tabla 5: Matriz de Responsabilidades RACI	27
Tabla 6: Matriz de Grupos de Interés	29
Tabla 7: Análisis de modos y efectos de falla FMEA	33
Tabla 8 : Quick Wins del proyecto	35
Tabla 9: Diagrama de Gantt del proyecto	48



INTRODUCCIÓN

El presente informe abarca el proyecto liderado por quien redacta estas líneas mientras ocupaba el puesto de Analista de Suministros en LA EMPRESA, donde la principal función y responsabilidad era velar siempre por la continuidad de la cadena de abastecimiento y suministro a través de la contratación, evaluación y selección de proveedores, así como el desarrollo de proyectos de mejora continua relacionados con actores terceros de la compañía.

En el capítulo 1, se presenta el Marco Teórico donde se describen los conceptos básicos para la comprensión del funcionamiento del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) administrado por el COES SINAC (Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional). Asimismo, se describen los conceptos básicos de Lean Manufacturing y Six Sigma bajo la metodología DMAIC paso a paso, para la mejora del proceso del consumo actual de energía en LA EMPRESA caso de estudio.

En el capítulo 2, se realiza una breve descripción de LA EMPRESA caso de estudio y una breve descripción de sus clientes y principales actores. Adicional a ello se describe el proceso productivo para un mejor entendimiento del impacto del consumo energético en la compañía.

En el capítulo 3, se realiza un breve diagnóstico de la empresa antes de la aplicación del proyecto y de cómo se logra detectar la necesidad a través de la evaluación de costos.

En el capítulo 4, se describirá el proyecto paso a paso según la metodología DMAIC. Se describirán las causas probables, los resultados obtenidos producto de los análisis y los principales impactos económicos para justificar la implementación del proyecto con sus respectivas medidas de control.

En el capítulo 5, se mostrarán los resultados económicos obtenidos en el proceso productivo de la empresa. El proyecto logró una reducción del 61% en costos por concepto de energía.

Finalmente, en el último capítulo, se mostrarán las conclusiones y recomendaciones a las que nos llevó la aplicación del proyecto y sus posteriores resultados.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se desarrollará el marco teórico con el objetivo de asegurar la comprensión del análisis y desarrollo del proyecto motivo de estudio.

1.1 Sector Energético del Perú:

El sistema eléctrico en Perú está conformado por diferentes empresas de generación, transmisión y distribución; mientras que sus clientes se clasifican en usuarios regulados y usuarios libres respectivamente. La producción de energía eléctrica generada es transportada a través de las redes de transmisión de alta tensión (peaje de transmisión), para posteriormente ser llevada a la red de distribución hasta lograr llegar al consumidor final (usuarios libres y regulados). En la ilustración 1 se puede observar la producción nacional de energía por tipo de generación.

Según MINEM (Ministerio de Energía y Minas), el Comité de Operación Económica del Sistema (COES) conformado por todos los agentes del SEIN (Generadores, Transmisores, Distribuidores y Usuarios Libres) consiste en una entidad privada, sin fines de lucro y con personería de Derecho Público, el cual tiene como funciones:

- Coordinar la operación de corto, mediano y largo plazo del SEIN al mínimo costo preservando la seguridad del sistema.
- El mejor aprovechamiento de los recursos energéticos.
- Planificar el desarrollo de la transmisión del SEIN
- Administrar el Mercado de Corto Plazo.

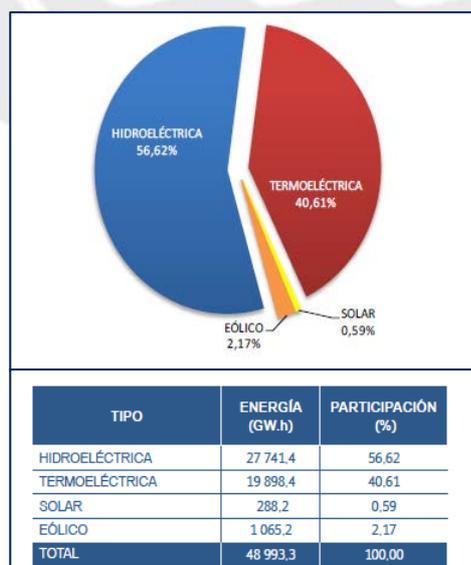


Ilustración 1: Producción de Energía por Tipo de Generación al 2017

Fuente: Dirección General De Eficiencia Energética del MINEM

1.2 Antecedentes:

Durante el periodo del 2003 al 2013, el Producto Bruto Interno (PBI) creció en un 86% y la producción de energía eléctrica aumentó en un 92%; mientras que la producción de hidrocarburos lo hizo en un 260%. Durante el mismo período, el consumo final de estos recursos energéticos creció en un 92% para el caso de energía eléctrica; mientras que para los hidrocarburos líquidos y gas natural en un 100%, según el Resumen Ejecutivo del Plan Energético Nacional 2014-2025 del MINEM.

Duante la última década se contó con el soporte de un suministro de energía constante y seguro, esto se atribuyó principalmente al recurso de gas natural que permitió atender la demanda adicional y su posterior exportación en cantidades equivalentes al consumo interno.

La cobertura nacional eléctrica promedio pasó de ser un 57% a un 71% durante el periodo del año 2003 y ha llegado a tener el 91% de cobertura durante el año 2013. A la fecha esta cobertura ha superado el 100% debido a las políticas de restricción de proyectos mineros que conllevaron a una sobre oferta de energía (Proyectos como Tía María, Conga, Río Blanco, Las Bambas, entre otros) y a otros proyectos de inversión de expansión de generación de energía que aportaron a la actual sobre oferta.

Según el Plan Energético Nacional 2014-2025 del Ministerio de Energía y Minas la oferta energética obedece a escenarios que dependen de la variación del PBI (Máximo 4% y mínimo 3% al 2018 como se aprecia en la ilustración 2).



Ilustración 2: Proyección anual de la variación del PBI

Fuente: Dirección General De Eficiencia Energética del MINEM

Bajo esa premisa se tuvieron 2 escenarios para análisis, tomando como referencia solo el primer escenario con una variación porcentual del 4.5% (Ver ilustración 3):

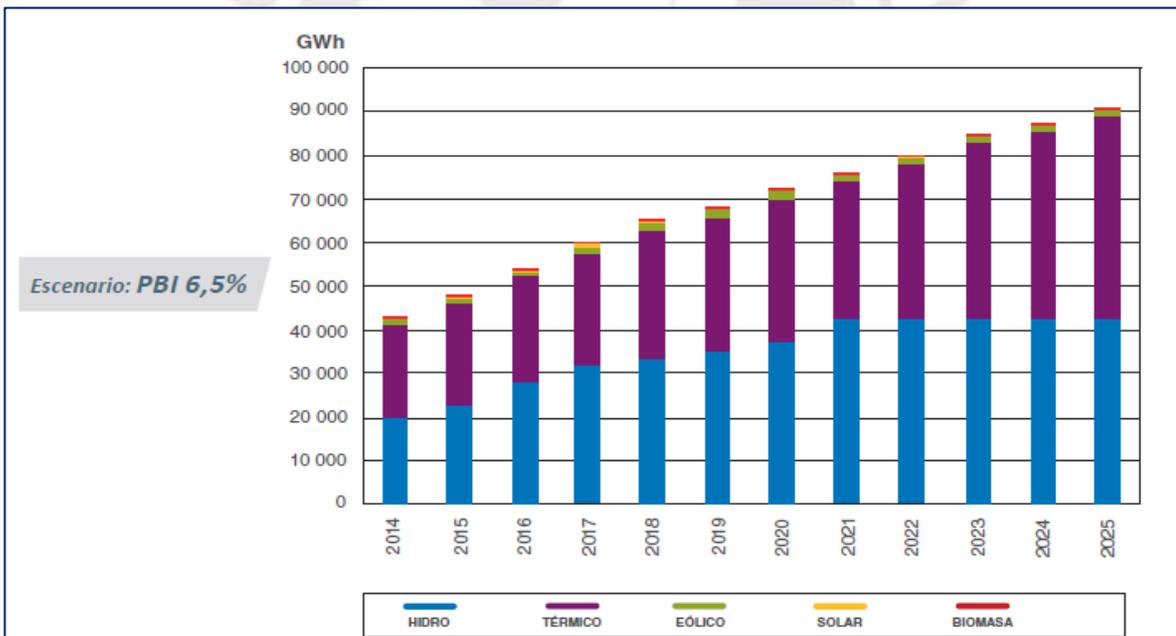
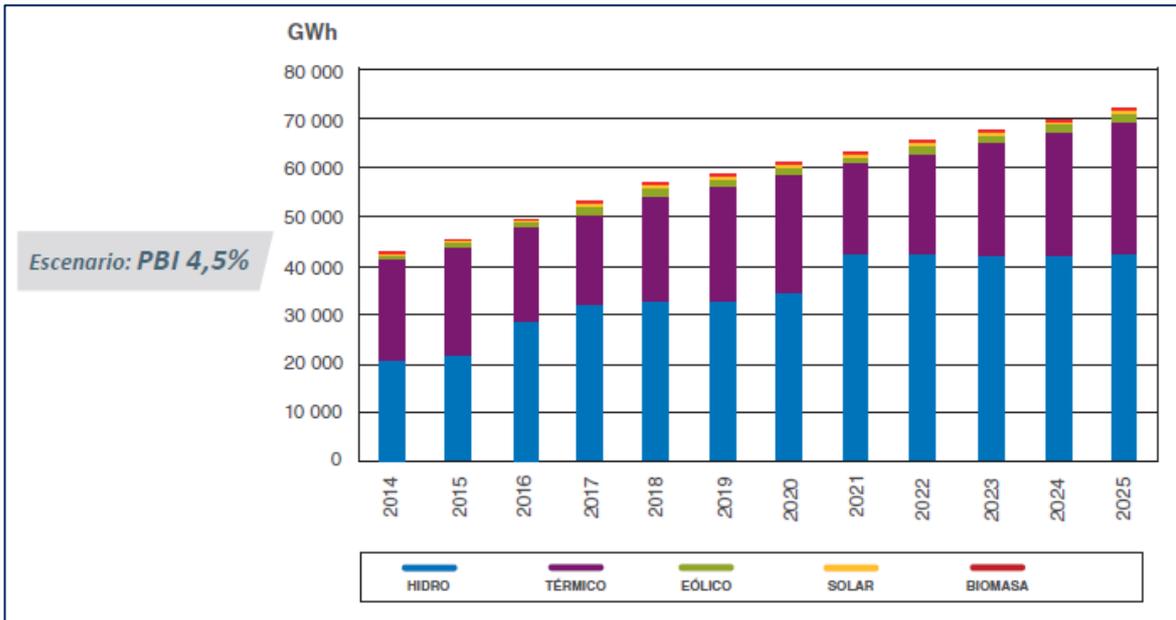


Ilustración 3: Proyección anual de la oferta energética por fuente

Fuente: Dirección General De Eficiencia Energética del MINEM

Al cierre del 2017 se tenía una producción total de 48,993.3 Gw.h y la planificación de la proyección de la demanda para los años posteriores se estimaba decreciente por los motivos ya mencionados y como se aprecia en la ilustración 4:

AÑO	ENERGÍA		POTENCIA	
	GWH	%	MW	%
2014	42 101	5,0%	5 808	3,3%
2015	45 022	6,9%	6 276	8,1%
2016	49 746	10,5%	6 839	9,0%
2017	54 943	10,4%	7 377	7,9%
2018	59 399	8,1%	7 946	7,7%
2019	63 627	7,1%	8 497	6,9%
2020	67 692	6,4%	8 988	5,8%
2021	71 558	5,7%	9 491	5,6%
2022	74 970	4,8%	9 930	4,6%
2023	78 312	4,5%	10 302	3,7%
2024	81 307	3,8%	10 691	3,8%
2025	84 120	3,5%	11 077	3,6%
2026	86 563	2,9%	11 422	3,1%
PROMEDIO 2015 - 2026	6,2%		5,8%	

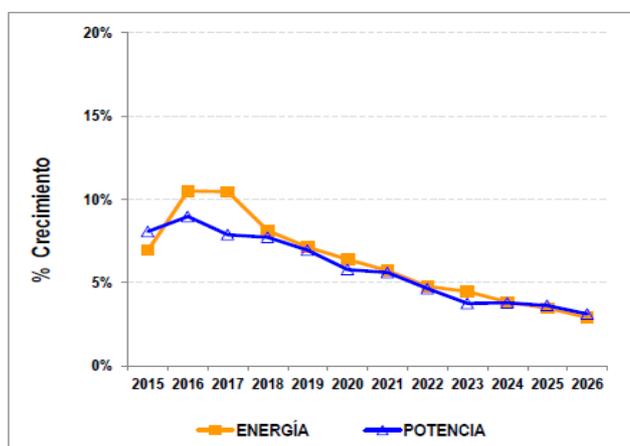


Ilustración 4: Proyección anual de la producción de energía y potencia

Fuente: Dirección General De Eficiencia Energética del MINEM

1.3 Desenlace

Bajo ese contexto, el gobierno peruano trabajó en conjunto con el Ministerio de Energía y Minas para hacer uso y extensiva la Modificación del Artículo 2 y Artículo 129 del Reglamento de la Ley de Concesiones aprobado a través de Decreto Supremo N° 009-93-EM, mediante el Reglamento de Usuarios Libres de Electricidad DECRETO SUPREMO N° 022-2009-EM publicado el 16 de Abril de 2009 donde se establece el límite de potencia de 200 KW para todos los suministros sujetos al régimen de usuarios regulados; es decir, que aquellos usuarios cuya demanda anual supere el rango de potencia establecido en el Reglamento de Usuarios Libres de Electricidad (200 KW) tienen derecho a optar por la condición de USUARIO LIBRE o USUARIO REGULADO.

De acuerdo a ello, según el Artículo 3 ya existía una condición de corto alcance para el sector privado para poder acceder a la condición de USUARIO LIBRE como se menciona a continuación:

- Los Usuarios cuya demanda máxima anual sea igual o menor a 200 KW tienen la condición de USUARIO REGULADO.
- Los Usuarios cuya demanda máxima anual se ubique dentro del rango de 200 KW hasta los 2500 KW tienen derecho a elegir entre la condición de USUARIO REGULADO o de USUARIO LIBRE, cumpliendo los requisitos y condiciones establecidos en el Reglamento de Usuarios Libres de Electricidad.
- Los Usuarios cuya demanda máxima anual supere los 2,500 KW, tienen indefectiblemente la condición de USUARIO LIBRE y deben proceder de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Usuarios Libres de Electricidad.

¿Qué diferencia a un usuario libre de uno regulado? Pues como su nombre lo indica, el resultado radica en la libertad de precios en las tarifas de energía y potencia a los que un cliente puede acceder como una serie de beneficios que se detallarán en el presente informe:

1. **Usuarios Libres:** Usuarios inter conectados al SEIN no sujetos a regulación de tarifas ni precios por el concepto de la energía y/o potencia que consumen.
2. **Usuarios Regulados:** Usuarios sujetos a regulación de tarifas y precios por el concepto de energía y/o potencia que consumen.

Un usuario regulado es todo aquel cliente (persona natural o jurídica) que está regulado o limitado a tarifas establecidas por una empresa distribuidora de energía y quien no supera los 200 KW de potencia como consumo anual. Debido a la Ley de Concesiones Eléctricas en Lima operan 2 grandes distribuidoras de energía (Enel o Luz del Sur) quienes se encargan de acopiar la energía que adquieren del mercado a través de la Compra en Bloque (Compra de energía y/o potencia que realiza un Distribuidor para atender a sus clientes o consumidores). La desventaja del usuario regulado es que está sujeto a una tarifa plana de consumo.

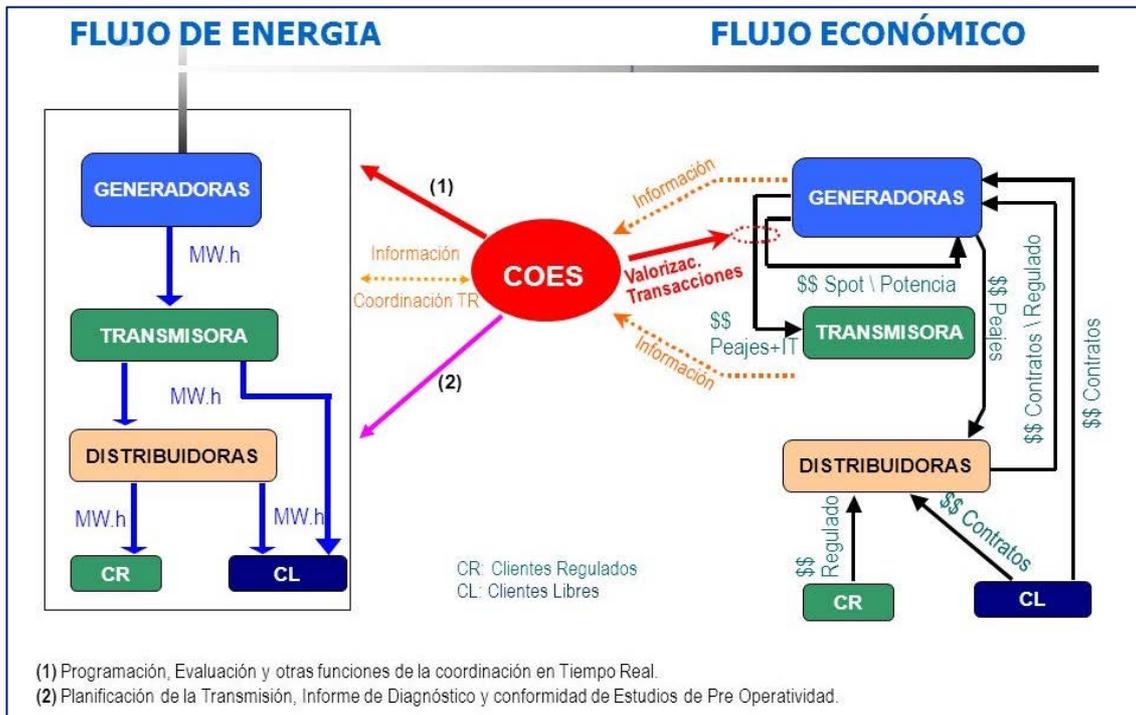


Ilustración 5: Sistema Eléctrico Interconectado Nacional

Fuente: COES

Por otra parte, un usuario libre es quien supera el consumo de 200 KW de potencia anual y puede acceder al mercado energético local y licitar directamente con las generadoras de energía eléctrica tarifas de potencia y energía. Así mismo, estas tarifas son diferenciadas por hora punta y fuera de punta. Se define como Hora Punta para la energía al periodo de cinco (05) horas comprendido entre las 18:00 horas y 23:00 horas de lunes a sábado, el resto de horas se definen como Horas Fuera de Punta. Mientras que para la Potencia Activa (KW) las horas punta se define al periodo de dos (02) horas comprendido entre las 18:30 y 20:30 horas de todos los días del año, el resto de horas se definen como Horas Fuera de Punta.

Además de ello, los Usuarios Libres pueden optar por tener uno o más puntos de suministro y los cargos correspondientes a las tarifas de inter conexión a las redes de transmisión y distribución son debidamente regulados por OSINERGMIN como se detalla en la ilustración 5 con el esquema del sistema eléctrico interconectado nacional.

1.4 Lean Six Sigma

Lean Six Sigma es una metodología que combina herramientas de Lean Manufacturing y Six Sigma, la primera se encarga de gestionar y eliminar el desperdicios de procesos y procedimientos que no generan valor en la cadena y promueve la estandarización y flujo de trabajo; mientras que Six Sigma se enfoca en la reducción de la variación del proceso a través del control del proceso.

Ambas en conjunto como filosofía de mejora basada en el análisis de datos y la anticipación a defectos fomentan la satisfacción del cliente a través de la cuantificación económica al reducir la variación del proceso, desperdicios y tiempos de ciclo o re procesos (ASQ, 2020).

Como tal, Six Sigma como metodología y como filosofía está orientada a la optimización de la eficacia y eficiencia de los procesos que generan valor. Tal y como lo define Escalante (2003); Seis Sigma representa una métrica como una manera de medir el desempeño de un proceso específico; una filosofía de trabajo, como resultado del mejoramiento continuo de procesos la cual incluye herramientas estadísticas; y una meta a la vez, al no producir productos defectuosos.

1.4.1 DMAIC - Define, Measure, Analyze, Improve and Control

Definir, medir, analizar, mejorar y controlar; son las etapas con las cuales se puede establecer Six Sigma como metodología (Ver ilustración 6):

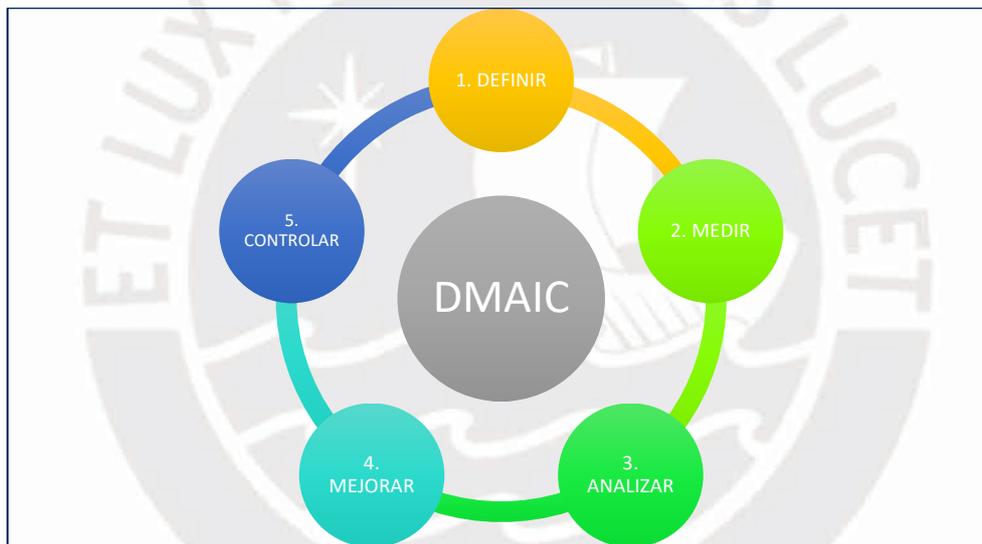


Ilustración 6: Diagrama DMAIC

Fuente: American Society for Quality

1. Definir: en esta etapa se describe el efecto o causa como una situación adversa o de impacto negativo al proceso que se desea mejorar con la finalidad de describir y comprender el escenario actual para definir objetivos. Debemos tener en cuenta que los objetivos más relevantes provienen desde el punto de vista del cliente o voz del cliente. Se debe lograr identificar:
 - El objetivo del proyecto
 - El alcance del proyecto
 - Definir a los clientes
 - Mapeo del escenario actual

- Los entregables
- El horizonte del proyecto

Y se pueden emplear técnicas como:

- Mapeo de procesos
- Diagramas SIPOC
- Voz del cliente

2. Medir: durante esta etapa se mide la magnitud del problema y se debe determinar las características claves del producto o servicio a través de un plan de recolección de datos. Debemos tener en cuenta que la medición no es una actividad que aporta valor por sí misma, necesita de objetivos previamente definidos a los cuales deben ajustarse en las siguientes etapas. Es preciso:

- Identificar las métricas claves.
- Métricas claras y confiables.
- Existencia de datos adecuados.
- Definir cómo se medirá el progreso.
- Definir cómo se medirá la eficiencia del proyecto.

Y se pueden emplear técnicas como:

- Capacidad del proceso, a través de factores que permitan medir la capacidad.
- Estudio Gage R&R.
- Análisis de data histórica.
- Estadística descriptiva.

3. Analizar: durante esta etapa se analizan los datos recolectados y se deben establecer y determinar causales probables o factores que merman el flujo del proceso a su nivel actual. Las variables del proceso identificadas en la etapa anterior deben ser confirmadas por medio de experimentación y estudios que permitan cuantificar su contribución a la variación del proceso. Se pueden emplear técnicas como:

- Diagrama de Pareto: también llamada curva 80 – 20 (80% de las consecuencias están motivadas por el 20% de las causas) es una grafica que permite describir todas las causas de los problemas por orden de relevancia, frecuencia, costo o actuación.
- Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Pescado: gráfico que permite analizar a través de la relación entre un efecto y todas sus causas o factores, por ese motivo recibe el nombre de diagrama de causa – efecto.
- 5 Porque´s: Herramienta que consiste en un método interrogativo que permite desarticular todas las causas encontradas en el diagrama de Ishikawa en causas mucho más específicas y detalladas.

4. Mejorar: En esta etapa se diseñan y experimentan las formas matemáticas para determinar las relaciones de causa – efecto y así optimizar el proceso a través de análisis de regresión y superficies de respuesta. Según Pyzdek (2003), en esta etapa se debe ser bastante creativo para encontrar nuevas formas de optimizar las cosas rápidas y a bajo costo.

Algunas técnicas a emplear:

- Diseño de experimentos (DOE) método que se basa en analizar los efectos de todos los factores relevantes para diseñar las condiciones ideales de un producto, proceso o servicio. Permite que cumpla con todas las expectativas del usuario usando el mínimo número de experimentos o pruebas.
- Estandarización de procesos.
- 5s: práctica o método de calidad creada en Japón concebida para el Mantenimiento Integral de una compañía, no sólo equipos y maquinaria. Por parte de todos y para todos.
- Poka Yoke – a prueba de errores: esta técnica ayuda a eliminar la causa de un error desde su origen, ayuda a detectar un error que se está cometiendo de manera constante y a detectar un error tan pronto como sea posible y antes de que inicie otro.

5. Controlar: en esta etapa se establecen los controles para que el proceso no vuelva a su estado original a corto plazo. Se llevan a cabo todas las mejoras necesarias, se implementan, se verifican y se controlan constantemente. Se debe buscar mejorar de manera continua una vez que el proceso es capaz y se deberán buscar mejores condiciones de operación, materiales, procedimientos, normas, entre otros factores que nos lleven a un mejor desempeño del proceso analizado. Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Saber cómo se controlará el riesgo, la calidad, el costo y el cambio de plan.
- Cuáles son los registros que se deben crear.
- Saber cómo nos aseguraremos que cumplimos con los objetivos del proyecto.
- Identificar cómo podremos mantener los beneficios.

Técnicas a emplear:

- Gráficos de control.
- Líneas de verificación.
- Semáforos.
- Procedimientos e instructivos.

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA EN ESTUDIO

En esta fase del informe se realizará una breve descripción de la empresa caso de estudio, quienes son sus principales clientes y actores. Así como el flujo del proceso productivo y los principales responsables de cada área.

2.1 Descripción general

LA EMPRESA, una de las más grandes compañías de agronegocio del mundo, opera a través de la comercialización y procesamiento de granos y cereales; como consecuencia, fabrica aceites vegetales, ingredientes e insumos para la industria alimentaria humana y de nutrición animal; así mismo produce biodiesel y opera una gran estructura logística para llevar todos esos productos a los mercados globales.

Presente hace más de 20 años en América del Sur y con actividades en Argentina, Brasil, Chile, Paraguay, Perú y Bolivia, la compañía ha demostrado su desempeño en estos mercados haciendo grandes proyectos de inversión para la ampliación de sus operaciones locales que emplean a casi 5 mil personas.

Además de operar en toda la cadena del agronegocio del mundo cuenta con aproximadamente 52 silos y plantas distribuidos en toda América del Sur y 6 terminales portuarios, de los cuales 3 se ubican en Argentina, 2 en Brasil y 1 en Paraguay. LA EMPRESA se encuentra presente en Brasil desde el año 1997 y desde allí centra la mayor operación de toda América del Sur

LA EMPRESA subsidiaria peruana lleva 11 años en el mercado peruano de consumo masivo de aceites domésticos. Se encarga del envasado del aceite refinado 100% de soya, libre de colesterol y es utilizado generalmente de manera doméstica a nivel nacional. Distribuyendo diversas variedades de aceites, sienta su producto más destacado el Aceite IDEAL, MIRASOL, SAO, entre otros 12 SKU's. Se encarga, además de producir los ingredientes de los alimentos, los piensos e ingredientes de piensos, biocombustibles y otros productos que los fabricantes locales utilizan para proporcionar comida saludable y una vida mejor a millones de personas y animales.

- **MISIÓN:** En LA EMPRESA, liberamos el poder de la naturaleza para brindar acceso a la nutrición en todo el mundo. Con innovaciones que avanzan en la industria, una cartera completa de ingredientes y soluciones para satisfacer cualquier sabor y un compromiso con la sustentabilidad, brindamos a los clientes una ventaja para resolver los desafíos nutricionales de hoy y de mañana.
- **VISIÓN:** Liberar el poder de la naturaleza para enriquecer la calidad de vida.

2.2 Organización de LA EMPRESA

A continuación se detallan las principales áreas y responsabilidades que conforman a LA EMPRESA:

A. Directorio: Conformado por los representantes legales y los accionistas mayoritarios de la empresa, quienes toman todas las importantes decisiones en torno a proyectores de grandes inversiones, propuestas de valor, resolución de conflictos y otros asuntos legales de gran envergadura que impliquen algún cambio significativo en la compañía. Por otro lado, este directorio está representado por el country manager quien organiza y lidera los temas a tratar en cada reunión de asamblea.

B. Gerencia General: Lidera, representa, dirige a la compañía y ejecuta todos los acuerdos del Directorio.

C. Producción: El área de producción tiene una estructura a tres niveles (ver ilustración 7):

- Nivel 1: jefe de planificación.

Sus responsabilidades abarcan desde temas laborales (coordina vacaciones, turnos de trabajo, licencias, permisos, etc), hasta temas relacionados con la producción. Estas se basan en:

- Se encarga de evaluar propuestas de proyectos de mejora relacionadas al consumo de recursos y a la optimización de la productividad y eficiencia de cada uno de sus procesos.
- Se encarga de elaborar los planes de producción de cada uno de los turnos de trabajo en coordinación con los supervisores.
- Es responsable de la gestión de inventarios de materia prima, insumos y PT. Coordina con Suministros el abastecimiento de insumos.
- Analiza el plan de comercial recibido por el área Comercial, coordinando todas las actividades necesarias para hacerlo calzar y cumplir con el plan de producción.
- Calcula y reporta índices de productividad o KPIs de cada área.
- Calcula los costos que implican cada una de las operaciones por tonelada de aceite crudo o procesado y analiza los costos de producción y mermas.
- Lleva la documentación de licencias, permisos ambientales, requisitos, normas y evalúa proyectos a realizar con la finalidad de cumplir tales requisitos.

- Coordina con el jefe de mantenimiento las actividades según plan de mantenimiento anual para hacer calzar en fecha y hora el plan de producción.
- Nivel 2: supervisores de turno y asistente de producción.
Las principales responsabilidades de los Supervisores de turno son:
 - Ejecutar los proyectos designados por el jefe de planificación.
 - Verificar que las operaciones de máquinas y planta se efectúen siguiendo unos parámetros de funcionamiento.
 - Supervisar el trabajo y actividades que realizan los operarios en planta.
 - Gestionan el control de inventarios de materias primas e insumos.

Las principales responsabilidades del Asistente de producción son:

- El control del inventario los productos terminados.
- Registro y control de las toneladas producidas.
- Documentar todo lo proveniente de clientes internos.
- Autorizar la salida de insumos del área de almacén.
- El control de inventario de IQPF.
- Liberar el PT disponible en almacén.
- Nivel 3: control de calidad.
El área de Calidad es un área autónoma que se encarga de tomar y analizar muestras de insumos, producto en proceso o producto terminado. Además de verificar si los resultados son acordes con los valores patrón establecidos por el corporativo o especificaciones técnicas homologadas. De esta manera se verifican que todos los procesos estén acorde a lo declarado; caso contrario, se informa al corporativo, al jefe de planificación y/o supervisor de turno, sobre la desviación detectada. Otra de las actividades que realizan es la de la medición diaria de los parámetros de control de los tanques de materias primas, sub – productos, y productos terminados para detectar cualquier anomalía.

D. Mantenimiento: El área de mantenimiento está conformada por tres niveles que se detallan a continuación:

- Nivel 1: Jefe de Mantenimiento.

- Nivel 2: Supervisor de Mantenimiento Mecánico y Supervisor de Mantenimiento Eléctrico.

Dentro de las responsabilidades del Supervisor de Mantenimiento Mecánico se encuentra fundamentalmente el seguimiento y ejecución del plan de mantenimiento anual y asegurar buen estado de funcionamiento de todos los equipos mecánicos como calderos, compresores, reactores, centrífugas, llenadoras, sopladoras, empacadoras e instalaciones, edificios, almacenes, estructuras metálicas. Así mismo se asegura de mantener calibrados los equipos para garantizar la confiabilidad y la eficacia de los trabajos de mantenimiento.

Entre las funciones que desarrolla, destacan las siguientes:

- Planificar todas las actividades diarias con el equipo de mantenimiento y asignar responsabilidades.
 - Coordinar con el Jefe de Mantenimiento y el Jefe de Planificación los programas mensuales de actividades.
 - Reportar diariamente al Jefe de Mantenimiento de todas las actividades realizadas y el avance de las metas alcanzadas.
 - Coordinar permanentemente con el equipo de producción y mantenimiento cómo solucionar controversias y problemas que susciten durante el desarrollo de las actividades de mantenimiento.
 - Comunicar al personal de producción el porcentaje de avance del plan anual de mantenimiento.
 - Coordinar con SSOMA todas las condiciones de seguridad y liberaciones de permisos para desarrollar las actividades de mantenimiento.
- Nivel 3: Mecánico de Mantenimiento.

Dentro de las responsabilidades del mecánico de mantenimiento se encuentra principalmente la de ejecutar las actividades del plan de mantenimiento mecánico anual, desde la actualización de los registros de avance hasta el reporte del buen uso, buenas prácticas y estado de los equipos utilizados. Además, debe mantener informado a su supervisor y atender oportunamente a todos los trabajos de urgencia solicitados por el personal de producción sin descuidar las condiciones de seguridad previamente acordadas con SSOMA.

Destacan las siguientes actividades:

- Registro diario de todas las actividades realizadas en formatos pre establecidos.
- Ejecutar las actividades del plan de mantenimiento y las asignadas por su supervisor.
- Utilizar adecuadamente herramientas, máquinas, equipos y todo lo asignado a su cargo, así como los EPPs de seguridad requeridos para cada actividad declarada.
- Atender todo requerimiento de urgencia solicitado por los supervisores de producción.

Dentro de las responsabilidades del electricista de mantenimiento se encuentran principalmente la de ejecutar eficazmente las actividades del plan de mantenimiento eléctrico anual, mantener actualizados los registros de actividades y reparaciones manteniendo seguridad de todo el personal involucrado.

Destacan las siguientes actividades:

- Ejecutar las responsabilidades asignadas por su supervisor y coordinar con él la programación de las actividades a ejecutar.
- Ejecutar las actividades del plan de mantenimiento eléctrico anual asignadas.
- Emplear todos los EPPs e implementos de seguridad requeridos para cada actividad de mantenimiento declarada.
- Utilizar adecuadamente los equipos, herramientas, máquinas e instrumentos de medición y calibración manteniendo su buen estado.
- Atender todos los requerimientos de urgencia solicitados por los supervisores de producción.

E. Suministros: Esta área está representada por la gerencia de finanzas y la gerencia de procurement a las que reportan respectivamente.

Esta área se encarga de todas la gestión de contratación y compras en general; así como el desarrollo de proyectos relacionados con actores terceros; por ello utiliza todos los costos de producción para la toma de decisiones e implementación de proyectos de mejora.

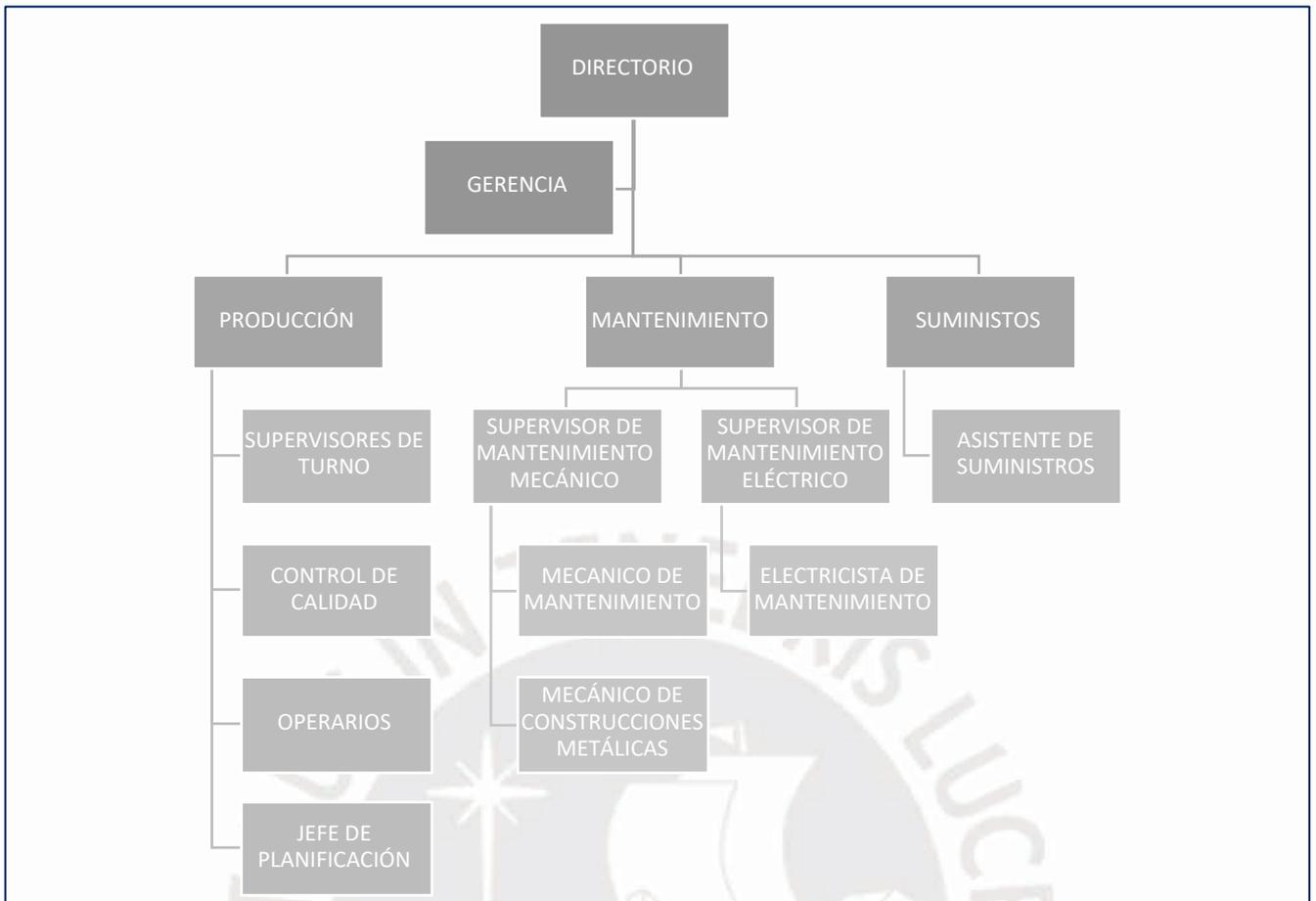


Ilustración 7: Organigrama de la empresa caso de estudio

Fuente: La Empresa

2.3 Proceso Productivo

El proceso productivo que se lleva a cabo en la empresa es el de refinado de aceites crudos y envasado para consumo masivo.

Refinación continua de aceite crudo

Según Bernandini (1981), la materia prima principal para el proceso de refinación es el aceite crudo, ya sea de soya, maíz o cualquier otro grano oleaginoso. Los aceites crudos por su composición contienen una serie de componentes no deseables para el consumo humano como: fosfátidos (lecitinas), pigmentos, ácidos grasos, peróxidos, jabón o impurezas en estado coloidal. Éstos deberán ser eliminados en los siguientes procesos permitiendo así que el producto final pueda ser consumido.

Los principales parámetros que se miden en el aceite crudo son:

Tabla 1: Principales parámetros de medición en ceites crudos

Parámetros	Aceite crudo de soya	Aceite crudo de pescado	Aceite crudo de algodón
Color	Lovibond ¹ 8/35 - 12/35	Gardner ² 12 - 13	Gardner 14 - 15
Acidez	0,60 - 1,0 %	2 - 3 %	1 - 2 %
Jabón	180 - 250 ppm	100 ppm	+-
Fósforo	100 - 170 ppm	---	---

¹ Lovibond: escala internacional para comparar los colores en aceites

² Gardner: escala internacional para comparar los colores en aceites

Fuente: Bernandini, E. TECNOLOGÍA DE ACEITES Y GRASAS.

El aceite crudo antes de ingresar al proceso de refinación debe ser mezclado con ácidos fosfóricos a razón de 1 kg ácido/ton. La mezcla debe ser continua para permitir que el ácido entre en contacto directo con el aceite; el cual deberá solubilizar todas las sustancias presentes en el aceite crudo que luego serán eliminadas en el proceso de refinación.

Posteriormente a través de intercambiadores de calor, se debe obtener un aceite a temperatura de 70 °C a 80 °C, acondicionando así previamente el aceite crudo para la etapa de neutralización y posterior coagulación del jabón.

La primera etapa del proceso de refinación es la neutralización. Durante esta etapa se elimina la acidez orgánica del aceite crudo en estado de solución. Esto se realiza con una emulsión de soda cáustica en aceite a razón de 4,6 kg soda/ton; es decir, se saponifican los ácidos grasos presentes. La materia resultante es el aceite neutro (libre de acidez) y la borra como merma. La separación de ambos componentes se realiza fácilmente porque la borra es insoluble en aceite neutro bajo las condiciones de trabajo. Ésta separación se realiza a través de máquinas centrifugas llamadas SHARPLES dispuestas en paralelo (Bernandini, 1981) y producen la separación física del aceite neutro separándolo en sus diversos componentes de acuerdo a sus densidades.

La segunda etapa de este proceso es el lavado de aceites neutralizados. Durante esta etapa se procede a realizar un lavado del aceite neutro sobre agua caliente, ya que los jabones son parcialmente solubles en aceite neutro. Se obtiene como resultado un efluente de borra de lavado del aceite. Se utilizan dos centrifugas SHARPLES en serie.

Como **última etapa** del proceso de refinado se realiza el secado. Para ello se utiliza un secador industrial que trabaja a razón 1700 L/h, el cual elimina la humedad presente en el aceite neutro; obteniéndose un aceite neutro seco a un porcentaje de humedad de entre el 0,1 - 0,5%.

Debido a que el proceso es de frecuencia continua podemos inferir que los efluentes que aquí se generen constituirán un gran porcentaje del total de los efluentes eliminados. Dichos efluentes continuos son:

- Borra de aceite crudo: obtenida de las centrifugas de refinación, posteriormente usada en la fabricación de jabón de pepita.

- Borra de lavado de aceite neutro: obtenida de las centrifugas de lavado de aceite.

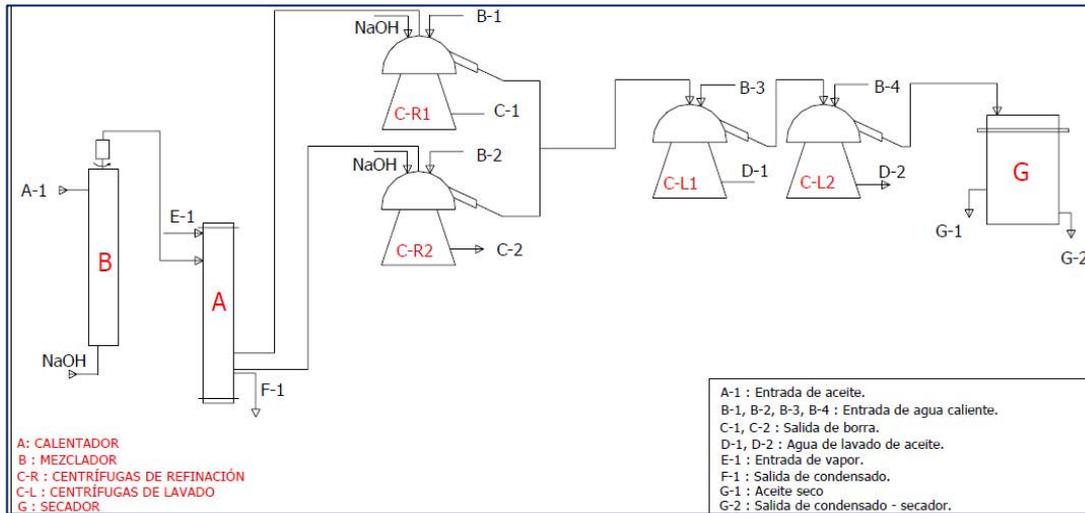


Ilustración 8: Esquema del proceso de refinación continua

Fuente: Bernardini, E. TECNOLOGÍA DE ACEITES Y GRASAS.

Blanqueo de aceite refinado

La materia prima que se emplea en este proceso es el aceite neutro de soya, algodón, maíz, girasol, entre otros; todos obtenidos en el proceso anterior. El blanqueo consiste en la eliminación de los peróxidos presentes en el aceite neutro, algunos productos secundarios resultantes de la oxidación, pigmentos y trazas de jabón a través de la aplicación de las tierras de blanqueo.

Esta etapa inicia con la carga en el reactor de 5 ton de aceite neutro, a las cuales se le agregan 2 kg de trysil (eliminador de jabones). Luego se procede con el secado debido a que las trazas de agua presentes en el aceite afectan la eficiencia de las tierras de blanqueo. Posteriormente, se realiza la deshidratación del aceite por medio de intercambiadores de calor hasta una temperatura de 100 °C en condiciones de vacío de 25 in Hg y agitación alta. Se logra evaporar el agua a través de su condensamiento. A esta mezcla se le agrega 50 kg de tierra pura de blanqueo, sin variar las condiciones existentes dentro del reactor.

Se realiza la agitación alta y continua por un intervalo de 30 a 45 minutos. Posteriormente, la mezcla de aceite y tierra de blanqueo pasa a ser filtrada; consiguiendo la separación de los dos componentes, el cual será enviado al tanque de aceite refinado y la tierra de blanqueo con restos de aceite como residuo o efluente.

Tabla 2: Parámetros medidos en los aceites blanqueados

Parámetros	Aceite blanqueado de soya	Aceite blanqueado de algodón
Color	Lovibond 4/30	Lovibond 5/30
Acidez	0,07 %	0,008 %
Jabón	0 ppm	0 ppm
Peróxido	0 meq/kg	0 meq/kg
Fósforo	0 ppm	0 ppm

Fuente: Bernandini, E. TECNOLOGÍA DE ACEITES Y GRASAS.

Se observa un incremento de la acidez en los aceites blanqueados. La explicación a este fenómeno es que las tierras de blanqueo se someten a un tratamiento de ácidos minerales y por tanto, son siempre ácidas.

Desodorización de aceite blanqueado o refinado

Por último, en esta etapa del proceso se realiza la desodorización. Este proceso consiste en un proceso de destilación continua con vapor a temperaturas elevadas entre 245 °C y 260 °C. Se debe aplicar una presión de 2 mm Hg durante la operación para proteger el aceite refinado caliente de la oxidación e impedir la hidrólisis indebida por efecto del vapor.

Durante este proceso se consigue eliminar el mayor porcentaje de olores y sabores desagradables los cuales se encuentran alrededor del 0,10%. Este proceso además consigue la reducción de los ácidos grasos libres, destruye los peróxidos, elimina los aldehídos y otros productos volátiles que se hayan podido formar por efecto de la oxidación atmosférica.

Durante el proceso se genera una merma menor al 1% aproximadamente. Para finalizar, se deben agregar antioxidantes al aceite refinado a razón de 0,05% - 1% a manera de poder garantizar su resistencia a la oxidación y a la durabilidad hasta por un año después de su fecha de envasado (Fecha de vencimiento). Los parámetros que se miden en los aceites desodorizados o refinados son:

Tabla 3: Parámetros medidos en los aceites desodorizados

Parámetro	Aceite desodorizado vegetal	Aceite desodorizado compuesto
Color	Lovibond 0,5/20 – 1/20	Lovibond 1/20 – 1,5/20
Acidez	0,05 %	0,05 %
Peróxido	0 meq/kg	0 meq/kg

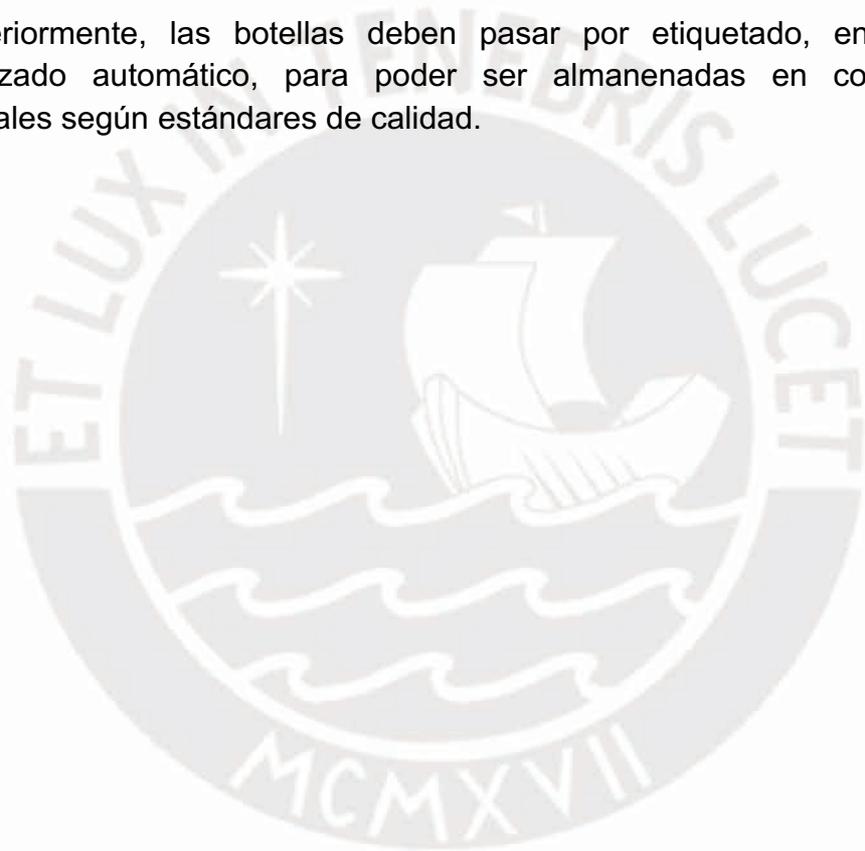
Fuente: Bernandini, E. TECNOLOGÍA DE ACEITES Y GRASAS.

Envasado de aceite:

Se debe agregar nitrógeno líquido a los aceites refinados a razón de 0,0012 m³/L a 0,0014 m³/L. El envasado se debe realizar en una llenadora automática, las cuales envasan aproximadamente 3000 L/hora, en presentaciones:

- Baldes de 20L y 18L.
- Botellas de 1L, ½ L y 200 ml.
- Cilindros de 200L.
- Bidones de 5L y 3L.
- Octobines de 1000L.
- Cisternas de 30 Ton.

Posteriormente, las botellas deben pasar por etiquetado, encajado y paletizado automático, para poder ser almanenadas en condiciones normales según estándares de calidad.



CAPÍTULO 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El objetivo del requisito básico de eficiencia energética consiste en conseguir un uso racional y optimizar el uso de la energía eléctrica necesaria para producción de productos y servicios. El proyecto inicia en el 2019 como una necesidad a la búsqueda de la mejora continua y reducción de costos directos.

Con la estrategia adoptada por la compañía en controlar y reducir costos por una depresión en el consumo masivo de productos de primera necesidad y ante la emergente creación de nuevas compañías competidoras en el rubro sujeto a una sobre oferta de generación energética en el país durante los años 2015 – 2020.

Durante el periodo del 2003 al 2013 el Producto Bruto Interno (PBI) incrementó en un 86% y la producción de energía eléctrica aumentó en un 92%, mientras que la producción de hidrocarburos lo hizo en 260%. En el mismo período, el consumo final nacional de estos recursos se incrementaron en un 92% para la electricidad mientras que para los hidrocarburos líquidos y gas natural lo hicieron en un 100%. Esto representa un mayor crecimiento de la actividad económica y de la demanda de energética de las últimas décadas, sumado a los proyectos mineros y combustibles observados por el ejecutivo del gobierno y puestos a disposición para anulación y/o re negociación con proyectos de expansión de capacidad energética para suplir esa demanda ocasionaron una sobre oferta como se detalla en el Plan Energético Nacional 2014-2025 del Ministerio de Energía y Minas: “En el próximo periodo del 2014-2025, se espera que el desenvolvimiento del consumo final de energía esté relacionado principalmente con el desarrollo de la economía nacional , la puesta en operación de grandes proyectos mineros y la aplicación de medidas de uso eficiente de la energía (EE) en los sectores residencial, servicios, industrial y transporte”.

Considerando el contexto descrito previamente, se decidió enfocar la atención y análisis en el consumo eléctrico de la planta (en los últimos años este costo ha representado 510,256.92 PEN anuales, aproximadamente 8,76% del oper cost y 78% de los costos variables) y buscar alternativas que nos lleven a un mejor uso eficiente de la energía consumida.

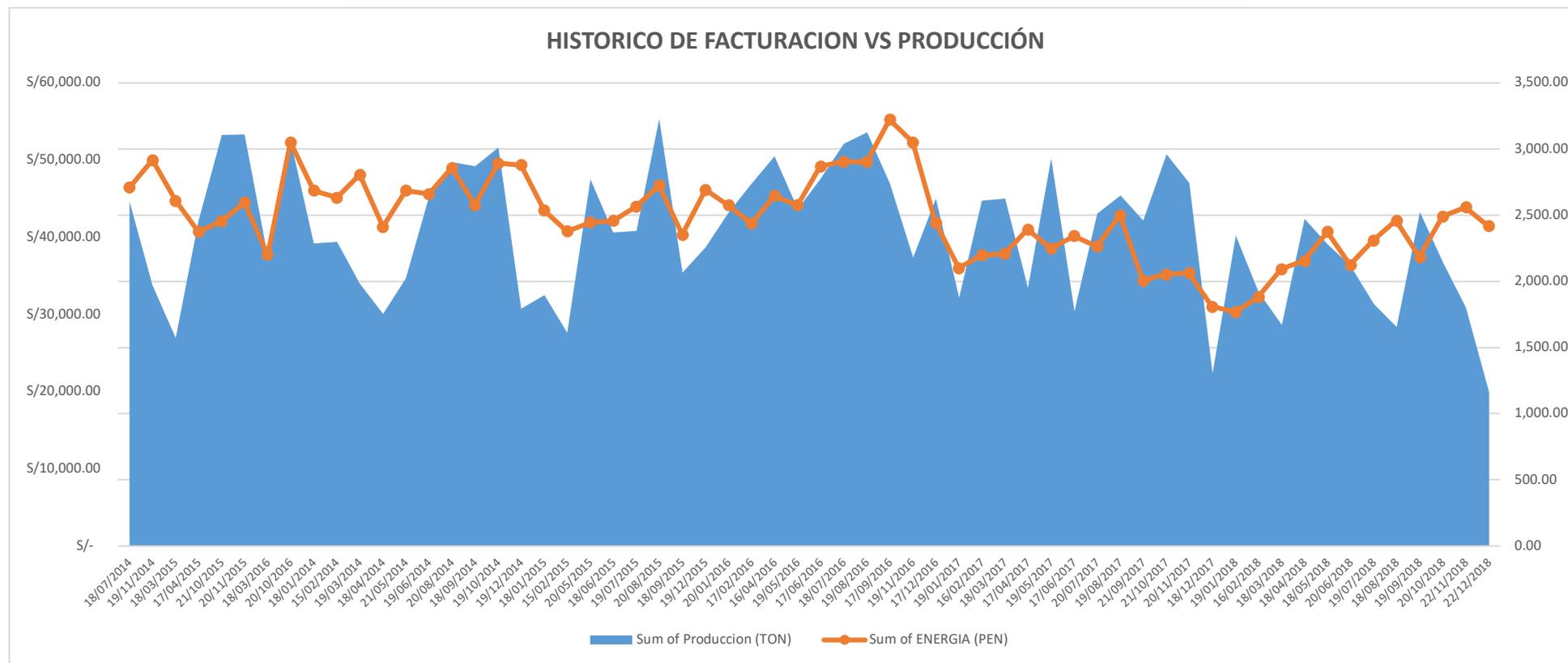


Ilustración 9: Gráfico cruzado de histórico de Facturación vs Toneladas Producidas

Del mismo modo se evidenció que el monto del opercost que va cargado como factor energía en el costo de productos representa un 9%, monto que percibe el consumidor final en el costo final del producto.

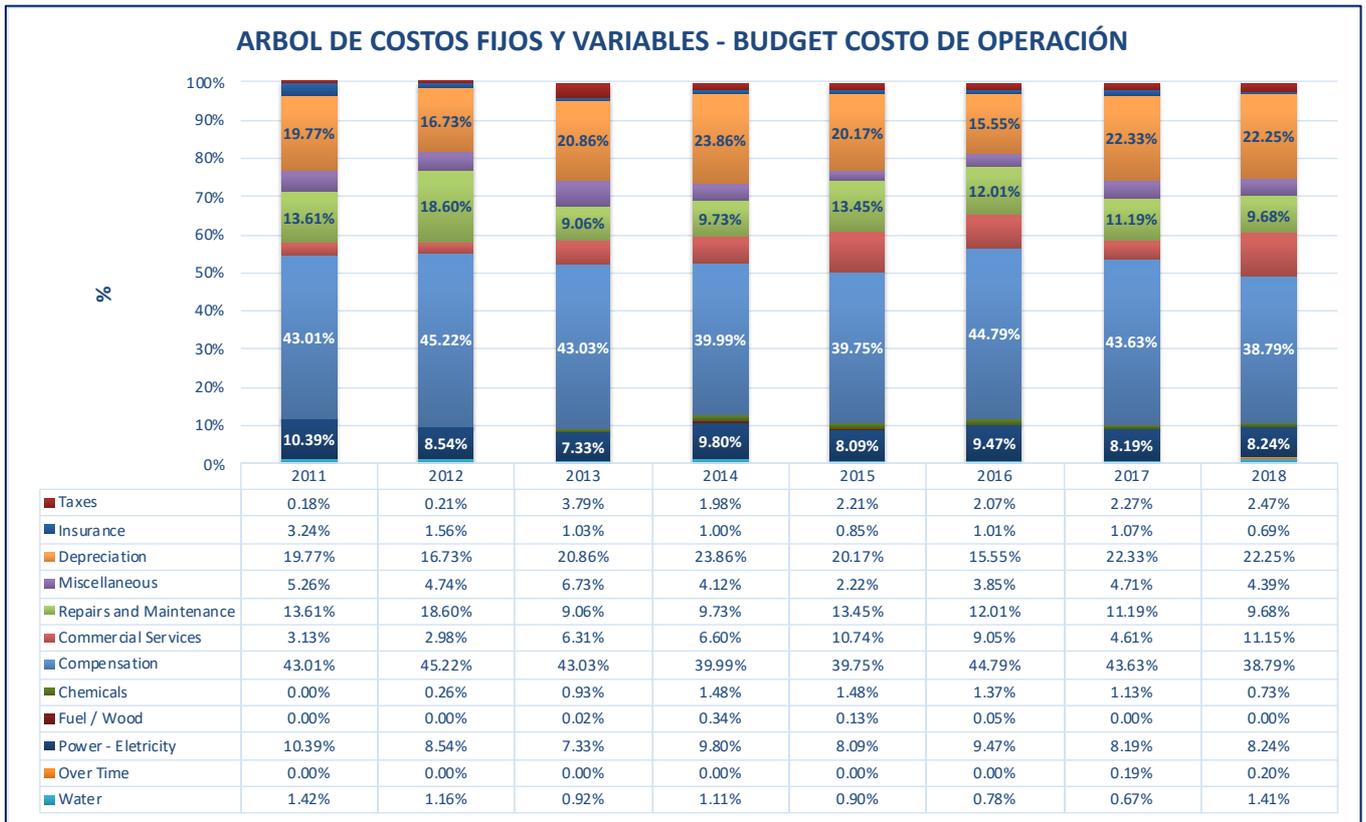


Ilustración 10: Árbol de costos fijo y variables de Opercost de planta de refinado y envasado

Ante esta situación y como analista encargado de los suministros de planta y de mejorar la eficiencia de los contratos y servicios brindado por terceros, decidí someter el suministro de energía a evaluación e implementación de un proyecto de mejora basado en la metodología Lean Six Sigma aplicando la herramienta DMAIC.

Primero, se realizó un análisis de causa-efecto a través de un diagrama de Ishikawa; diagrama que se muestra a continuación luego de efectuar reuniones con el equipo de producción donde se lograron agrupar algunas de principales las causas:

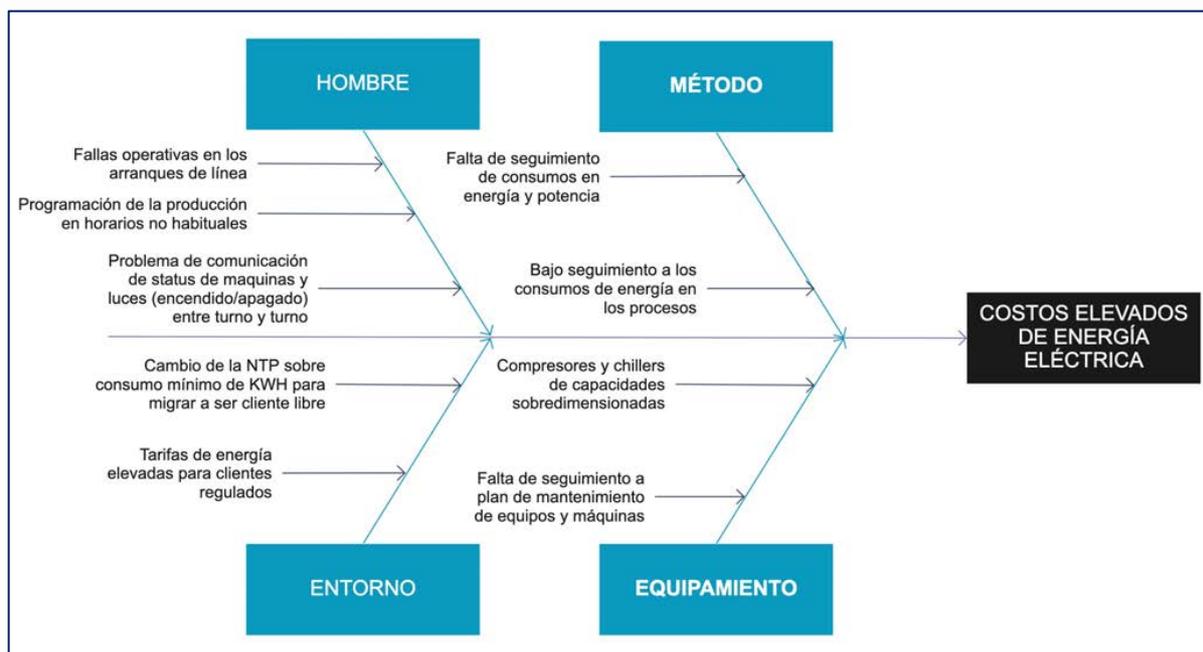


Ilustración 11: Diagrama Ishikawa del proyecto

Adicionalmente se realizó una matriz con los principales CTQ's (Necesidades críticas de Calidad) para aterrizar las variables vinculadas al proceso.

Tabla 4: Matriz de la Voz del Cliente del Proyecto

MATRIZ LA VOZ DEL CLIENTE				
Cliente	VOC (Voz del Cliente) / QUEJAS	Característica de Calidad / Problema Clave	CTQ's Necesidades	Medición /Indicador
Interno	La energía es muy cara	La eficiencia de la línea de producción está por debajo de la estándar.	Mejorar la eficiencia de la línea en KWH/TON	Consumo mensual en energía
		Las máquinas con fallas o falta de mantenimiento consumen más energía	Seguimiento al cumplimiento del plan de mantenimiento anual	% de Cumplimiento
Externo	El producto es muy caro	El consumo de energía está por encima del estándar	Disminuir el consumo en KWH y renegociar las tarifas.	Costo Mensual en energía

Por otro lado, se construyó una matriz basada en el Diagrama de Pareto con los datos estadísticos del opercost desde el 2011 al 2018 de los costos variables y fijos respectivamente, con la finalidad de identificar el 20% de las causas que impactan en el 80% de las fallas en el control energético.

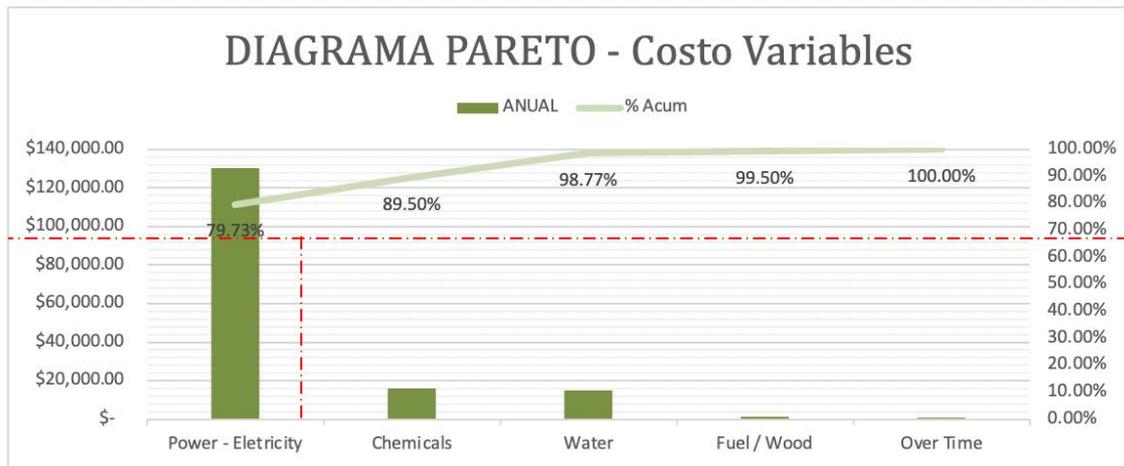


Ilustración 12: Diagrama Pareto de Costos Variables

Del gráfico podemos inferir que de los costos variables del opertcost de planta casi el 80% se concentra en la variable de Energía Eléctrica. Por otro lado, notamos que en la gráfica de costos fijos notamos que el 80% del costo se acumulan en las variables de Compensaciones (remuneraciones), Depreciación y Gastos de Mantenimiento y Reparaciones; sin embargo, las dos primeras variables no dependen del área de producción, mantenimiento o suministros netamente y la tercera no es representativa.

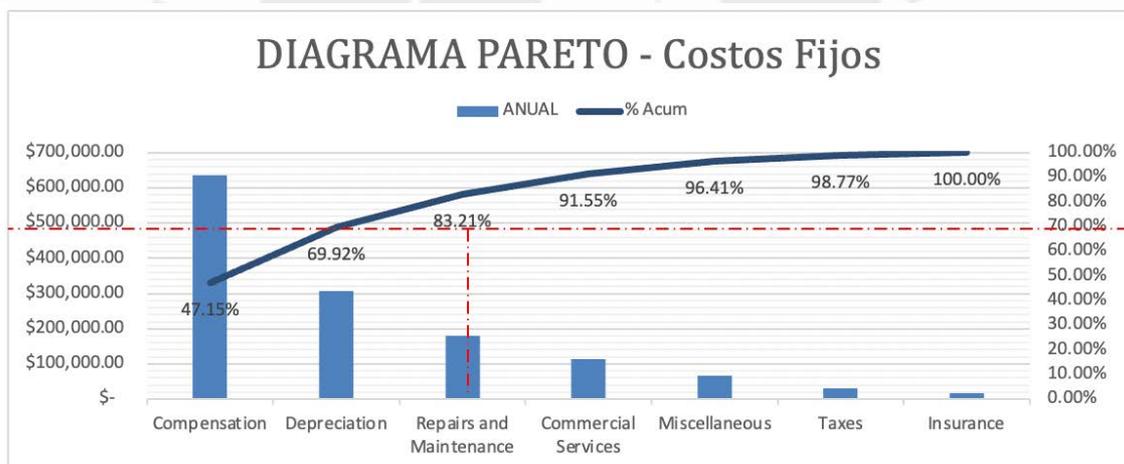


Ilustración 13: Diagrama Pareto de Costos Fijos

En base a ello se determinó, que siendo el problema principal el costo de energía eléctrica, que se establezca como principal objetivo, que el costo de este no supere el 5% del costo mensual, equivalente a 25,000.00 PEN mensuales. Así como mejorar la eficiencia en línea de la planta en relación al consumo de energía como consecuencia del primer objetivo.

Una vez identificado el problema, establecida la meta objetivo y conformado el proyecto en la empresa, se procedió a validar cualitativamente y cuantitativamente cada una de las causas descritas en el diagrama para así establecer un plan de acción.

- Herramientas empleadas:
 - Correlación y regresión múltiple
 - ANOVA
 - Pruebas de hipótesis
 - Diseño de experimentos (DOE)

Este desarrollo se mostrará en el siguiente capítulo.



CAPÍTULO 4. PROYECTO EJECUTADO

En este capítulo se describirá el proyecto ejecutado por etapas y el conjunto de decisiones adoptadas para llegar al objetivo del proyecto.

Antes que todo se decidió formar el equipo trabajo con los principales actores con sus principales roles a través de la matriz RACI (Matriz de responsabilidades: Responsable, Aprobador, Consultado e Informado).

Tabla 5: Matriz de Responsabilidades RACI

MATRIZ DE REPONSABILIDADES - RACI					
Nº	Miembro del Equipo	Cargo	Rol	Contribución	Etapa del Proyecto
1	Gerson Jaime	Encargado de Suministros	Lider del Proyecto	Guia del proyecto según metodología Lean Six Sigma	Todas
2	Robert Garcia	Gerente de Producción	Dueño del Proceso	Conocimiento del proceso y apoyo	Todas
3	Bladimir Lopez	Jefe de Mantenimiento	Dueño del Proceso	Conocimiento del proceso y apoyo	Todas
4	Agustin Guevara	Gerente General	Sponsor	Aprobación del inicio y fin del proyecto	Inicio / Fin
5	Rosa Bohorquez	Jefe de Planificación	Dueño del Proceso	Conocimiento del proceso y apoyo	Todas
6	Oscar Torres	Gerente Comercial	Team Member	Apoyo y consultor	Todas

4.1 Fase Definir:

En esta etapa del proyecto se definió el objetivo del mismo y su relación con las necesidades de los clientes, los KPIs existentes y misión/visión de la compañía. Además, se establecieron las hipótesis, límites de control, restricciones y condiciones de éxito.

Con los antecedentes presentados en capítulos anteriores se decidió analizar si efectivamente existían alternativas de mejora que nos permitieran reducir el impacto económico de los altos costos operativos en los que venía incurriendo la compañía, pero para ello se debía determinar cuáles eran estos costos y a qué nivel se podrían mitigar para poder desarrollar productos más competentes en el mercado.

Como parte de las medidas de mejora continua en las reuniones mensuales de costos realizadas con todo el equipo comercial y de producción se decidió realizar en una de ellas un análisis de causa-efecto a través del diagrama de Ishikawa presentado en el capítulo anterior y se logró determinar que con el

problema principal que era el elevado precio que se pagaba por concepto de energía llevaba consigo otros problemas ocultos relacionados con el consumo energético. Uno de ellos era el constante problema de comunicación entre los supervisores de producción entre turno y turno, lo que ocasionaba el constante apagado de todas las máquinas al finalizar cada turno por “seguridad” o “comodidad” en lugar de colocarlas en modo reposo y esperar al siguiente supervisor para hacer el relevo. Esto ocasionaba que las máquinas en cada arranque consuman 3 veces más la potencia que se podía consumir en un solo día.

Otra de la problemática era el desconocimiento por parte del área de mantenimiento sobre los consumos en horas punta y fuera de punta de la planta. La falta de seguimiento y registros de los consumos por cada máquina, fecha y hora, lo que imposibilitaba un poco se levante la información para llevar a cabo el proyecto. El escaso seguimiento y monitoreo que se le realizaba al plan de mantenimiento anual de las máquinas, que generalmente se realizaban extemporáneamente, lo que ocasionaba una deficiente performance de las máquinas y un mayor consumo de energía por las constantes paradas y arranques por falta de calibración o cambio de repuestos.

Por otro lado, se mencionó en la reunión como descargo del área de mantenimiento el sobre dimensionamiento de algunos compresores y chillers dentro de planta como consecuencia de un plan de expansión de la capacidad de producción que nunca se llevó a cabo por las condiciones de mercado y las elevadas tarifas que se venían pagando por el concepto de energía y potencia en comparación con otras compañías.

Adicionalmente a la matriz de responsabilidades RACI se realizó la matriz de grupos de interés para determinar el apoyo o resistencia de los miembros del equipo y establecer estrategias con cada uno.

Tabla 6: Matriz de Grupos de Interés

MATRIZ DE GRUPO DE INTERÉS						
GRUPO DE INTERÉS	IMPACTO DEL CAMBIO	MENTALIDAD	APOYO	PROBLEMAS / RESISTENCIAS ESPERADAS	INTERES	ESTRATEGIAS A IMPLEMENTAR
Directorio	Disminución en costos	Mejora Continua	Compromiso con el cambio	Resultados inesperados	Mejoras en el Opercost	Uso de argumentos lógicos y evidencias con el de demostrar que la petición actual es viable
Gerencia de Producción	Incremento en la eficiencia de línea	Liderazgo	Compromiso con las capacitaciones	Fracaso en la adaptación	Mejora de eficiencia de línea	Comunicación / Empoderamiento / Mejorar el proceso
Jefe de Mantenimiento	Mejora en eficiencia de máquinas	Proactividad	Supervisión continua	Falta de personal	Incremento en la productividad de área	Comunicación
Operarios	Reformulación de funciones	Cambios	Evitar errores	Rechazo al cambio	Mejores índices de productividad	Uso de valores con el fin de despertar el entusiasmo y la participación proactiva
Proveedor de Energía	Mejora del servicio	Servicio de alta calidad	Capacitación continua	Resistencia	Mejora en la satisfacción del cliente	Acuerdos de Nivel de Servicio
Clientes externos	Disminución en precios	Producto competitivo	Aumento de satisfacción	Mala calidad	Mejora en la calidad del producto	Focus group, encuestas, entre otras dirigidas a conocer la percepción de los clientes

Como se pudo observar y haciendo referencia a la matriz de la voz del cliente donde se aprecia la variable principal a controlar: el costo mensual por KWH. El costo por concepto de energía era registrado por la jefe de planificación quien llevaba el registro de todos los costos Opercost de la planta mes a mes.

4.2 Fase Medir

En esta fase se debe conocer el desempeño del proceso antes de aplicar el proyecto de mejora, para lo cual se midió la variable a controlar en el proceso que viene a ser el costo mensual en consumo de energía.

Para ello se realizó la prueba de normalidad de Anderson-Darling por la cantidad de datos analizados mes a mes según los recibos de luz desde el 2014 (>50), se empleó el software Minitab 19 para el análisis estadístico y el resultado se muestra a continuación (Ver ilustración 14):

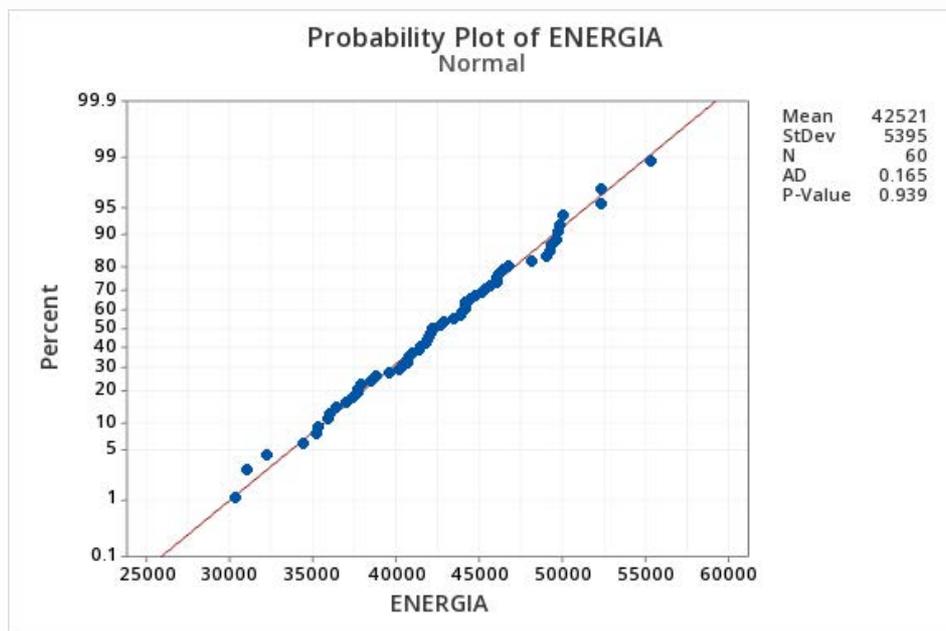


Ilustración 14: Prueba de normalidad de la variable de Costos de Energía

Se evidencia que la variable de costos de energía tiene un comportamiento normal a través del p-value mayor a 0.05 con un 95% de nivel de confianza. Por otro lado, se evidencia alta variabilidad ya que la desviación estándar representa casi el 13% de la media.

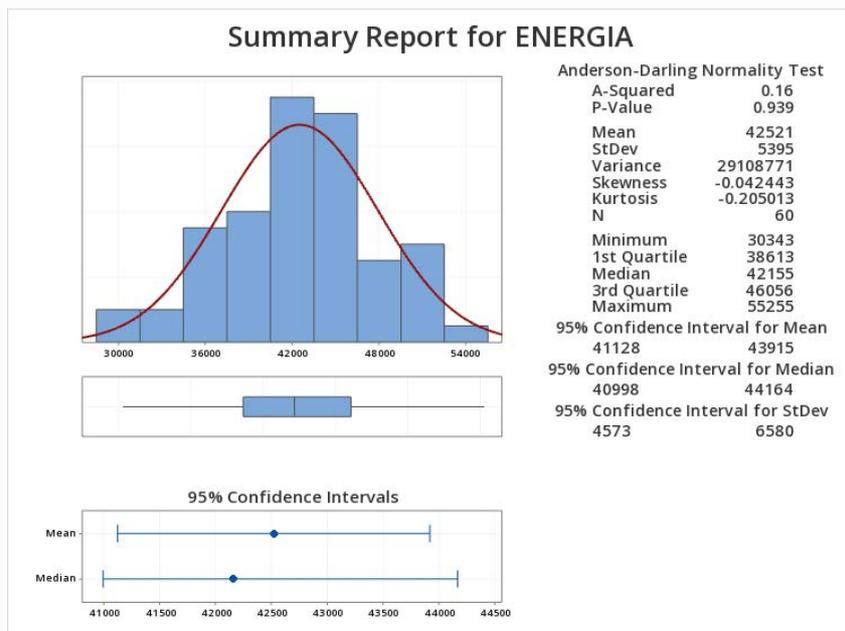


Ilustración 15: Prueba de normalidad completa de la variable Costos de Energía

Como meta, la gerencia propuso llegar a 25,000.00 PEN como histórico de consumo en años anteriores con volúmenes de producción similares o mayores. Para ello, se realizó el análisis de capacidad de proceso que se muestra a continuación (ver ilustración 16):

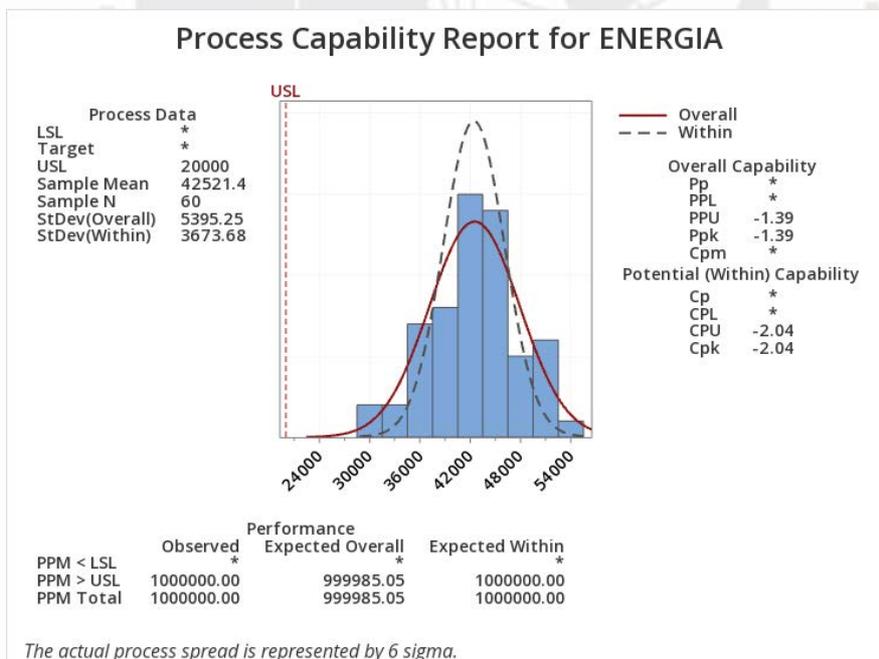


Ilustración 16: Informe de capacidad del proceso de la variable Costos de Energía

Se evidencia que la variable está lejos de llegar a cumplir los 20K PEN mensuales y el Cpk y Ppk están por debajo del 1.33 esperado, es decir el proceso

no es capaz. Ante el interés y presión de las gerencias por controlar y reducir estos costos mostrados en la primera reunión de costos, se optó por emplear Quickwins para reducir parcialmente estos costos a partir de enero del 2019. Se empleó la matriz de Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) plasmados en un Diagrama de Pescado para determinar las acciones inmediatas.

4.3 Fase Analizar

En esta fase del proyecto se determinaron las variables del proceso que tienen impacto positivo. Se analizaron varias causas y se aceptaron o rechazaron de acuerdo a su correlación con el KPI del área de mantenimiento. Para ello se realizó un análisis a través de la matriz AMFE que se muestra a continuación, muchas de las causas probables identificadas coincidían con la falta de control y capacitación durante los cambios de turno que se aprecia en el diagrama de Ishikawa.



Tabla 7: Análisis de modos y efectos de falla FMEA

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (FMEA)										
Nombre del Control de Consumo de Energía		Equipo del proceso: PRODUCCIÓN				Elaborado por: GJP				
						PFMEA Fecha:				
EVALUACIÓN FMEA DEL ESTADO ACTUAL DEL PROCESO										SEGUIMIENTO DE MEJORAS
	Fase del proceso	Modos de falla potenciales	Efectos de falla potenciales	G R A V	Causas potenciales	O C C	Controles del proceso actual	D E T	R P N	Recomendaciones
1	Producción	Apagado de máquinas al finalizar el turno.	Elevado consumo de potencia.	8	Retiro de Supervisores de producción antes de culminar el turno o tardanzas para realizar el cambio.	10	No hay control	9	720	Reunión con los supervisores sobre la importancia de NO apagar los equipos de no ser necesario e incluir la importancia de la puntualidad en el manual de buenas prácticas de producción.
2	Producción	No registrar los consumos mensuales de energía	Elevado consumo de potencia.	10	Desconocimiento de los consumos de energía y potencia en horas punta y fuera de punta.	10	No hay control	10	1000	Generar un MOC o manual de buenas prácticas para llevar un registro de consumos de energía, capacitar y auditar.
3	Mantenimiento	Chiller y compresores con capacidades sobredimensionadas	Elevado consumo de potencia.	9	Bajos volumen de producción comparado a históricos	10	No hay control	9	810	Reunión con Gerencias para adquirir nuevos equipos de menor capacidad.
4	Mantenimiento	No se registra seguimiento de fechas de plan mantenimiento anual.	Deterioro en máquinas, sobre esfuerzo y mayor consumo de potencia.	10	Malas prácticas de mantenimiento	10	Sistema MEGA de control de mantenimientos	7	700	Plan de auditoría
5	Gestión de contratos de servicios	Elevadas tarifas de energía	Elevado costo por concepto de suministro de energía.	10	Desconocimiento de las métricas de consumo y tarifas según norma técnica peruana.	10	No hay control	10	1000	Renegociar las actuales tarifas energéticas.

Para elaborar el diagrama de Ishikawa se llevaron a cabo varias reuniones de proyecto para definir las causas probables con todo el equipo de producción y gerencias (ver ilustración 17):

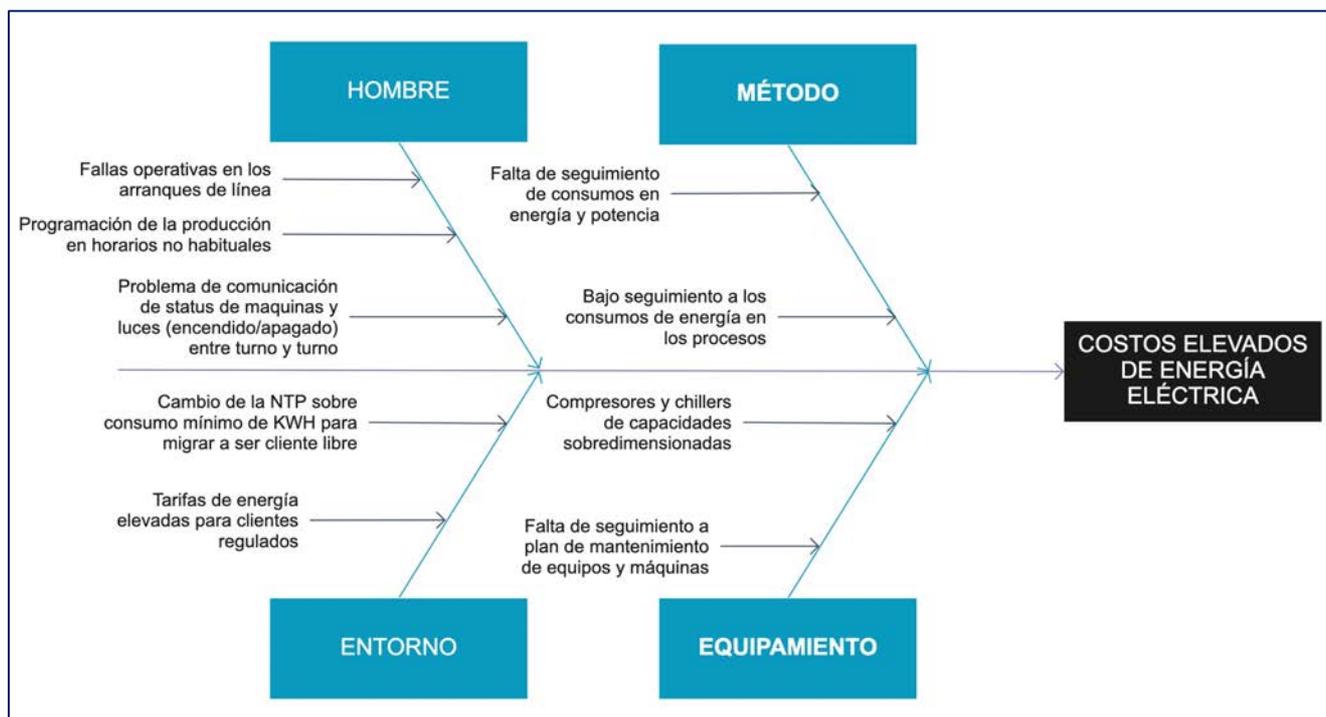


Ilustración 17: Diagrama Ishikawa del proyecto

Ambos análisis nos permitieron determinar las acciones inmediatas a adoptar para poder controlar el elevado consumo y costo en energía que se venía pagando, ya que estos impactaban directamente al opercost de la planta y que iban inyectados directo al costo del producto. El detalle de los Quickwins se detalla a continuación (ver tabla 8):

Tabla 8 : Quick Wins del proyecto

Nº	QUICK WIN	ACCIONES	RESPONSABLE	PLAZO	ESTADO	RESULTADO	¿QUÉ ESPERAMOS?	¿QUÉ OBTUVIMOS?
1	Renegociar tarifas de suministro de energía	Licitación en mercado libre de generación de energía eléctrica por superar los 200KW de consumo anual	Gerson Jaime	31/12/18	Realizado	Nuevas tarifas competitivas con un ahorro del 33%	Reducir drásticamente las tarifas actuales a través de la libre competencia en mercado según el marco legal	Un contrato a largo plazo de 5 años con ENEL por el suministro libre de energía con un ahorro del 33%
2	Control de consumos de energía	Llevar un registro de los consumos mensuales de energía en hora punta y fuera de punta	Robert Garcia	31/12/18	Realizado	Determinar en qué parte del proceso se generan los desvíos	Incorporar un control de consumos de potencia y energía	Se logró determinar que la planta consumía un 60% de la demanda en HORA PUNTA y 40% en FUERA DE PUNTA
3	Capacitación a todo el personal operativo en el control de energía	Capacitar a todo el personal operativo en el sistema de medición y facturación de energía y la importancia de controlar los consumos	Bladimir Lopez	30/11/18	Realizado	Incluir el proceso en el Manual de buenas prácticas productivas	Capacitar a todo el personal en el control de consumo de energía para poder identificar los desvíos	Actualización del Manual de buenas prácticas productivas y concentrar el mayor volumen de producción en horarios fuera de punta.
4	Auditoría al plan MEGA de mantenimiento	Plan de auditoría	Diana Caycho	30/11/18	Realizado	Se determinaron inconsistencias en las fechas de programación de los mantenimientos.	Identificar los desvíos y realizar un plan de acción para ellos.	Incorporar la auditoría del plan MEGA de mantenimiento al plan de auditorías globales de Calidad para monitorear su desarrollo.
5	Capacitar al personal operativo en buenas prácticas productivas	Recordar al personal operativo las capacitaciones sobre las buenas prácticas productivas y la importancia de cumplir con los horarios de entrada y salida	Robert Garcia	30/11/18	Realizado	Registro de asistencia de capacitaciones recibidas por cada operario	Recapacitar al personal operativo en Buenas Prácticas Productivas para reducir el apagado y encendido innecesario de máquinas	Reducción de consumos de alta potencia por el constante encendido y apagado de máquinas por ausentismos.
6	Revisión del forecast de producción a largo plazo	Reunión con gerencias para evaluar el reemplazo de los equipos Chiller y Compresores sobredimensionados	Bladimir Lopez	31/12/18	Realizado	No se obtuvo una respuesta concreta de gerencias sobre la proyección de producción y ventas	Obtener una respuesta de gerencia sobre la proyección del volumen de producción para mantener los equipos o reemplazarlos por otros de menor capacidad.	NO se logró determinar si se mantienen los equipos o se evalúa su reemplazo debido a la volatilidad del mercado.

El resultado inmediato de los 6 Quickwins fue una reducción radical del consumo mensual de energía de 42,521.42 PEN a 19,213.47 PEN, casi el 55% de ahorro mensual. Esto se deberá controlar mensualmente como se muestra en la siguiente ilustración:

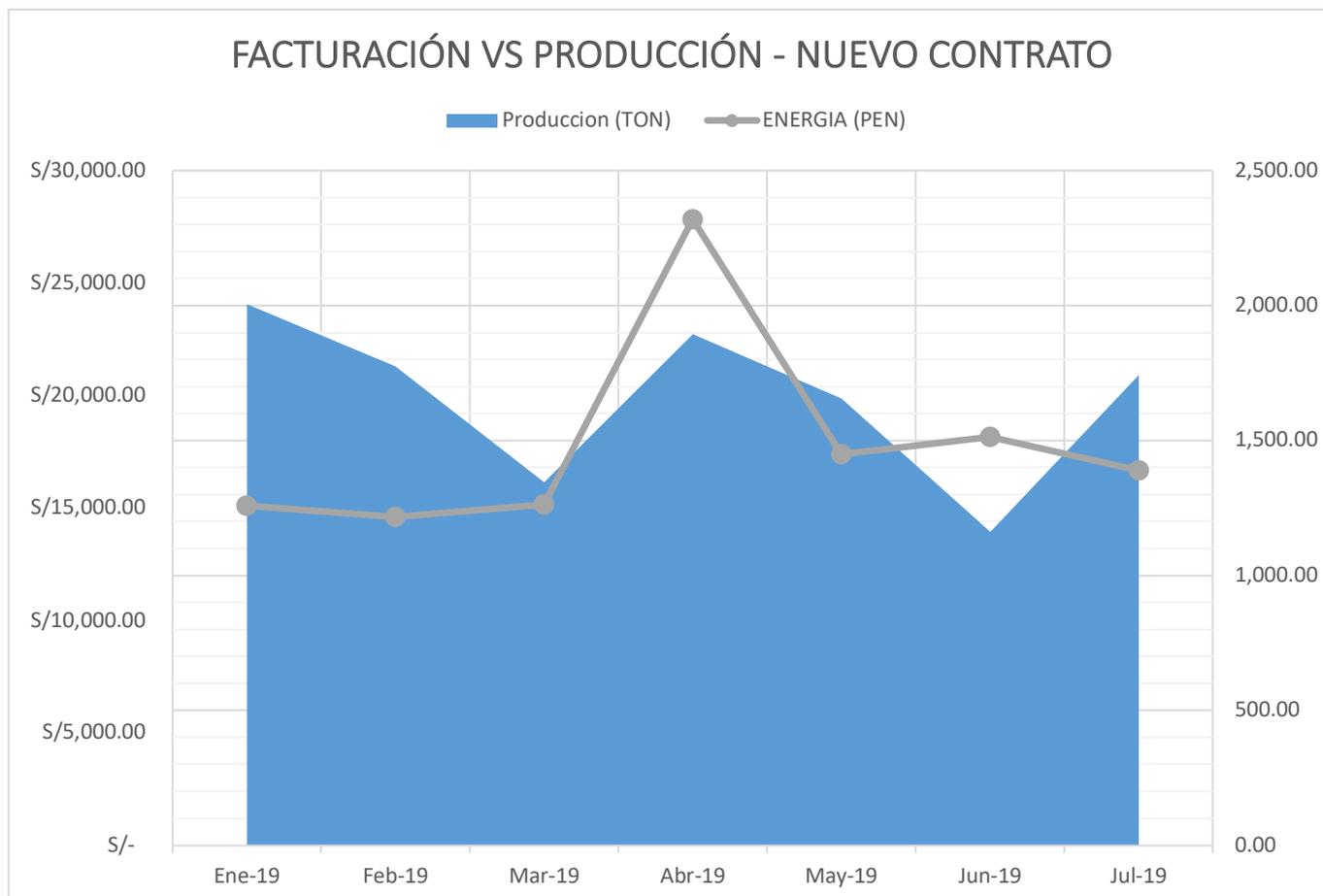


Ilustración 18: Gráfico combinado de Facturación de Energía vs Toneladas de Producción – Nuevo Contrato

Se evidencia una mejora inmediata en los costos mensuales asumidos por la planta por el concepto de energía debido a medidas adoptadas. Sin embargo, aún está distante de solucionar el problema, ya que en el mes de ABRIL se evidenció un pico de consumo que debe ser analizado.

A continuación, se procederá a validar cada causa descrita en el diagrama de Ishikawa.

4.3.1 Validación de causa Cambio de la NTP sobre consumo mínimo de KWH para migrar a ser cliente libre y Tarifas de energía elevadas para clientes regulados.

Cómo se demostró en el capítulo anterior debido a la alta presión de gerencia por reducir drásticamente los costos en energía para impactar al opercost en el precio final del producto se optó por renegociar el contrato por el suministro de energía de cliente regulado a cliente libre debido al consumo anual de la planta (200 KWH) y al cambio en la NTP sobre el consumo mínimo para solicitar el cambio. Sin embargo, a pesar de que las nuevas tarifas licitadas en concurso tuvieron un impacto drástico y positivo en la búsqueda de la reducción de costos de energía, se decidió realizar una evaluación ANOVA de tarifas desde la fecha del nuevo contrato, cada uno con diferentes regulaciones.

Se obtuvo como resultado que con un p-value < 0.05 se asume que las varianzas no son iguales:

Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	8	24077.5	99.15%	24077.5	3009.69	2487.89	0.000
Error	171	206.9	0.85%	206.9	1.21		
Total	179	24284.4	100.00%				

Ilustración 19: Análisis de Varianza de prueba Anova de Tarifas de Energía

Podemos inferir que la tarifa de mayor impacto es la de Peaje de Conexión al Sistema Principal de Transmisión, Potencia en Hora Punta de Generación y Peaje de Distribución de Potencia en Hora Punta por lo que enfocaremos nuestro análisis en esas principales tarifas.

Means					Grouping Information Using the Tukey Method			
Factor	N	Mean	StDev	95% CI	Factor	N	Mean	Grouping
Energía Generación Horas Fuera	20	0.105790	0.001159	(-0.379681, 0.591261)	Peaje Conexión al Sistema Princ	20	34.761	A
Energía Generación Horas Punta	20	0.111855	0.001223	(-0.373616, 0.597326)	Potencia Horas Punta Generación	20	20.8260	B
Energía Reactiva	20	0.040885	0.000421	(-0.444586, 0.526356)	Peaje Distribución Potencia Hor	20	10.7425	C
Peaje Conexión al Sistema Princ	20	34.761	3.290	(34.276, 35.246)	Peaje Distribución Potencia H_1	20	9.5580	D
Peaje Distribución Potencia Hor	20	10.7425	0.1830	(10.2570, 11.2280)	Energía Generación Horas Punta	20	0.111855	E
Peaje Distribución Potencia H_1	20	9.5580	0.1635	(9.0725, 10.0435)	Energía Generación Horas Fuera	20	0.105790	E
Peaje Transmisión Energía Horas	20	0.020984	0.003646	(-0.464487, 0.506454)	Energía Reactiva	20	0.040885	E
Peaje Transmisión Energía Hor_1	20	0.020984	0.003646	(-0.464487, 0.506454)	Peaje Transmisión Energía Hor_1	20	0.020984	E
Potencia Horas Punta Generación	20	20.8260	0.0800	(20.3405, 21.3115)	Peaje Transmisión Energía Horas	20	0.020984	E

Pooled StDev = 1.09988

Means that do not share a letter are significantly different.

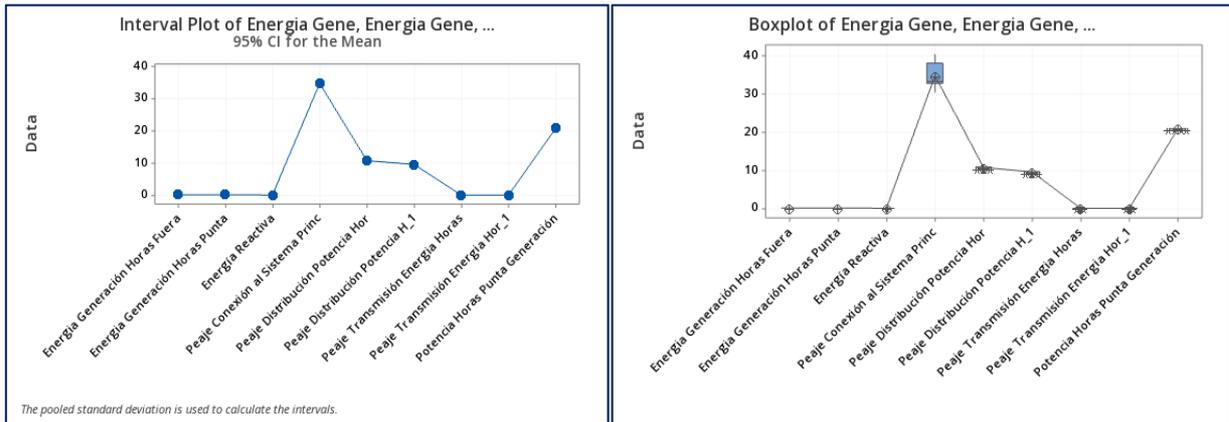


Ilustración 20: ANOVA de tarifas de energía de nuevo contrato

4.3.2 Validación de causa Falta de seguimiento de consumos en energía y potencia y Programación de la producción en horarios no habituales.

Se realizó el análisis para determinar la relación entre el Costo de Energía, la cantidad de toneladas producidas, los días de producción al mes y los días producidos en HORA PUNTA (De 6 pm a 11 pm para energía y De 6 pm a 8 pm para potencia). La correlación de las variables mostró que el Costo de Energía no estaba directamente relacionado con las toneladas producidas, mientras que la cantidad de días producidos al mes sí lo estaba, y más aún la cantidad de días producidos en hora punta. Esto se deba quizá a una diferencia tarifaria o días de mayor concentración de volumen de producción, como se observa en el siguiente gráfico, con un p-value muy pequeño las variables DIAS PRODUCIDOS EN HP y DIAS PRODUCIDOS están muy relacionadas a la variable ENERGÍA (PEN) a diferencia de las otras.

Pairwise Pearson Correlations

Sample 1	Sample 2	N	Correlation	95% CI for p	P-Value
Produccion (TON)	ENERGIA (PEN)	20	0.293	(-0.172, 0.651)	0.210
DIAS PRODUCIDOS EN HP	ENERGIA (PEN)	20	0.722	(0.410, 0.882)	0.000
DIAS PRODUCIDOS	ENERGIA (PEN)	20	0.840	(0.632, 0.935)	0.000
DIAS PRODUCIDOS EN HP	Produccion (TON)	20	0.344	(-0.117, 0.682)	0.138
DIAS PRODUCIDOS	Produccion (TON)	20	0.348	(-0.112, 0.685)	0.133
DIAS PRODUCIDOS	DIAS PRODUCIDOS EN HP	20	0.748	(0.456, 0.894)	0.000

Ilustración 21: Análisis de correlación de Pearson de las variables

La regresión mostró que las variables de días de producción y días de producción en HORA PUNTA explican un 72.5% de la variación del costo en Energía, lo cual nos lleva a sospechar que el mayor impacto del costo de energía se da por la producción en horas punta y en la cantidad de días producidos programados.

Response is ENERGIA (PEN)

Vars	R-Sq	R-Sq (adj)	R-Sq (pred)	Mallows	Cp	S S P)
1	70.5	68.8	44.4	1.2	1596.1	X
1	52.1	49.4	31.9	11.9	2033.5	X
2	72.5	69.3	37.5	2.0	1585.6	X X
2	70.5	67.0	41.1	3.2	1642.3	X X
3	72.5	67.4	33.7	4.0	1633.5	X X X

Ilustración 22: Regresión lineal de las variables

4.3.3 Validación de causa Fallas operativas en los arranques de línea y Problema de comunicación de status de maquinas y luces (encendido / apagado) entre turno y turno.

En una de las reuniones de costos se mencionó una inquietud por parte del jefe de mantenimiento que durante los cambios de turno de supervisor a supervisor por las constantes tardanzas y apagado/encendido de máquinas se generaban desprogramaciones y descalibraciones en los sistemas de bombas, sopladoras, llenadoras, empaquetadoras y brazos robot. Esto a su vez generaban un elevado consumo de potencia para el arranque y calibración de línea. Para evaluar el mayor impacto se decidió registrar y evaluar las tardanzas de los 3 supervisores a lo largo del 2019, cabe mencionar que los 3 supervisores rotan semana a semana en los turnos de mañana (De 7 a.m. a 3 p.m.), tarde (De 3 p.m. a 11 p.m.) y noche (De 11 p.m. a 7 a.m.); donde el turno tarde es el que coincide con las horas punta (de 6 p.m. a 11 p.m. para energía y de 6 p.m. a 8 p.m. para potencia) y donde se producen las mayores cantidades de lecturas en barra para determinar los consumos mensuales del distribuidor de energía.

Se realizó un análisis estadístico de esta situación a través de un diseño de experimento de 3 factores 2³ en Minitab:

A: Supervisor Julio Mendoza

B: Supervisor Alex Castillo

C: Supervisor Jimmy Mendoza

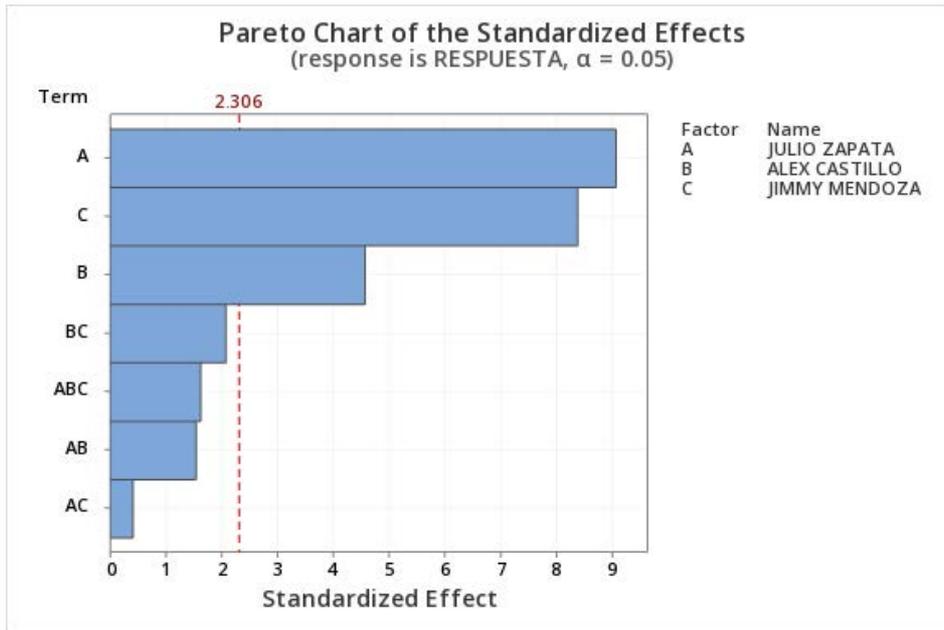


Ilustración 23: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados DOE

En el gráfico de efectos estandarizados nos arroja que todos los factores tienen relevancia de manera individual y pasan la línea mínima de efecto; es decir, que no hay interacción relevante entre los factores, salvo la de BC que casi llega a ser significativa.

En el siguiente gráfico se evidencia que, tanto el supervisor Julio Zapata y el supervisor Jimmy Mendoza, representan un mayor efecto sobre el costo de energía por llegar tarde a sus respectivos turnos de trabajo (-1) como cuando llegan a tiempo (+1), por lo que se deberá implementar un plan de trabajo y especial atención sobre ellos. En contraste, el supervisor Alex Castillo es el que menor impacto genera con sus tardanzas en el costo de energía.

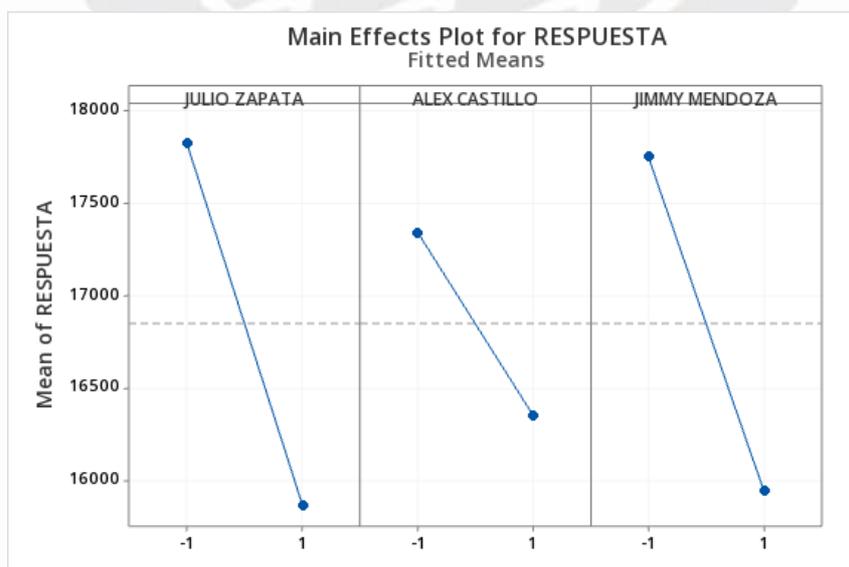


Ilustración 24: Gráfico de efectos principales

Finalmente, en la siguiente gráfica de interacciones como se mencionó no hay interacción significativa para afirmar que las tardanzas o cambios de turnos influyen en los costos de energía, solo se trata de un mal hábito que, si bien no resulta muy objetivo, se debe corregir para evitar desvíos.



Ilustración 25: Gráfica de interacciones

Para ello, se acordó con el área de Calidad que durante las charlas y capacitaciones mensuales de BPM (Buenas Prácticas de Manufactura) y Plan HACCP (Análisis de peligros y puntos críticos de control) se incluyan como puntos críticos la puntualidad y el cumplimiento de las recomendaciones de limpieza y mantenimiento de máquinas durante los cambios de turnos.

4.4 Fase Mejorar

El objetivo de esta fase es determinar medidas de mejora a cada causa previamente validada.

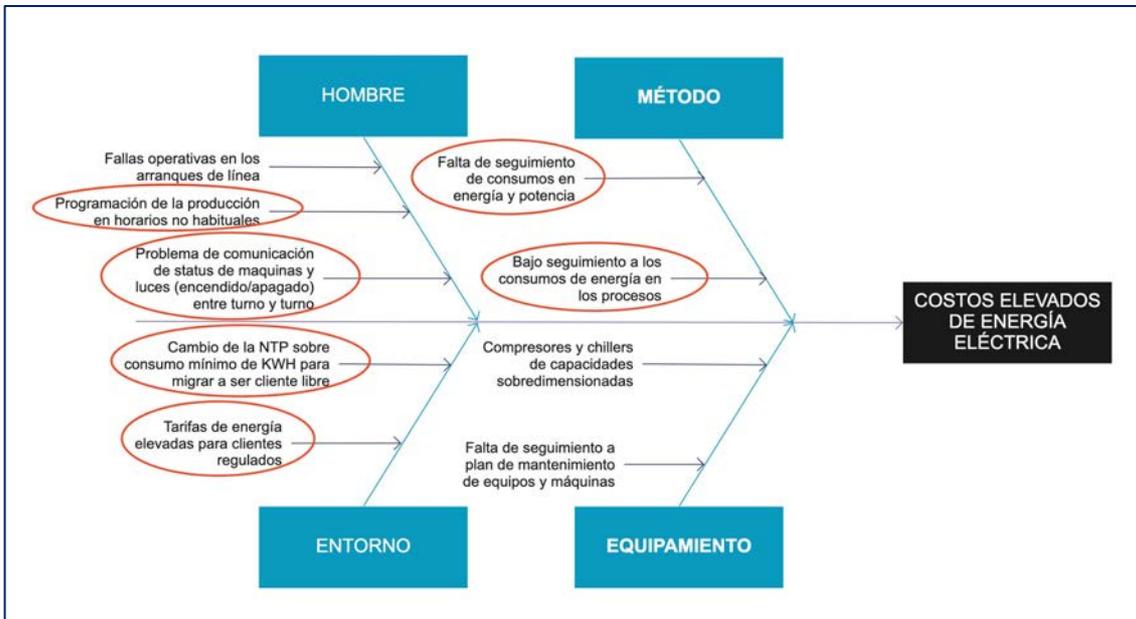


Ilustración 26 : Diagrama Ishikawa analizado del proyecto

4.4.1 Causa Validada: Cambio de la NTP sobre consumo mínimo de KWH para migrar a ser cliente libre y Tarifas de energía elevadas para clientes regulados.

Cómo se evidenció se tuvieron que tomar medidas drásticas respecto a la programación de producción en HORAS PUNTA, debido al alto impacto que tienen las tarifas de Peaje de Conexión al Sistema Principal de Transmisión, Potencia en Hora Punta de Generación y Peaje de Distribución de Potencia en Hora Punta. Para ello, se demostró estadísticamente a directorio y gerencias que el alto costo por concepto de energía no estaba directamente relacionado al alto volumen de producción sino a las tarifas y horarios de concentración de la producción. Con el visto bueno del directorio se desarrolló el plan de licitación a sobre cerrado por el abastecimiento de energía desde la generación migrando de cliente regular a cliente libre ante OSINERGMIN, como se mencionó en líneas anteriores la compañía cumplía con el requisito mínimo de sobrepasar los 200KW de consumo de potencia anual. Durante la licitación se convocaron a compañías generadoras como ENGIE, ENEL, KALLPA, VOLCAN y ELECTRICA SANTA ROSA, dando como resultado un contrato por 5 años con la empresa ENEL por el abastecimiento de energía eléctrica desde la generación como clientes libres.

4.4.2 Causa Validada: Falta de seguimiento de consumos en energía y potencia y Programación de la producción en horarios no habituales.

Se desarrolló una plantilla para llevar el registro de consumos históricos a través de los reportes mensuales enviados por la empresa ENEL ganadora de la licitación concurso de abastecimiento de energía como empresa generadora para adoptar medidas correctivas de ser el caso. Este seguimiento y control deberá ser responsabilidad del jefe de mantenimiento.

Por otro lado, se incluyó la restricción de evitar concentrar el mayor volumen de producción en HORAS PUNTA en el manual de planificación y programación de la producción de la jefatura de planificación, siendo responsabilidad absoluta del gerente de planta la aprobación de producción en el rango de esas horas. Se evidenció en el análisis que la producción de 1 mes en máximo volumen en TON concentrada en las horas FUERA de punta tiene el mismo costo de consumo de energía que 1 mes con el mínimo volumen de TON producidas en HORA PUNTA.

Además, se difundieron boletines informativos vía e-mail sobre esta restricción a todas las áreas relacionadas a cadena de producción para realizar las coordinaciones respectivas ante cualquier urgencia.

4.4.3 Causa Validada: Fallas operativas en los arranques de línea y Problema de comunicación de status de máquinas y luces (encendido / apagado) entre turno y turno.

Se demostró que no existía un efecto entre las interacciones de los supervisores al llegar tarde a sus respectivos turnos de trabajo. No obstante, el efecto individual que cada uno genera con sus tardanzas a su respectivo turno de trabajo generaba el mayor impacto en el costo de consumo de energía. Para ello se hizo un recordatorio al personal operativo sobre la capacitación recibida en Buenas Prácticas de Manufactura y manual HACCP sobre la importancia de la puntualidad y se agregó el efecto que tenía ésta sobre el consumo de energía.

Todas las medidas mencionadas se efectuaron luego de iniciado el contrato, entre julio y diciembre del 2019. Sin embargo, cómo se indicó al inicio del proyecto se fueron ejecutando QuickWins y observando el desarrollo y mejora del proyecto. Para validar esto se realizó una prueba t de 2 muestras comparando el primer semestre del año 2019 y el del 2020. La variable comparada fue el costo de consumo de energía mensual.

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
0.71	5	0.510

Descriptive Statistics: ENERGIA (PEN)

SEMESTRE	N	Mean	StDev	SE Mean
1	6	18038	5007	2044
2	6	16555	1093	446

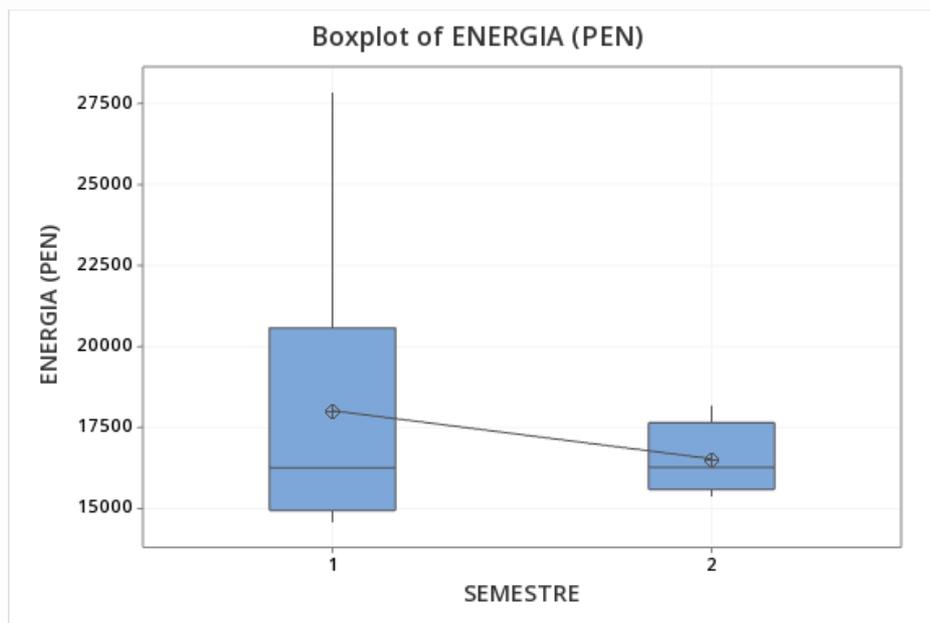


Ilustración 27: Prueba t de dos muestras de los costos de energía del primer semestre del 2018 vs el primer semestre del 2019

Como se puede evidenciar en el gráfico de cajas, existe una notable disminución en los costos asumidos por el concepto de consumo energético aún cuando se habían re negociado las tarifas como cliente libre en el 2018 como parte de mis funciones como encargado de la contratación de nuevos proveedores, gestión de proveedores y lider del proyecto. Lo cual se traduce a un costo mensual promedio de 16,555.00 PEN.

Analizando el gráfico total desde la toma de datos tenemos la siguiente curva de comparación de costos por consumo de energía versus las toneladas producidas:

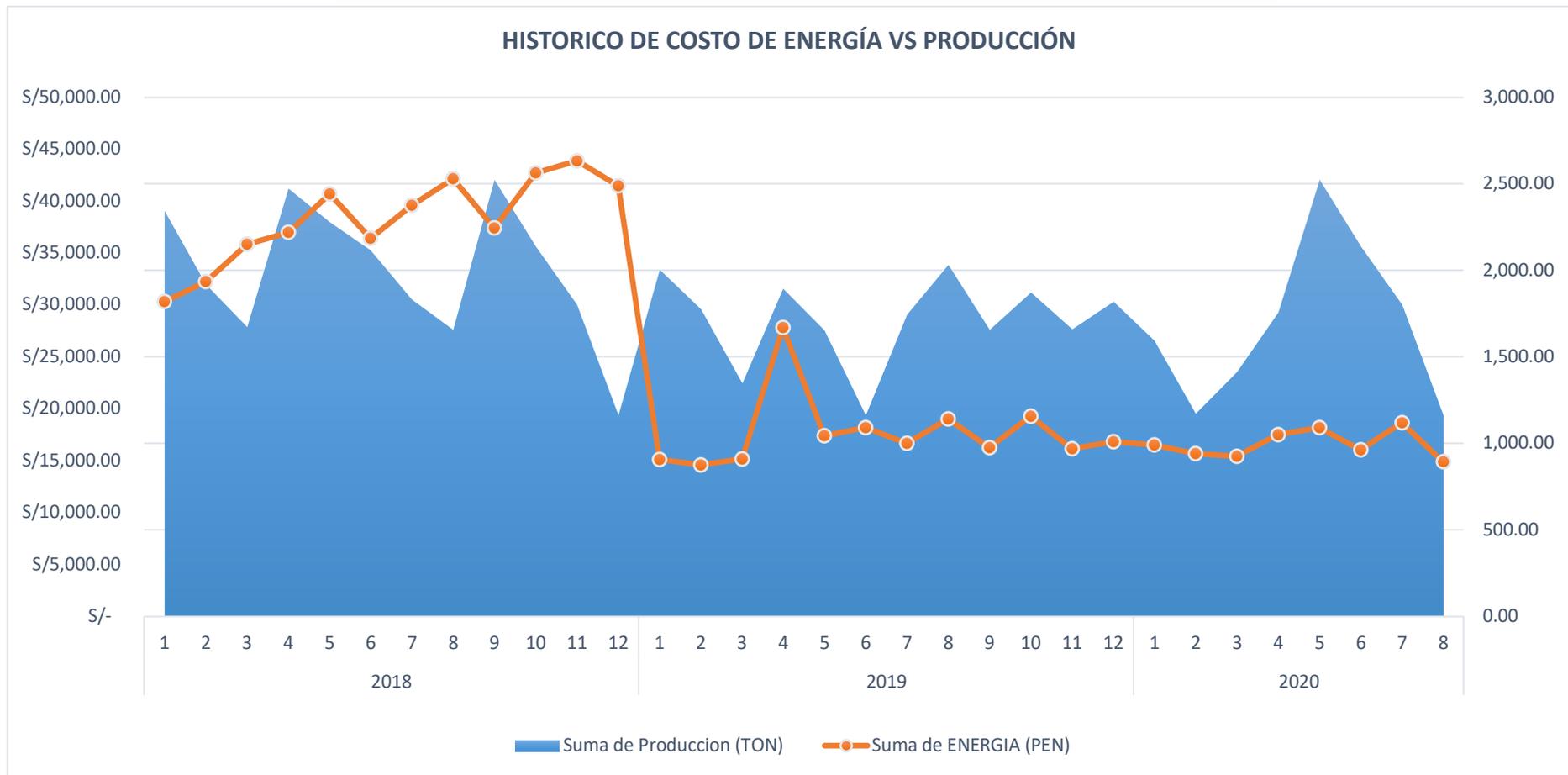


Ilustración 28: Gráfico combinado de Histórico de Costo de Energía vs Toneladas de Producción – Nuevo Contrato

Como se observa en la ilustración 28, se logró estandarizar el consumo y el costo en energía y se demostró que no estaba directamente relacionado al volumen de producción. Los costos en energía pasaron de ser 510,256.92 PEN anuales a ser 198,660.00 PEN anuales, lo que a la larga representa un ahorro bruto por la duración del contrato (5 años) de 1'557,984.60 PEN.

Estos resultados, como líder del proyecto, se comunicaron a las gerencias respectivas y se transmitieron a las demás áreas involucradas satisfechas por los resultados obtenidos y comprometidos a respetar y apoyar las medidas adoptadas desde la negociación de las nuevas tarifas de facturación hasta la reducción del consumo de energía gracias a los cambios en los turnos de producción y sus respectivas capacitaciones.

Cabe mencionar que como líder del proyecto fui responsable de la gestión y monitoreo de cada fase y etapa del mismo, en coordinación con otras áreas se establecieron fechas de entrega según diagrama de Gantt que se detalla más adelante. Dentro de los entregables se solicitaron cambios en el plan HACCP que incluya la capacitación en la gestión de consumos de recursos renovables con el apoyo del área de SSOMA, incluir dentro de los KPIs de mantenimiento el control de consumos energéticos y sus respectivos planes de acción preventivos y correctivos ante cualquier desviación,

Por otro lado, se establecieron auditorías inopinadas al área de mantenimiento para verificar el cumplimiento de los mantenimientos programados según programación MEGA y con el apoyo del área de Calidad se determinó que todos estaban dentro de lo programado según plan anual.

4.5 Fase Controlar:

En esta fase debemos asegurarnos de sostener las mejoras obtenidas con el proyecto, para ello debemos adoptar medidas que nos permitan mantener los resultados y supervisar a las partes claves de la cadena de valor:

1. Auditorías al área de mantenimiento como dueño del indicador de consumo energético para verificar el buen desempeño del KPI de consumo de energía en HORAS PUNTA y FUERA DE PUNTA. Además de incluir una pizarra en el taller de mantenimiento con los gráficos de consumos energéticos auditados por 5s.

HISTORICO DE CONSUMOS - 2020

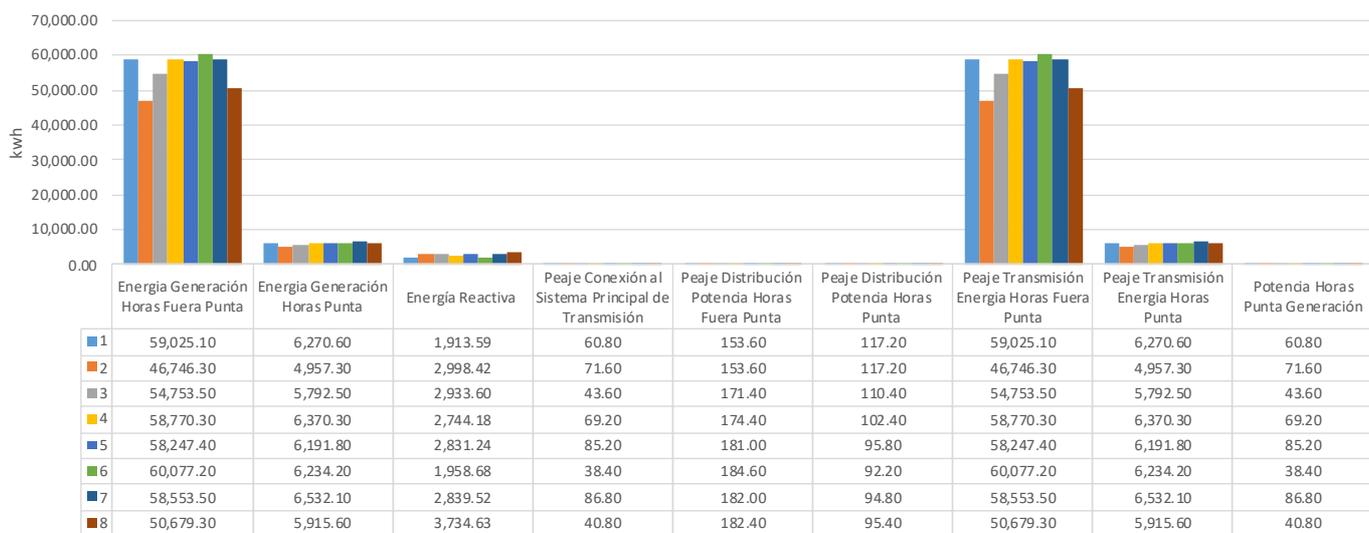


Ilustración 29: Gráfico de Control de Consumos de Energía

Fuente: La Empresa

LISTA DE VERIFICACIÓN DE 5 S		Área: MANTENIMIENTO		Responsables:				
		Nota Actual: %	Nota Anterior: % 69	Fecha: 30/06/21				
5 S	Nº	Ítem verificado	Padrón	Evaluación				
				0	1	2	3	4
Gestión de programa	1	Objetivos y Metas	El Supervisor de Mantenimiento definió claramente cuáles son los objetivos y las metas que se busca con las 5s					
	2	Apoyo en la resolución de las acciones	El Supervisor de Mantenimiento sabe cuales recursos y qué tiempo necesita, disponibiliza los recursos y monitorea la evolución de 5s					
	3	Auditorías	El Supervisor de Mantenimiento acompaña las auditorías y garantiza el cumplimiento de cronograma de auditorías					
	4	Motivación de los funcionarios	Hay un programa que motive los funcionarios a aplicar las 5s en su área					
1º S - Utilización	5	Armaños	Ausencia de materiales irrelevantes, cuadernos, documentos, papeles y herramientas innecesarias					
	6	Mesas	Ausencia de equipamientos, cascos y materiales innecesarios					
	7	Control Visual	No hay exceso de identificaciones innecesarias o duplicadas.					
	8	Superfluos	Materiales, equipamientos y herramientas innecesarias en el área					
	9	Cuadros de Información	Actualizados y sin indicadores que no agregan valores					
	10	Conocimiento del técnico de mantenimiento	El técnico de mantenimiento conoce lo que es la 1ª S					
2º S - Organización	11	Aplicación de la S por el técnico de mantenimiento	El técnico de mantenimiento da ejemplos de aplicación de la 1ª S					
	12	Armaños	Organizados e identificados					
	13	Mesas	Organizadas e identificadas					
	14	Basureros	Organizados con materiales en sus respectivos tambores e identificados					
3º S - Limpieza	15	Lay Out Geral	Los equipamientos y accesorios poseen y están en sus demarcaciones definidas					
	16	Piso	El piso está limpio					
	17	Equipamientos	Los equipamientos estan limpios					
	18	Armaños	Los armaños estan limpios					
	19	Mesas	Las mesas estan limpias					
	20	Cuadros de información	El Cuadro de Información está limpio					
	21	Conocimiento del técnico de mantenimiento	El técnico de mantenimiento conoce lo que es la 2ª S y la 3ª S					
	22	Aplicación de la S por el técnico de mantenimiento	El técnico de mantenimiento da ejemplos de aplicación de la 2ª S y de la 3ª S					
				0	0	0	0	0

Criterios de puntuación	
0	Muy malo
1	Malo
2	Medio
3	Bueno
4	Muy bueno

PUNTOS ALCANZADOS: 0

PUNTOS POSIBLES: 88

RESULTADO %: 0%

Meta: 85%

Observación: Sólo se evalúan las tres primeras S, la cuarta y la quinta todavía no están siendo implementadas.

Ilustración 30: Nuevo Formato de Auditoría de Mantenimiento

Fuente: La Empresa

2. Se incluyo el factor energía en los procedimientos de buenas prácticas de manufacturas y plan HACCP para el cumplimiento de todos los involucrados en la cadena de valor y su respectiva verificación a través de auditorías cruzadas.
3. Incluir dentro del plan de capacitaciones mensuales de Calidad en BPM y HACCP, las capacitaciones en la gestión del consumo de energía y su debida importancia dentro del control de recursos. No se incluye en este informe el Manual de BPM y HACCP como anexo por su larga extensión.

Finalmente, para resumir la ejecución del proyecto se muestra un Gantt con el el que se llevó el control de avances en cada fase. El proyecto duró alrededor de 1 año y medio desde su identificación hasta la fecha de cierre:

Tabla 9: Diagrama de Gantt del proyecto

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE CIERRE	2018												2019												2020								
				10				11				12				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4																					
1	Identificación del problema	1/10/18	31/10/18	█	█	█	█																													
2	Formación de equipos	1/11/18	10/10/18					█	█																											
3	Reunión con gerencias para aprobación de análisis de prefactibilidad y kick off del proyecto	11/11/18	15/11/18						█																											
4	Fase Definir	16/11/18	30/11/18						█	█																										
5	QUICK WINS	1/12/18	15/07/19									█	█	█	█	█	█	█	█																	
6	Fase Medir	1/01/19	30/07/19																																	
7	Fase Analizar	1/06/19	10/02/19																																	
8	Fase Mejorar	1/01/20	15/09/20																																	
9	Cierre Oficial del Proyecto	15/09/20	30/09/20																																	

CAPITULO 5. BENEFICIOS

Como se evidenció el proyecto tuvo un alto grado de impacto en el opercost y en el costeo del producto, ya que se logró corregir y controlar los consumos de energía y potencia que la planta consumía. El costo en energía representaba casi el 9 % del total de costos variables, siendo el rango promedio comparado con otras plantas de latino américa del 2% al 5%.

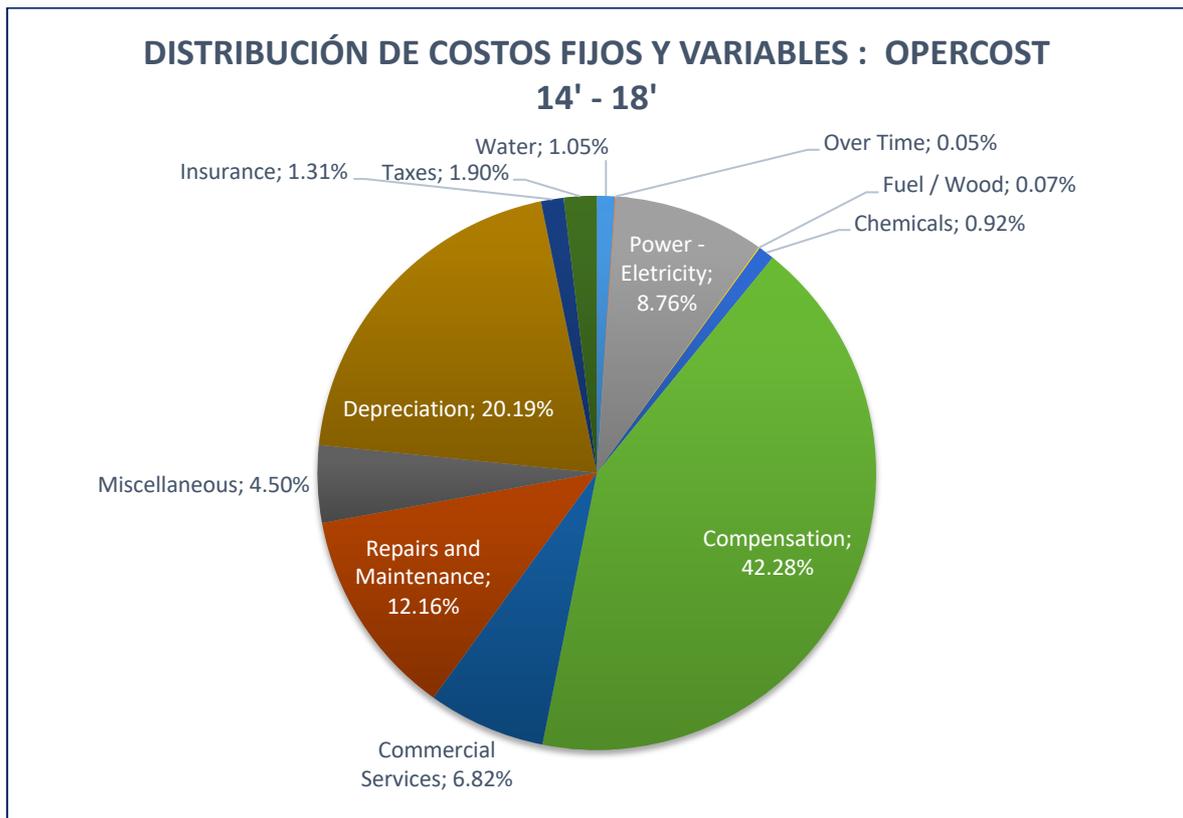


Ilustración 31: Diagrama de Pastel de Distribución de Costos Fijos y Variables – Opercost al inicio del proyecto

Con la implementación de las medidas del proyecto desarrollado se pasó a un nivel de 3.95 %, dentro de los límites esperados.

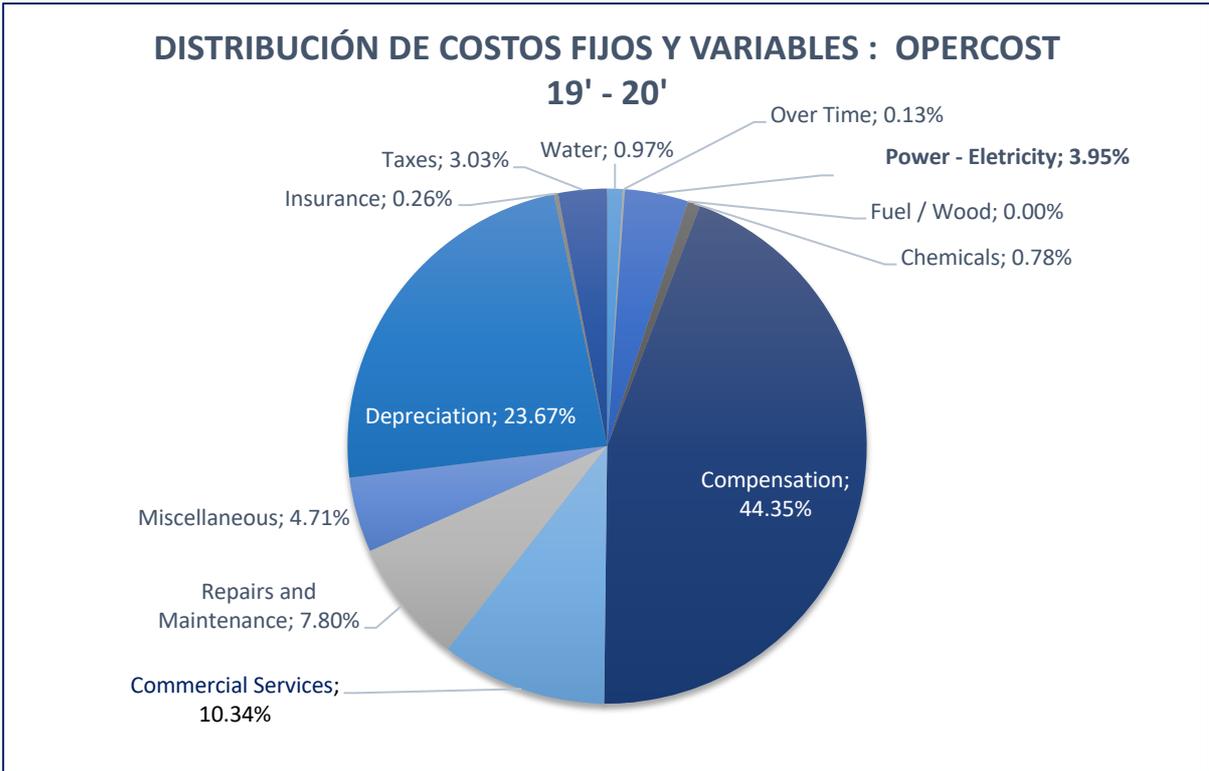


Ilustración 32 : Diagrama de Pastel de Distribución de Costos Fijos y Variables – Opercost al inicio del proyecto

Finalmente, a mediados del 2020 se logró estandarizar el consumo a un promedio de 16,555.00 PEN mensual. El resultado se muestra a continuación:

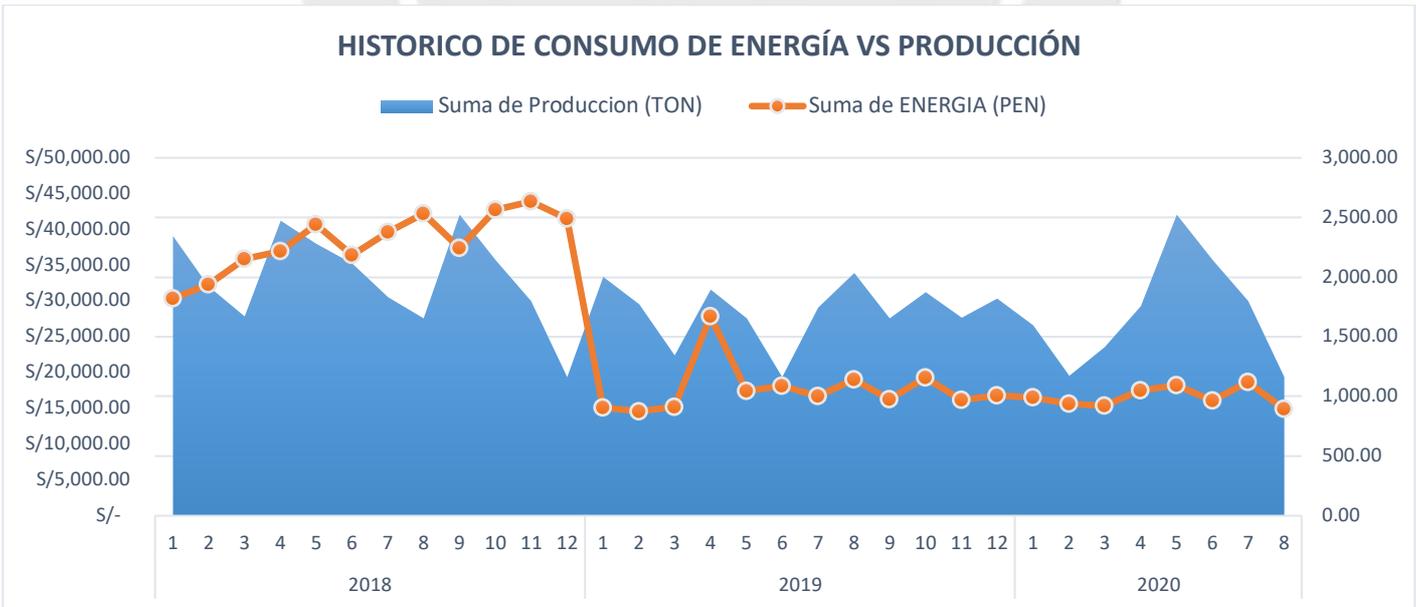


Ilustración 33 : Gráfico combinado de Histórico de Costo de Energía vs Toneladas de Producción – Nuevo Contrato

Por otro lado, si bien no hubo una inversión significativa para el desarrollo de este proyecto, sí se tuvieron que adoptar algunos cambios involucrados con las horas de capacitación al personal traducidas en horas hombre que consideramos despreciables comparado con el ahorro neto anual: 311,596.92 PEN.

Dentro de las medidas adoptadas se encuentran las capacitaciones mensuales a 30 trabajadores de planta que involucran a personal operativo, calidad y supervisores de producción. Capacitaciones que se realizan en un día completo al final o inicio de cada mes (días sin producción) y donde se abarcan temas sobre BPM, HACCPM, MANTENIMIENTO, SSOMA y ahora el factor de ahorro de energía como control de recursos. El costo diario de MOD promedio representan 95.23 PEN, es decir al mes estas capacitaciones a los 30 trabajadores representan alrededor de 2,856.85 PEN.



CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Finalmente, en esta fase del proyecto se detallarán las conclusiones y recomendaciones a las que se pudo llegar como resultado de la aplicación de las medidas y metodología.

6.1 CONCLUSIONES

El presente proyecto ha sido una experiencia muy enriquecedora para todos los involucrados y ha roto muchos de los paradigmas que se tenía con respecto al consumo de energía. A continuación, las conclusiones y recomendaciones:

- 1) El proyecto lejos de lograr el objetivo planteado por gerencia del 25,000.00 PEN mensual o el equivalente al 5% del costo opercost logró romper paradigmas con respecto a atribuir el alto costo en consumo al alto volumen de producción, lo que permitió el control y estandarización del consumo y costo de energía.
- 2) Se pudo concluir que un gran porcentaje del ahorro total generado se atribuyó a las acciones rápidas, o quick wins, analizando previamente el problema. La acción rápida permitió a su vez a la comprensión de los parámetros de control y medición, comprensión de la Norma Técnica Peruana y la asesoría y apoyo de los proveedores de generación de energía convocados a la licitación.
- 3) Se demostró que por una deficiente gestión del consumo energético se puede afectar en un 9% al opercost total de la planta y que como resultado de la implementación del proyecto pasó a ser casi un 4%. Este proyecto sirvió como ejemplo para que otras plantas de la región sudamericana replicaran el caso y logren ahorros significativos e inclusive lograr certificados y bonos verdes por incluir en sus contratos el uso de energía renovables.
- 4) La reducción en el costo de consumo de energía, no solo representa ahorros para la empresa, sino que se traducen en un menor costo de producto ya que el opercost representa el 9% del costo del producto. Esto permite al área comercial poder salir al mercado con productos económicamente competitivos y lograr una mejor satisfacción del cliente.
- 5) Se concluyó que el factor clave del costo energético es controlar el consumo de energía y potencia en HORAS PUNTA, de manera tal que se debe evitar que la lectura en barra del SEIN coincida con la lectura del consumo máximo de la compañía, para ello en coordinación con la jefatura de planificación se implementaron medidas para concentrar los mayores volúmenes de producción en HORAS FUERA DE PUNTA. Se desarrollaron comités con gerencia de producción para que dentro del plan mensual de producción se incluyan la aprobaciones de la jefatura de mantenimiento y de suministros para velar por el cumplimiento de estos acuerdos.
- 6) Se cuantificaron ahorros por concepto de costos de energía que pasaron de 510,256.92 PEN anuales a 198,660.00 PEN anuales, lo que a largo plazo

representa un ahorro bruto por la duración del contrato (5 años) de 1'557,984.60 PEN. Así mismo, los gastos en capacitaciones mensuales de 2,856.85 PEN en 5 años representan 171,411.00 PEN, lo cual nos arroja un ahorro neto de 1'386,573.60 PEN por concepto de costo de energía en 5 años.

6.2 RECOMENDACIONES

- 1) La importancia de mantener una base de datos sólida y confiable de todos los procesos que se manejan en la compañía es de vital importancia, sobre todos aquellos que están relacionados a factores de consumo y costo.
- 2) Como resultado de la aplicación de las metodologías Lean Six Sigma se pudo evidenciar y demostrar con datos estadísticos que muchas veces los procesos no son tan evidentes o predecibles como parecen. Es de suma importancia estudiar y analizar los datos en cada proceso y etapa de la cadena de abastecimiento.
- 3) Se recomienda mantener las capacitaciones mensuales y acuerdos por la duración del nuevo contrato de energía para mantener las buenas prácticas de control de consumo de energía.
- 4) Se recomienda evaluar periódicamente los factores a las que están sujetas las nuevas tarifas de energía y potencia en contrato como: el tipo de cambio, PPI (Producer Price Index) y PGN (Precio del Gas Natural de Camisea).

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN SOCIETY OF QUALITY

2021 American Society for Quality. (2020). What is Lean Six Sigma? URL: <https://asq.org/quality-resources/six-sigma>.
[Accedido en mayo 2021](#).

BERNANDINI, E.

1981 TECNOLOGÍA DE ACEITES Y GRASAS. PRIMERA EDICIÓN. Madrid, España. Editorial Alambra S.A.

BECERRA RODRIGUEZ, LUIS

2020 REDUCCION DEL NIVEL DE COSTOS ASUMIDOS EN LOS SERVICIOS AUTOMOTRICES PRE-VENTA EN LA EMPRESA VARI ALMACENES. Trabajo de suficiencia profesional (Lic. Ing. Industrial) Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Ministerio de Energía y Minas

2014 RESUMEN EJECUTIVO - PLAN ENERGÉTICO NACIONAL 2014-2025, Lima, Dirección General De Eficiencia Energética