



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Implementación de metodología DMAIC para el ahorro
de energía en una industria láctea.”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS

Presentado por:

Fricia Pamela Castelo Barba

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi esposo Andrés Vinueza por su apoyo incondicional, a mi hijo Jacob por ser mi inspiración, a mis padres por su motivación a continuar mis estudios, a mi directora del proyecto de titulación la MSc. Sofía Lopez I. y a las personas que ayudaron a la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

Este trabajo realizado con constancia y esmero, está dedicado a Dios, mis padres, esposo, hijo y familiares.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ángel Ramírez M., Ph.D
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Sofía López I., MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO

María López S., MSc.
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Fricia Pamela Castelo Barba

RESUMEN

El presente proyecto trata de reducir el consumo eléctrico de una empresa de lácteos que tiene 6 años de vida, es decir con maquinaria nueva, por lo que reemplazar tecnología no puede ser una de las vías para mejorar el consumo de energía.

La empresa de lácteos reporta un incremento en su indicador de consumo eléctrico por litro de producción (kWh/l) en el 2019 en comparación al 2018, por lo que se realizó la implementación del proyecto DMAIC con la finalidad de solucionar el problema.

Al realizar la definición se encontró que el lugar que representa mayor consumo de energía son las cargas que alimentan T1&T2 perteneciente al área de logística. En la parte de medición se conoció como opera actualmente esta área y cuáles son las variables de control dentro de sus procesos, con esta identificación se pudo conocer que la temperatura monitoreada en las cámaras de almacenamiento de productos terminados se reportaba fuera de control del rango de especificaciones. Para la etapa de análisis se pudo conocer la causa raíz de este problema enfocado, indicando que las malas prácticas de los operadores producían variación de temperatura en la cámara de refrigeración y a su vez esto representa consumo de energía ineficiente. Para la etapa de implementación se instaló un sistema de control para que evitaran dejar las puertas abierta y a su vez se socializó con los operadores del área la nueva implementación junto con los beneficios que traería a la empresa. Como parte de la etapa de control, se establecieron indicadores a los que se deberá monitorear para que las mejoras implantadas puedan mantenerse en el tiempo.

El presente proyecto DMAIC consiguió mejores resultados de los que se establecieron, la meta fue reducir el consumo a 0,3364 kWh/l y con la implementación de las mejoras el consumo llegó a 0,3316kWh/L, pero quedará en el control que se realice que estos perduren al pasar el tiempo.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|-------------------------|----|
| RESUMEN..... | I |
| ÍNDICE GENERAL | II |
| SIMBOLOGÍA | IV |
| ÍNDICE DE FIGURAS | V |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | VI |

CAPÍTULO 1

| | |
|------------------------------------|----------|
| 1. GENERALIDADES | 1 |
| 1.1. Antecedentes..... | 1 |
| 1.2. Descripción del problema..... | 1 |
| 1.3. Área de estudio | 3 |
| 1.4. Objetivos General..... | 4 |
| 1.5. Objetivos Específicos | 4 |
| 1.6. Justificación | 4 |

CAPÍTULO 2

| | |
|-------------------------------|----------|
| 2. MARCO TEORICO | 6 |
| 2.1. Método DMAIC | 6 |
| 2.1.1. Define..... | 7 |
| 2.1.2. Measure | 7 |
| 2.1.3. Analize | 7 |
| 2.1.4. Improve | 7 |
| 2.1.5. Control | 8 |

CAPÍTULO 3

| | |
|---|----------|
| 3. METODOLOGÍA | 9 |
| 3.1. Definir | 9 |
| 3.1.1 Definición del Problema | 9 |
| 3.1.2 Definición del equipo de trabajo..... | 9 |
| 3.1.3 SIPOC | 10 |
| 3.1.4 Matriz de Voz del Cliente (VOC) & CTQ..... | 11 |
| 3.1.5 Objetivo Smart..... | 11 |
| 3.2. Medir..... | 13 |
| 3.2.1 Proceso actual del flujo eléctrico en la empresa de lácteos | 13 |
| 3.2.2 Diagrama de flujo del proceso. | 14 |
| 3.2.3 Plan de recolección de datos. | 18 |
| 3.2.4 Diagrama Pareto. | 19 |
| 3.2.5 Problema enfocado. | 19 |
| 3.2.6 Capacidad del proceso..... | 19 |
| 3.3. Analizar..... | 21 |
| 3.3.1 Diagrama de Ishikawa..... | 21 |
| 3.3.2 Matriz causa efecto | 22 |
| 3.3.3 AMEF..... | 22 |
| 3.3.4 Plan de verificación de causas..... | 23 |
| 3.3.5 Verificación de causa potencial: Puerta Desalineada | 24 |
| 3.3.6 Cinco por que | 26 |
| 3.4. Implementar..... | 26 |
| 3.4.1 Plan de acción de implementación de mejoras | 26 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4.2 Implementación de plan de acción | 27 |
| 3.5. Controlar | 31 |
| 3.5.1 Actualizar estándares | 31 |
| 3.5.2 Plan de control..... | 31 |
| CAPÍTULO 4 | |
| 4. RESULTADOS DEL PROYECTO..... | 32 |
| 4.1. Comparación del antes y después de la implementación de mejoras | 32 |
| CAPÍTULO 5 | |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 34 |
| 5. 1. CONCLUSIONES | 34 |
| 5. 2. RECOMENDACIONES..... | 34 |
| BIBLIOGRAFÍA | |
| ANEXOS | |

SIMBOLOGÍA

| | |
|-------|--|
| °C | Unidad de temperatura en Celcius. |
| KV | Kilo voltios |
| kW | Kilo vatios |
| MW | Mega vatios |
| kWh | Kilo vatios por hora |
| kWh/l | Kilo vatios hora por litro de producción |
| TR | Transformador |
| Min | Minutos |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. 1 Gráfica de dispersión de Consumo Eléctrico vs. Volumen Producido | 3 |
| Figura 1. 2 Serie de tiempo para kWh/l | 3 |
| Figura 3. 1 Definición del problema | 9 |
| Figura 3. 2 Equipo de trabajo | 10 |
| Figura 3. 3 SIPOC Proceso general..... | 10 |
| Figura 3. 4 Pareto de consumo de energía por áreas..... | 12 |
| Figura 3. 5 Línea de tiempo de consumo de los transformadores T1 y T2 | 12 |
| Figura 3. 6 Mapa de flujo eléctrico enfocado en TR1 & TR2 | 14 |
| Figura 3. 7 Diagrama de flujo de logística | 15 |
| Figura 3. 8 Mapa de proceso detallado de etapa Almacenamiento en cámaras enfriamiento (Congelación (C) y refrigeración (R))..... | 16 |
| Figura 3. 9 Mapa de proceso detallado de etapa de despacho de cámaras enfriamiento (Congelación (C) y refrigeración (R)) | 17 |
| Figura 3. 10 Correlación entre temperatura y energía de consumo del área de logística | 18 |
| Figura 3. 11 Diagrama de pareto | 19 |
| Figura 3. 12 Prueba de normalidad de data | 20 |
| Figura 3. 13 Reporte de análisis de capacidad | 21 |
| Figura 3. 14 Diagrama Ishikawa | 22 |
| Figura 3. 15 Puertas Desalineadas..... | 24 |
| Figura 3. 16 Fallas en puertas de cámara de refrigeración..... | 25 |
| Figura 3. 17 Puerta abierta de cámara de refrigeración..... | 25 |
| Figura 3. 18 Estado de puerta de cámara de refrigeración | 26 |
| Figura 3. 19 Ronda de 5 Por qué?..... | 26 |
| Figura 3. 20 Esquema de montaje de sensores | 28 |
| Figura 3. 21 Montaje de sensores..... | 29 |
| Figura 3. 22 Control de puertas abiertas por más de 5 min | 29 |
| Figura 3. 23 Socialización de instructivo..... | 30 |
| Figura 3. 24 Instructivo de operación de puertas de cámaras | 30 |
| Figura 4. 1 Gráfico de caja de la temperatura en cámara de refrigerado..... | 32 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Producción y Consumo Eléctrico 2018 y 2019..... | 2 |
| Tabla 2 Matriz de VOC..... | 11 |
| Tabla 3 Opciones para el objetivo Smart..... | 13 |
| Tabla 4 Plan de recolección de datos..... | 19 |
| Tabla 5 Matriz Causa-Efecto..... | 22 |
| Tabla 6 AMEF..... | 23 |
| Tabla 7 Plan de verificación de causas potenciales..... | 24 |
| Tabla 8 Plan de acción para la implementación de mejoras..... | 27 |
| Tabla 9 Indicadores de control..... | 31 |
| Tabla 10 Plan de control de mejoras..... | 31 |
| Tabla 11 Comparación del consumo de T1&T2..... | 32 |
| Tabla 12 Cálculo kWh/l de febrero 2021..... | 33 |
| Tabla 13 Comparación de indicador kWh/l..... | 33 |

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

El proyecto se desarrolló en una empresa que nació hace aproximadamente cinco décadas en la ciudad de Guayaquil como una fábrica artesanal de productos lácteos, al paso de los años se asociaron varias empresas pequeñas para crear una sola empresa láctea con diversificación en sus productos lo que le permitió ganar mercado por su constante innovación mientras mantiene la calidad en sus productos, debido a la demanda su producción se industrializó para poder abarcar el mercado ecuatoriano.

La empresa láctea al industrializarse decidió centralizar su producción en una sola planta por lo que hace 6 años montó una de las plantas más modernas de Latinoamérica para aumentar su producción y gama de productos garantizando la calidad que los caracteriza.

Dentro de los valores de la empresa tiene que su producción sea sustentable y tenga responsabilidad social por lo que constantemente revisa el cumplimiento dentro de sus procesos, actualmente consideran que el consumo de energía debe ser eficiente ya que afecta al cambio climático por la emisión de gases de efecto invernadero, además de representar un costo importante en su producción.

La empresa requiere un consumo eficiente de energía en la planta de lácteos por lo que considera que se deba realizar una evaluación a sus líneas de producción, de forma que permitirá encontrar mejoras en sus procesos y mantenerlos a través del tiempo.

La industria láctea se alimenta eléctricamente de una hidroeléctrica con capacidad de 50MW y su consumo es medido por la CENASE en su alimentación primaria de 69 KV.

La industria consume un promedio mensual de 2,5MWh la factura como grandes clientes entrando a una tasa preferencial de \$0,058 por cada kWh sin diferenciación horaria y cumplen el con factor de potencia requerido (Mayor 0,92) para evitar penalizaciones por bajo factor de potencia

Al tratarse de una planta con 6 años de vida, los equipos de producción siguen considerados de alta eficiencia para los procesos que fueron diseñados e implementados, por lo que el desarrollo de este proyecto no tiene como objetivo el cambio o mejoramiento de tecnología, sino el mejoramiento de procesos o el comportamiento humano a través de la implementación de la metodología DMAIC.

1.2. Descripción del problema.

Las planillas de consumo de energía eléctrica en la planta de lácteos han presentado un consumo promedio en el 2019 de 2561161 kWh, catalogando para facturación de grandes clientes con un valor promedio de \$148.547,36.

Según la revisión del planillaje eléctrico del 2018 con respecto al 2019 hubo un aumento

en el consumo de energía de aproximadamente del 3%, este incremento no se relaciona con la capacidad de producción tal como lo muestra la Tabla 1.1. que indica que el consumo promedio de energía en el 2018 fue menor que en el 2019 a pesar que en 2018 hubo mayor producción que en el 2019.

Tabla 1 Producción y Consumo Eléctrico 2018 y 2019.

| Mes | Volumen Producido (L) 2018 | Volumen Producido (L) 2019 | kWh 2018 | kWh 2019 | kWh /l 2018 | kWh /l 2019 |
|-----------------|---|---|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| Enero | 7.653.411 | 6.963.000 | 2.501.114 | 2.431.001 | 0,33 | 0,35 |
| Febrero | 6.812.746 | 6.922.980 | 2.340.408 | 2.348.886 | 0,34 | 0,34 |
| Marzo | 7.801.916 | 7.338.864 | 2.631.350 | 2.560.797 | 0,34 | 0,35 |
| Abril | 7.013.420 | 7.742.049 | 2.356.815 | 2.540.487 | 0,34 | 0,33 |
| Mayo | 7.545.408 | 7.774.850 | 2.460.368 | 2.675.312 | 0,33 | 0,34 |
| Junio | 7.722.977 | 7.867.817 | 2.612.971 | 2.644.179 | 0,34 | 0,34 |
| Julio | 7.383.056 | 7.701.500 | 2.497.295 | 2.653.005 | 0,34 | 0,34 |
| Agosto | 7.787.561 | 7.038.926 | 2.578.015 | 2.589.124 | 0,33 | 0,37 |
| Septiembre | 7.325.651 | 7.256.200 | 2.447.279 | 2.591.095 | 0,33 | 0,36 |
| Octubre | 7.352.646 | 6.123.406 | 2.470.618 | 2.419.708 | 0,34 | 0,40 |
| Noviembre | 7.039.935 | 7.016.376 | 2.383.615 | 2.565.269 | 0,34 | 0,37 |
| Diciembre | 6.840.475 | 7.376.109 | 2.398.687 | 2.715.074 | 0,35 | 0,37 |
| Promedio | 7.356.600 | 7.260.173 | 2.473.211 | 2.561.161 | 0,3364 | 0,3537 |

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar si existe relación entre la producción y el consumo eléctrico se realizó una gráfica de dispersión mostrada en la Figura 1.1 donde se visualiza la baja relación positiva, es decir que estas variables son independientes.

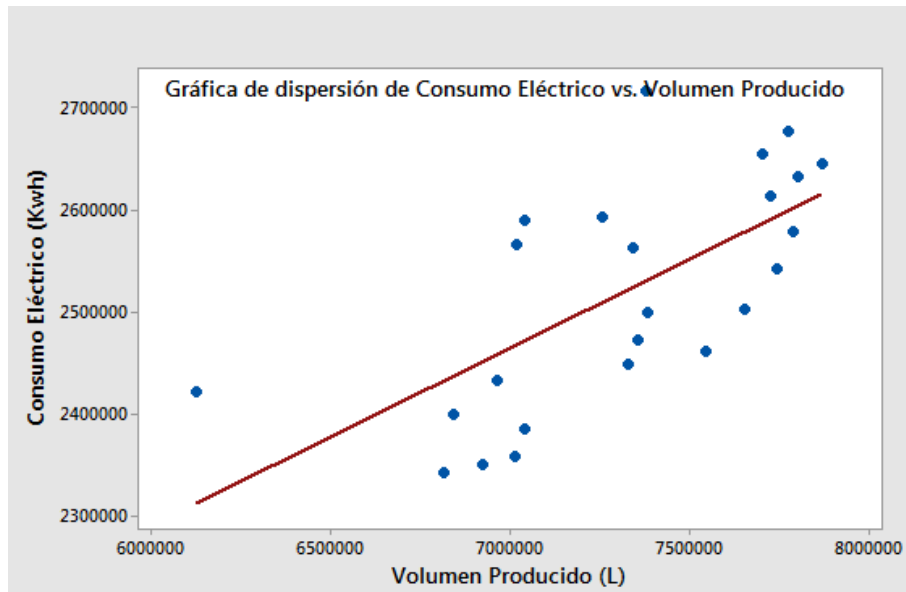


Figura 1. 1 Gráfica de dispersión de Consumo Eléctrico vs. Volumen Producido

Fuente: Elaboración Propia

Además, en el análisis de tiempo de los kilovatios hora consumido por cada litro de producción la tendencia ha sido al incremento a partir del último semestre del 2019, tal como lo muestra la Figura 1.2.

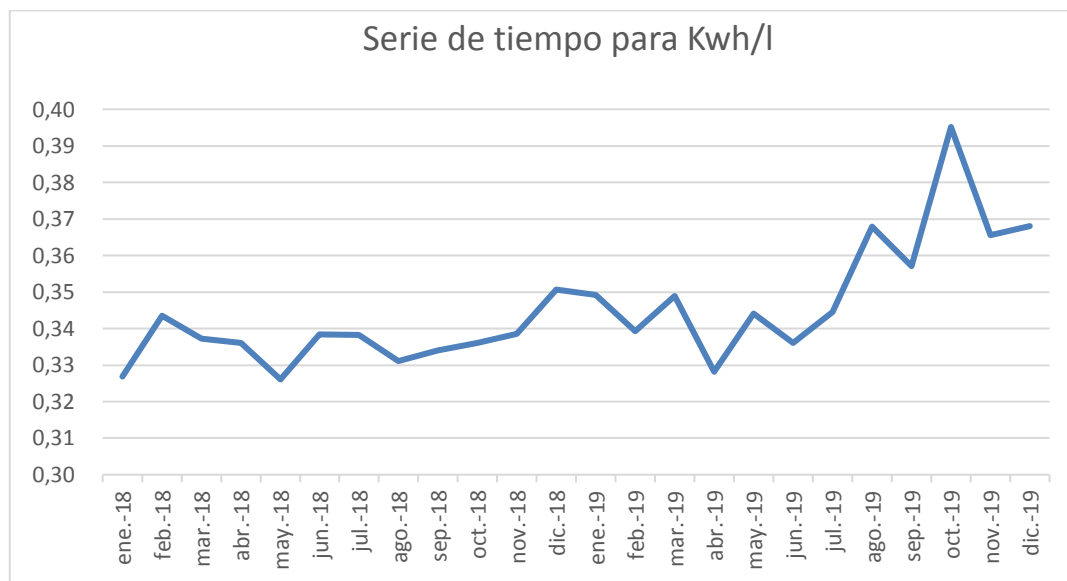


Figura 1. 2 Serie de tiempo para kWh/l

Fuente: Elaboración Propia

Por los análisis realizados hasta el momento, la empresa requiere un estudio detallado para determinar cuáles son las áreas y los procesos involucrados en este incremento tomando en cuenta capacidad, calidad o procedimientos.

1.3. Área de estudio

La industria láctea se la divide en 7 áreas eléctricas de las cuales tres corresponden a la planta de producción, una al sistema de bombeo de agua, una a la planta de

tratamiento de aguas residuales, otra a edificios administrativos y una de servicios varios. Anexo 1

Para el desarrollo del proyecto nos enfocaremos en el área de producción al ser la de mayor carga eléctrica, esta se la subdivide en 9 procesos que poseen su propio transformador de voltaje (TR). Anexo 2:

- TR1 y TR2 alimenta a los sistemas de refrigeración o congelados del área de logística.
- TR3 alimenta el sistema de servicios auxiliares
- TR4 alimenta a los equipos de producción de manjar, queso crema y gelatina.
- TR5 alimenta a los equipos de producción de helados.
- TR6 alimenta a los equipos de producción de leches.
- TR7 alimenta a los equipos de producción de yogurt.
- TR8 alimenta a los equipos de recepción de materia prima.
- TR9 alimenta iluminación, taller de mantenimiento y laboratorios

Actualmente la planta cuenta con medidores de energía en los transformadores TR1, TR2, TR3, TR4, TR5 y TR6 lo cual que permitirá hacer un análisis independiente de los procesos a los que se los considera con la mayor demanda energética respecto al consumo global de la planta.

1.4. Objetivos General

Implementar la metodología DMAIC para reducir el consumo de energía eléctrica en una empresa de lácteos.

1.5. Objetivos Específicos

- Determinar los grandes consumidores de energía dentro de la industria láctea.
- Analizar la causa raíz del consumo excesivo de energía.
- Implementar las mejoras en los procesos para reducción de consumo energético.
- Diseñar e implementar un plan de control.

1.6. Justificación

La empresa láctea considera que la reducción de consumo de energía en la planta industrializada aportará a la práctica de sus valores de mantener una producción sustentable y con responsabilidad social y además de la reducción de costos operativos ya que el costo energético mensual es alto.

La ejecución de este proyecto permitirá la evaluación del consumo de energía de forma independiente de los procesos que cuentan con sus medidores de energía, encontrando las oportunidades de mejora que tengan mayor impacto para la reducción del consumo eléctrico y como mantenerlas al pasar del tiempo.

En la parte académica aplicar la metodología DMAIC es la ocasión de demostrar cómo

reducir el consumo de energía eléctrica, realizando cambios a sus procesos sin representar grandes inversiones económicas y que con la participación de los colaboradores de la planta los cambios serán asertivos para la empresa. De esta forma quedará demostrado que la reducción de energía no sólo se realiza por el mejoramiento de tecnología sino es posible mejorando procesos o el comportamiento humano.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEORICO

2.1. Método DMAIC

La metodología DMAIC es un procedimiento ordenado, enfocado en satisfacer las necesidades del cliente a través del mejoramiento del proceso, sus aplicaciones pueden darse en todo tipo de organizaciones en las cuales las funciones y procesos necesitan energía para operar, de tal manera la aplicación de DMAIC es muy acertada para encontrar y eliminar causas de errores o defectos para reducir fuentes de desperdicio y en nuestro caso: la energía. Socconini, L. & Martín, Juan P., (2019).

La estructura DMAIC está compuesto por un equipo de personas que intervienen en la implementación de la metodología cumpliendo cada uno con su roles definidos como:

- Consejo Directivo

Su trabajo es planificar y participar en la implantación, convertirse en un defensor y responsable del proyecto, el consejo directivo debe exigir objetivos claros con resultados medibles.

- Champion del proyecto

Su rol es de justificar la necesidad de los proyectos y fijar sus objetivos, estar preparado a los cambios, aprueba los cambios más importantes dentro de las etapas del proyecto, elimina los obstáculos y consigue los recursos y se encarga garantizar la implantación de la solución.

- Tutor DMAIC

Es el encargado de la comunicación dada entre el consejo directivo y champions, establece una planificación, resuelve conflictos entre el equipo y además celebrar los éxitos del equipo

- Jefe de proyecto

Sus deberes son de revisar y aclarar la necesidad del proyecto con el champion y junto con él seleccionar los miembros del equipo de acuerdo a las áreas que intervengan en el proceso, trabaja con el equipo en el desarrollo de las herramientas DMAIC y da seguimiento a las mejoras implantadas registrando los resultados del proyecto.

- Propietario del proceso

Su función es estar abierto para implementar los cambios en las áreas detectadas con errores o defectos, será responsable de dirigir el proceso mejorado y entrega de reporte de avances.

- Miembros del equipo.

Las personas que conformar los miembros del equipo deben tener conocimiento y habilidades del proceso, productos o clientes, sus actividades serán de seguir las instrucciones del jefe de proyecto, participar en el desarrollo de las herramientas DMAIC, asistir a las reuniones, recoger datos y tener voluntad de participar y cooperar en el proyecto

DMAIC cuenta de cinco fases para mejora de un proceso: Define (Definir), Measure (Medir), Analyze (Analizar), Improve (Mejorar) y Control (Controlar).

2.1.1. Define

En este paso de la metodología consiste en la elección del problema, requerimientos de los clientes, objetivos y metas a conseguir.

Para la declaración del problema a resolver, es preciso conocer el alcance de acción y expresar en términos de calidad o coste que es lo que satisface actualmente al cliente de forma cuantitativa. Prieto Corcoba, M. (2002).

Una recomendación para la declaración del problema es aplicar las siguientes preguntas: ¿Qué?, ¿Quién?, ¿Dónde?, ¿Qué tanto?, ¿Cuándo? y ¿Cómo lo sé?

2.1.2. Measure

La fase de medición es donde se determina la capacidad actual del proceso, se definen métricas, la válida y obtiene datos para luego ser analizados.

Una vez identificado la métrica de primaria se evalúa los datos históricos registrados para conocer la distribución y patrones de comportamiento. En el análisis de gráficas de control se establecen límites de las zonas de eficiencia determinada por estándares, estos permiten evidenciar estructuras no aleatorias que indica los cambios en el desempeño del proceso. Davydenko, L., Rozen, V., Davydenko, V., & Davydenko, N. (2020).

2.1.3. .Analyze

En esta parte se analiza los datos de proceso y se encuentra los motivos que afectan la respuesta deseada por el proyecto.

Gandhi, M., & Yadav, S. (2017) indica que el enfoque del análisis en energía ajustada se utiliza para identificar, cuantificar y eliminar el uso de energía agregada sin valor, recomienda utilizar la herramienta análisis de Pareto para identificar los consumidores más importantes de esta manera se concentra el análisis y los esfuerzos para obtener mejoras significativas en eficiencia energética

2.1.4. Improve

Para la etapa de mejorar se implementan herramientas como la relación causa efecto que determinan las acciones sobre las variables que muestran mal desempeño y afecta

al proceso con defectos o problema. Orozco Morato, J., (2009).

La implementación de los planes de mejora será cuantificada para evaluar los beneficios del mejoramiento.

2.1.5. Control

Para el último paso de la metodología es el control del desempeño del proceso asegurando que los resultados obtenidos se conserven en el tiempo.

Para que el programa de control de mejora aumente su efectividad debe ser desarrollado por los integrantes de equipo, el trabajo en equipo permite definir las características de control que se relacionan con los factores del proceso, luego se determinan los puntos de control que alimentan con datos a los gráficos de control donde muestran si un proceso se encuentra en control. Gómez Fraile, F., Villar Barrio, J.y Tejero Monzón, M. (2002)

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto de mejora utilizaremos las 5 etapas de la metodología DMAIC:

3.1. Definir

Una vez que se identificó el problema del aumento del costo de kWh/l en la producción del 2019, se reunió a un grupo de personas que desarrollaran el proyecto de mejora a través de la implementación de la metodología DMAIC.

Para la primera etapa de definición se realizó la definición del equipo de trabajo, definición del problema, límites del proyecto mediante un diagrama SIPOC, y con la matriz de Voz del Cliente (VOC) se identificó las necesidades del cliente y se determinaron los medidores cuantificables CTQ's.

3.1.1 Definición del Problema

La descripción del problema indica que el incremento del consumo eléctrico del 2019 con respecto al 2018 sin tener relación al aumento de la producción, con ayuda de la herramienta 4W+2H definimos el problema de forma puntual.

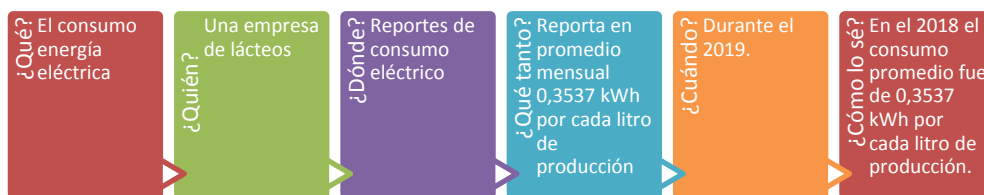


Figura 3. 1 Definición del problema

Fuente: Elaboración Propia

El problema quedó definido de la siguiente forma: El consumo de energía eléctrica de la empresa de lácteos reporta un consumo eléctrico un promedio de 0,3537 kWh por cada litro de producción durante el 2019, incrementando su valor con respecto al consumo promedio de 0,3364 kWh por cada litro de producción en el 2018.

3.1.2 Definición del equipo de trabajo

En la reunión de presentación del proyecto se eligió como parte del equipo de trabajo a las personas que ocupan los cargos descritos en la figura 3, el personal involucrado aceptó el reto y su compromiso por desarrollar el proyecto de mejora.

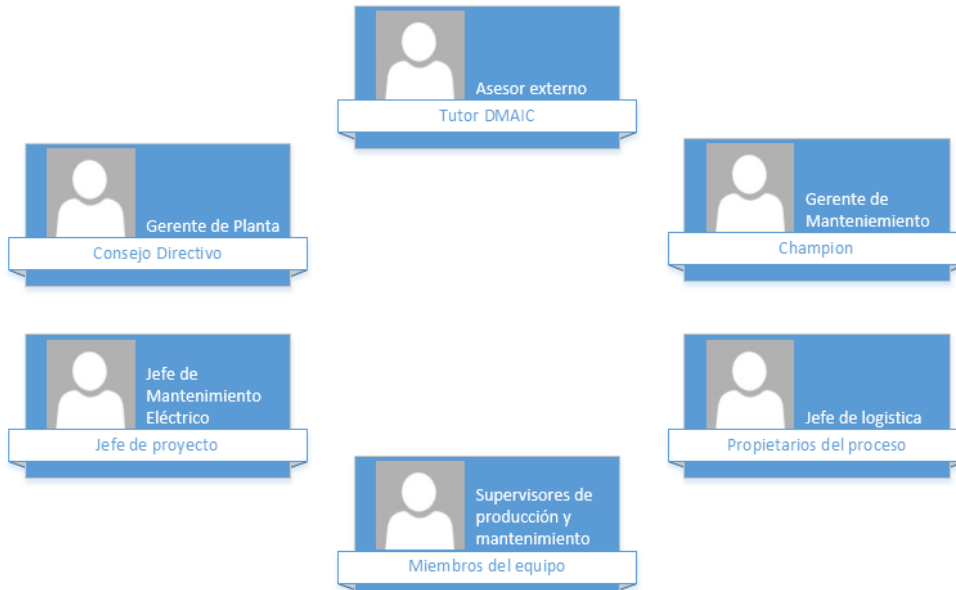


Figura 3. 2 Equipo de trabajo
Fuente: Elaboración Propia

3.1.3 SIPOC

Luego de definir el problema se determinó los límites donde inicia y finaliza el problema a través de la herramienta SIPOC de la figura 3.3, el equipo de trabajo mantuvo perspectiva general de operación eléctrica de la planta permitiendo así conocer el proveedor, flujo de operación, entradas, salidas y cuáles son los clientes de cada proceso.

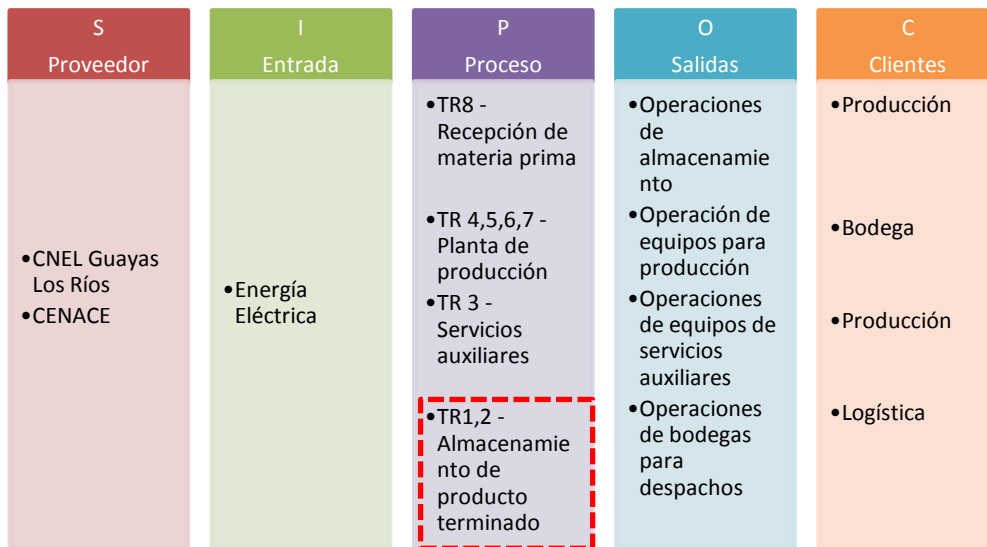


Figura 3. 3 SIPOC Proceso general
Fuente: Elaboración Propia

El equipo de trabajo concluye que el problema se enfoca en las cargas que son alimentadas eléctricamente por T1&T2, estas cargas son los equipos involucrados con el proceso de almacenamiento de producto terminado

3.1.4 Matriz de Voz del Cliente (VOC) & CTQ

Luego de identificar el área de enfoque del proyecto y cuáles son sus clientes, se realizó una reunión para conocer cuáles son sus necesidades y requerimientos del almacenaje de producto terminado, con la información brindada se realizó la matriz de voz del cliente, donde las métricas a evaluar son la temperatura de las cámaras donde se almacena el producto y el indicador de energía eléctrica (kWh/Kg).

Tabla 2 Matriz de VOC

| Voz del cliente | Problema clave /Característica de calidad | CTQ | Medición /Indicador | Límite de especificación | Meta |
|---|---|--|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Temperatura fuera de rango en cámaras de frío | Aumento de temperatura de cámara de congelado | Cumplir con temperaturas en producto congelado | Temperatura en cámara de congelado | $\leq -20^{\circ}\text{C}$ | -21°C |
| | Aumento de temperatura de cámara de refrigerado | Cumplir con temperaturas en producto refrigerado | Temperatura en cámara de refrigerado | 4 a 6°C | 5°C |
| Aumento del consumo de energía | El consumo de energía está incrementando | Reducir el kilovatio hora/litro | kilovatio hora/litro | 0,3364 kWh/l | $\leq 0,3364$ kWh/l |

Fuente: Elaboración Propia

3.1.5 Objetivo Smart

Para establecer el objetivo Smart se tomaron los datos de los medidores de energía existentes, las lecturas de los transformadores que alimentan a la planta de producción (T1, T2, T3, T4, T5, T6) del mes de septiembre del 2020 permitieron realizar el Pareto de la figura 3.3 que indican que los transformadores T1 y T2 que alimentan al sistema de refrigeración y congelación de productos terminados son los mayores consumidores de energía con respecto a la planta producción.

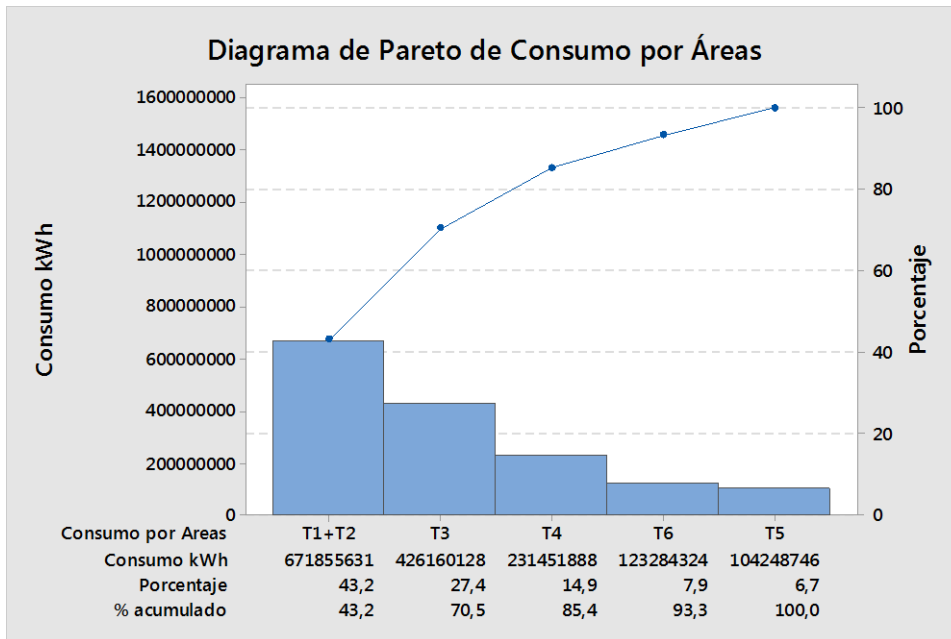


Figura 3. 4 Pareto de consumo de energía por áreas

Fuente: Elaboración Propia

Con el 43,2% del porcentaje acumulado el objetivo del proyecto será en el sistema de refrigeración y congelación, por lo que se revisa el histórico del consumo de T1 y T2 del 2018 hasta febrero 2020 debido a que a partir de marzo del 2020 la producción es irregular debido a la pandemia mundial por Covid -19.

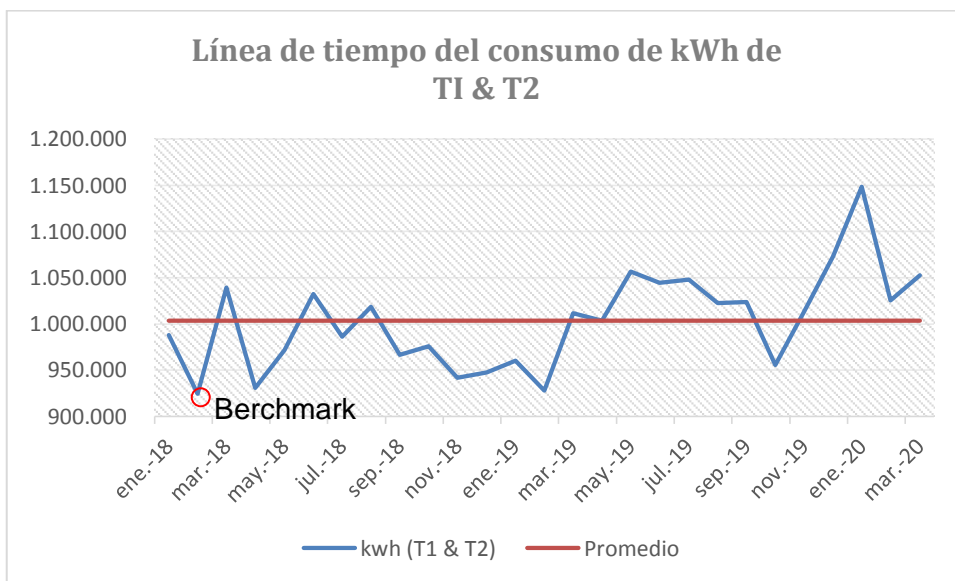


Figura 3. 5 Línea de tiempo de consumo de los transformadores T1 y T2

Fuente: Elaboración Propia

Con la línea de tiempo del consumo de kWh de los transformadores T1&T2 de la figura 3.5 se conoce que el consumo promedio es de 1.003.293 kWh, el berchmark es de 924.461 kWh, con una brecha de 78.832 kWh con estos datos se plantearon dos propuestas descritas en la tabla 3.2 sabiendo que el costo de kWh es de 0,058.

Tabla 3 Opciones para el objetivo Smart

| % Reducción de Brecha | Objetivo de Compromiso kWh | Ahorro mensual \$ |
|-----------------------|----------------------------|-------------------|
| 50% | 963.877 | \$ 2.286 |
| 75% | 944.169 | \$ 3.429 |

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a nuestro Champion, ha decidido reducir al 50% la brecha para tener un objetivo retador y al mismo tiempo alcanzable, por lo que el objetivo Smart para el proyecto queda establecido en: Reducir el consumo energético de los transformadores T1&T2 a 963.877 kWh a partir de febrero del 2021.

3.2. Medir

En la fase de medición se detalla el proceso de distribución eléctrica de la planta de modo que se comprende el estado actual del flujo eléctrico. Con el objetivo del proyecto definido en los procesos que alimentan T1&T2, es decir en el área de logística se identifican las variables claves y parámetros que afectan al proceso.

En esta etapa se conoce los procesos del área objetivo, sus variables que pueden afectar al proceso, los equipos que brindan la información, exactitud y precisión del sistema de medición y su estabilidad en la actualidad.

Con las variables que puedan impactar en el proceso se realiza la recopilación de datos para conocer los defectos del proceso. Los registros diarios que cuentan en esta área son de temperatura y humedad de los procesos. Con esta información se puede medir la capacidad del proceso de acuerdo a los límites actual del sistema.

3.2.1 Proceso actual del flujo eléctrico en la empresa de lácteos

Se realiza el flujo eléctrico de la planta enfocado en el área que alimentada eléctricamente por los transformadores T1 & T2, el sistema refrigeración y congelación pertenecen al área de logística.

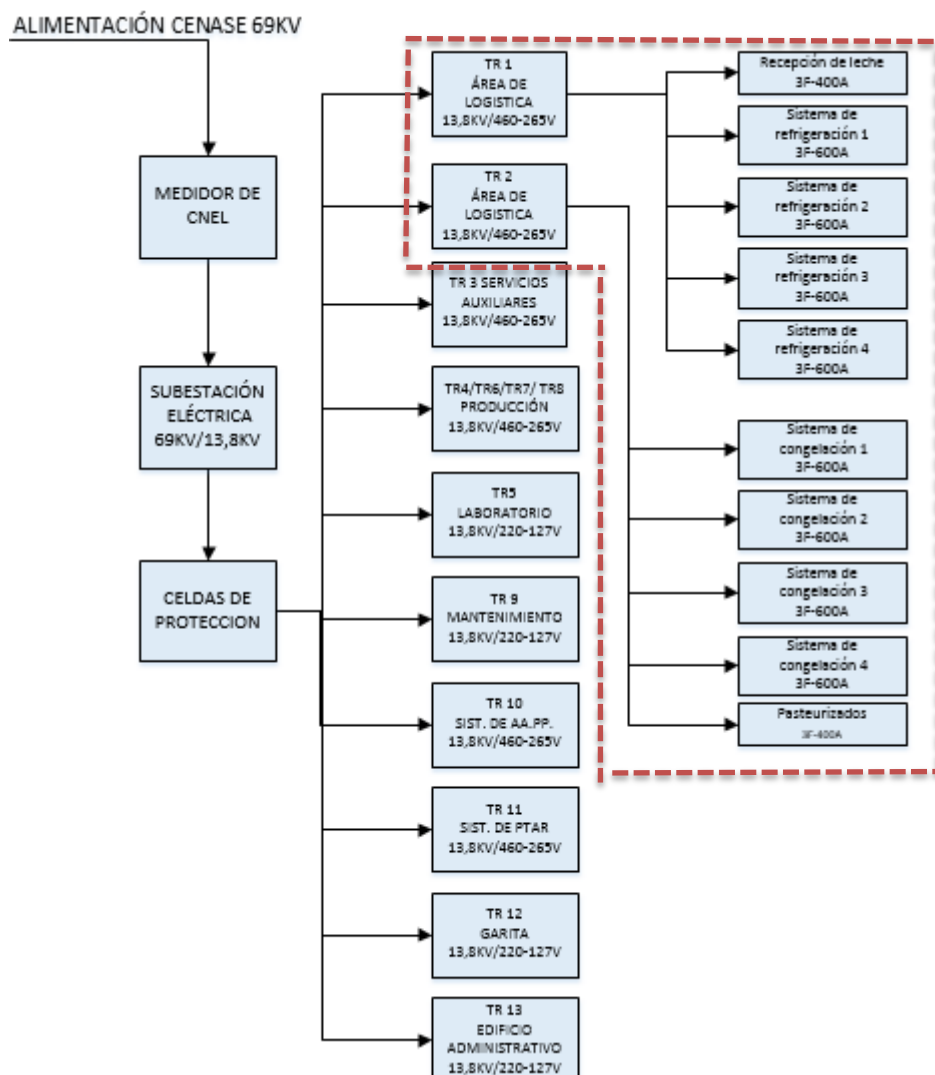


Figura 3. 6 Mapa de flujo eléctrico enfocado en TR1 & TR2

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2 Diagrama de flujo del proceso.

Conocida la relación entre proveedores y clientes de cada etapa del proceso, se elaboró el flujo de proceso del área enfocada, logística. De esta manera se identifica las etapas del proceso que generan información y las decisiones que resultan de los datos obtenidos.

Basado en el diagrama de flujo, se realizó el mapa de proceso del almacenamiento en congelados o refrigerados y despacho, donde se enfoca la operación de los sistemas de refrigerado o congelados.

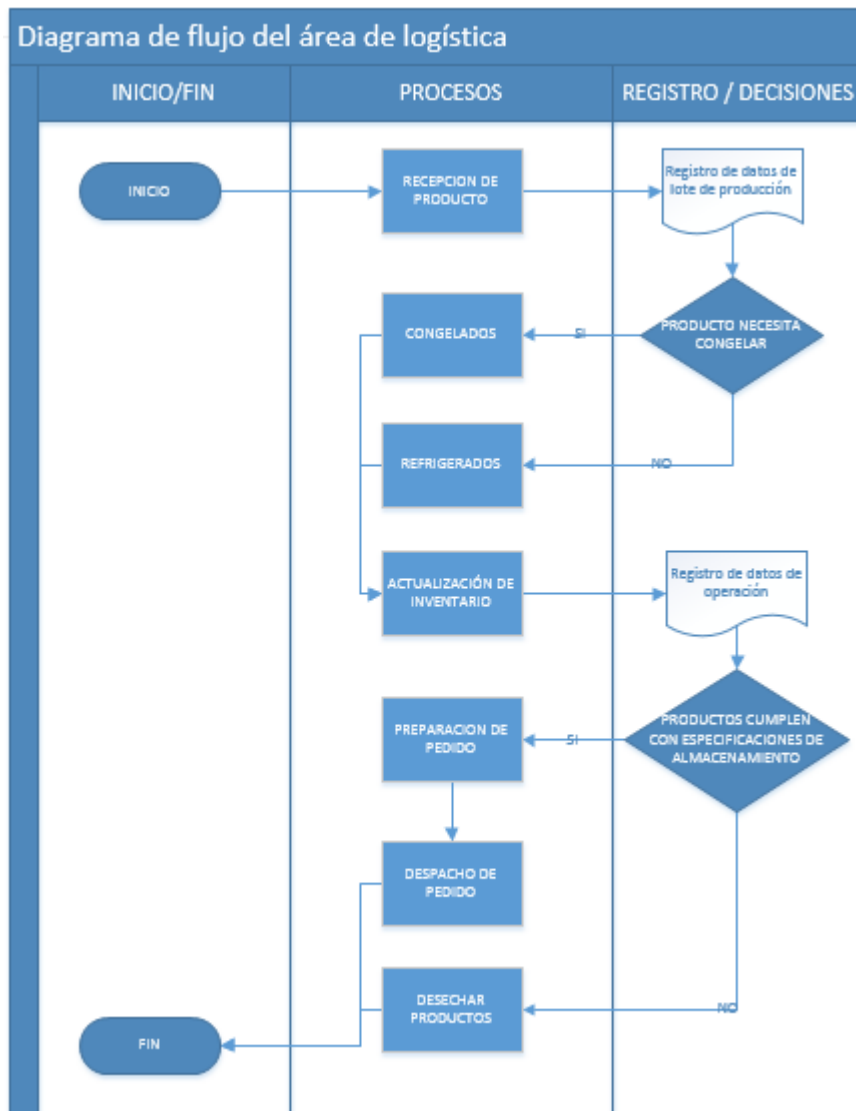


Figura 3. 7 Diagrama de flujo de logística

Fuente: Elaboración Propia

| Pasos del proceso | VA/NVA | Doc | Entradas y Salidas | E/S | Especificaciones | C/N | Equipo/Operador |
|--------------------------------|---------------------|-----|--|---------|---|------------|-------------------------|
| Puesta en Marcha | Refrigerados NVA | | Revisión de compresor, evaporador y condensador | Entrada | Operativo | Control | Equipos de enfriamiento |
| | | | Encendido de sistema de enfriamiento | Entrada | | No control | Operador |
| Esperar temperatura | NAV | | Revisión de temperatura en cámaras de enfriamiento | Entrada | Temperatura (R)= 5°C (C)= -18°C | Control | Operador |
| Ingreso de lotes de producción | VA | | Revisión de datos lote | Entrada | Datos de producción | Control | Operador |
| | | | Apertura de cámara de enfriamiento | Entrada | | No control | Operador |
| | | | Ingreso de producto | Entrada | | Control | Montacargar |
| | | | Cierre de cámara de enfriamiento. | Entrada | | No control | Operador |
| Almacenamiento en perchas | VA | | Apilamiento en perchas | Entrada | Por tipo de producto | Control | Operador |
| | | | Temperatura de almacenamiento | Entrada | Temperatura 3°C<(R)< 7°C (C)< -18°C | Control | Operador |

Figura 3. 8 Mapa de proceso detallado de etapa Almacenamiento en cámaras enfriamiento (Congelación (C) y refrigeración (R))

Fuente: Elaboración Propia

| Pasos del proceso | VA/NVA | Doc | Entradas y Salidas | E/S | Especificaciones | C/N | Equipo/Operador |
|-------------------|--------|-----|--------------------|-----|------------------|-----|-----------------|
|-------------------|--------|-----|--------------------|-----|------------------|-----|-----------------|

| | | | | | | |
|---|--------------------|--|---------|--------------------------------------|----------------|-----------------|
| Preparación de pedido | Refrigerados VA | Retirar productos de perchas | Entrada | De acuerdo al pedido | Control | Montacarga |
| | | Colocar productos en palets | Entrada | | No control | Operador |
| Movimiento de pedido de cámaras a pre cámaras | NAV | Abrir acceso a pre cámaras | Salida | | No Control | Operador |
| | | Sacar productos de cámaras a pre cámaras | Salida | | No Control | Montacarga |
| | | Cerrar puertas de acceso a pre cámaras | Salida | | No control | Operador |
| Espera en pre cámaras | | Esperar carro transportador de pedidos | Entrada | | Control | Montacargar |
| | | Temperatura en pre cámaras | Entrada | Temperatura (R) < 10°C (C) < 0°C | Control | Operador |
| Almacenamiento en perchas | VA | Ingresar productos en contenedor pedidos | Salida | | Control | Montacarga |
| | | Temperatura de trasportación | Salida | Temperatura (R) < 7°C (C) < -10°C | Control | Operador |

Figura 3. 9 Mapa de proceso detallado de etapa de despacho de cámaras enfriamiento (Congelación (C) y refrigeración (R))

Fuente: *Elaboración Propia*

3.2.3 Plan de recolección de datos.

Tal como se detalla en el mapa de proceso, el área de logística no cuenta con medición de energía en las cargas que involucran el sistema de enfriamiento, por lo que se verificó la correlación entre la variable de control temperatura promedio y la variable de energía de los transformadores T1&T2 promedio de los días de septiembre del 2020, obteniendo los resultados mostrados en la siguiente gráfica

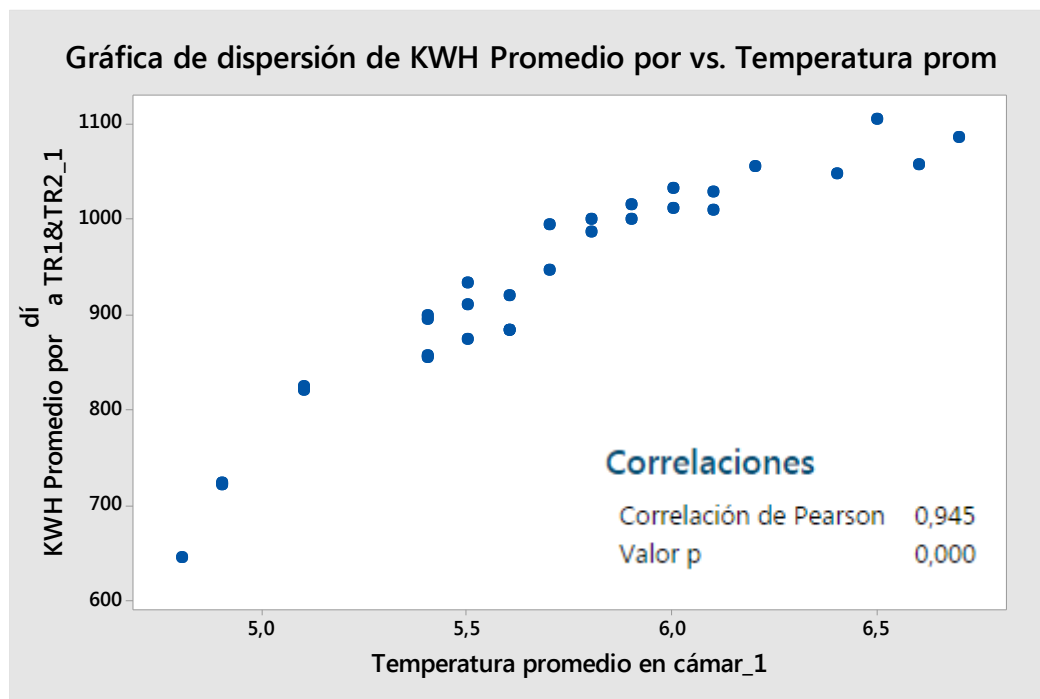


Figura 3. 10 Correlación entre temperatura y energía de consumo del área de logística

Fuente: Elaboración Propia

Después de confirmar la correlación de 0,94 entre las variables energía y temperatura del área de logística, se definió a la variable temperatura para el desarrollo del presente proyecto.

En el proceso detallado se identificó los lugares donde ya se realiza medición con sensores de temperatura, tomando información en diferentes lugares de almacenamiento del producto terminado.

La siguiente tabla muestra el plan de recolección que se elaboró

Tabla 4 Plan de recolección de datos

| Qué | Tipo de dato | Como medir | Método | Identificación de muestreo |
|--|--------------|-----------------------|---|----------------------------|
| Temperatura en cámaras de almacenamiento | Continuo | Sensor de temperatura | Qué: Temperatura | Cada hora |
| | | | Dónde: Cámara de congelación, refrigeración; y pre cámaras de congelación, refrigeración. | |
| | | | Cuándo: 20 días de dic 2020 | |
| | | | Quién: Operador descarga datos de registrador | |

Fuente: Elaboración Propia

3.2.4 Diagrama Pareto.

Luego de la recolección de datos se analizó la frecuencia con la que los datos estaban fuera de las especificaciones, dividiendo los datos en los grupos mostrados en la figura 3.11.

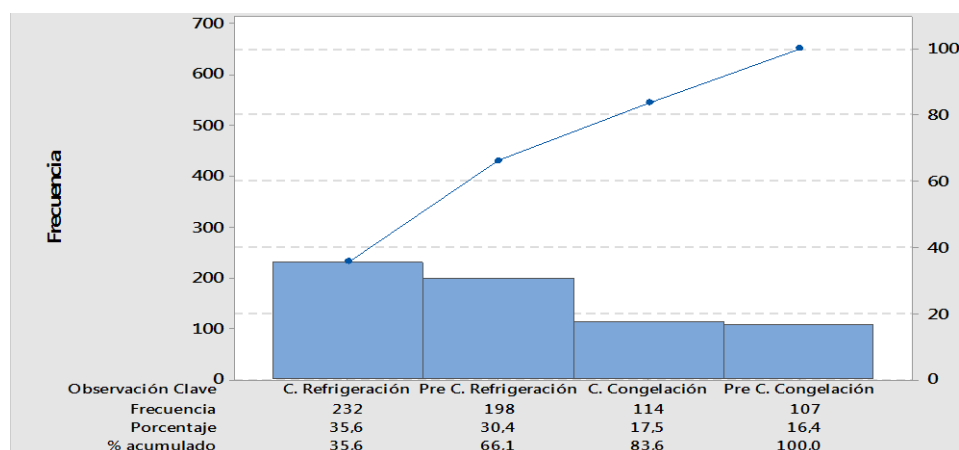


Figura 3. 11 Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5 Problema enfocado.

Con el diagrama de Pareto de las áreas de almacenamiento de producto terminado de la empresa de lácteos se observa que con 35,6 % la cámara de refrigeración mantiene la temperatura fuera de especificaciones.

En diciembre del 2020, la temperatura en la cámara de refrigeración se encuentra fuera del rango permitido (entre 3 y 7 °C) en el 35,6% de las mediciones.

3.2.6 Capacidad del proceso.

En el análisis de capacidad se compara la variación del proceso con respecto a los

límites de especificación, para eso se realiza la prueba de normalidad de los datos de temperatura en la cámara de refrigeración. En donde se rechaza la hipótesis nula (H_0) cuando el valor de $p \leq \alpha$; donde $\alpha = 0,05$, concluyendo que los datos no son normales como muestra en el siguiente gráfico.

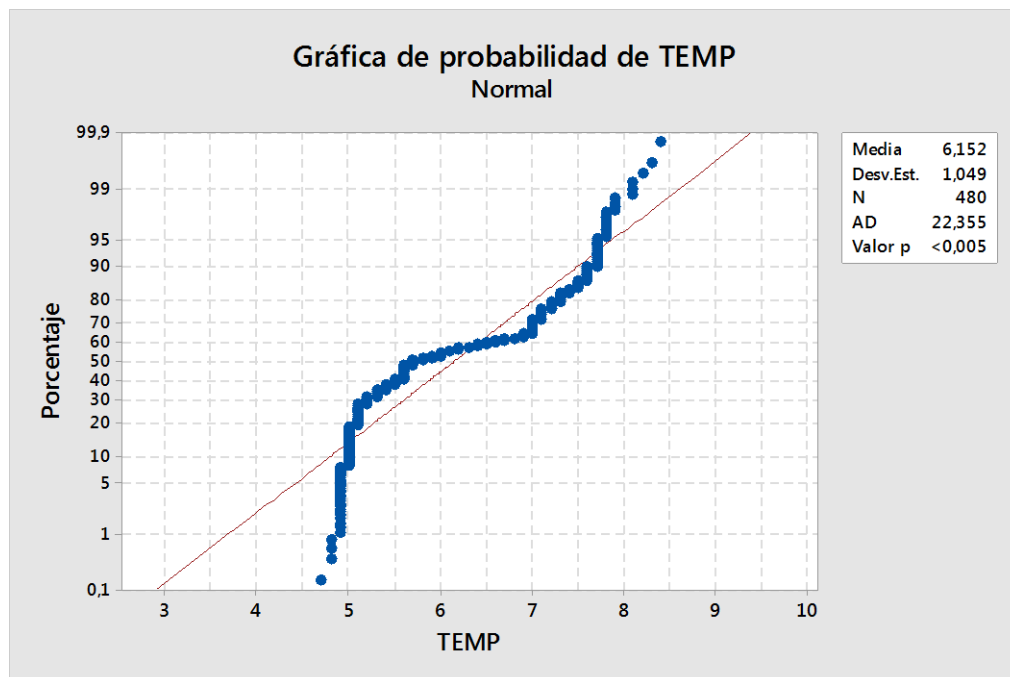


Figura 3. 12 Prueba de normalidad de data

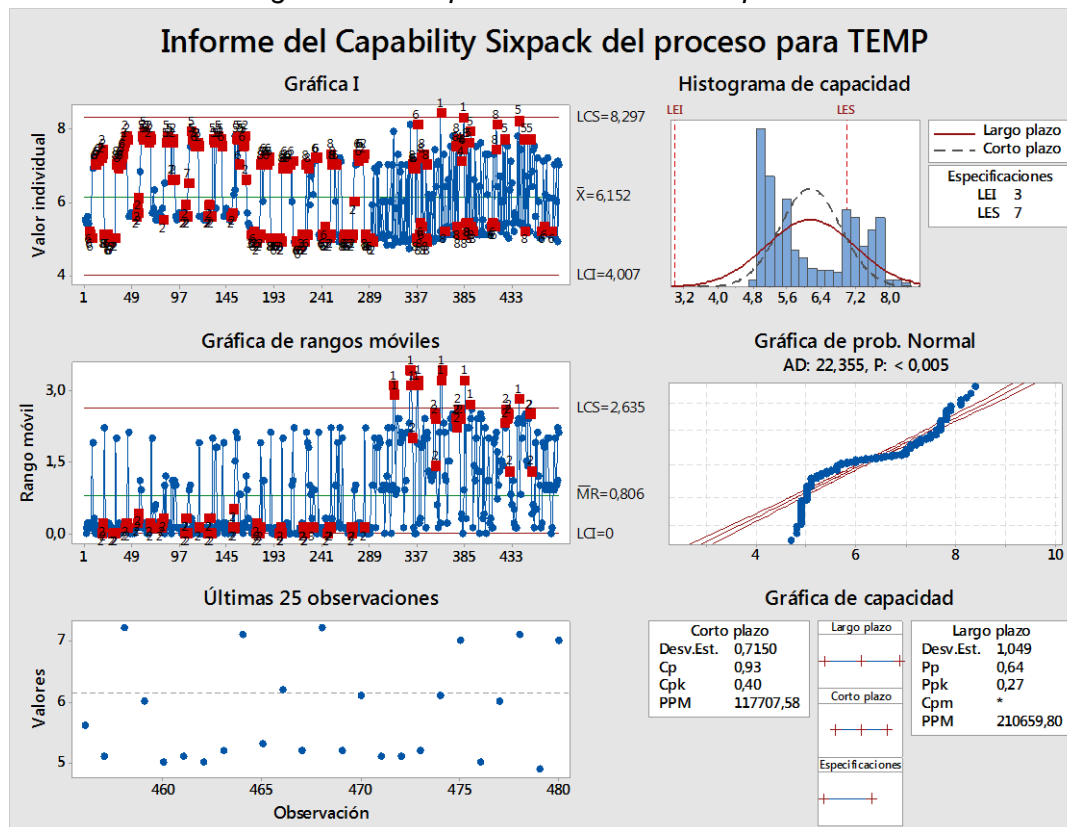
Fuente: *Elaboración Propia*

A pesar que los datos no corresponden a una distribución normal, realizamos el análisis de capacidad como si fuera una distribución normal porque la data es mayor a 30 y es unimodal

Con el informe podemos decir que el valor P_p es 0,64, lo que indica que la capacidad del proceso es deficiente y se requiere mejorar el proceso reduciendo su variación. El valor de P_{pk} es 0,27 indicando que la capacidad del proceso es deficiente y que es necesario mejorar el proceso para opere dentro de los límites de especificación.

El valor de P_p y P_{pk} son diferentes, por lo tanto, el proceso no está centrado.

Figura 3. 13 Reporte de análisis de capacidad



Fuente: Elaboración Propia

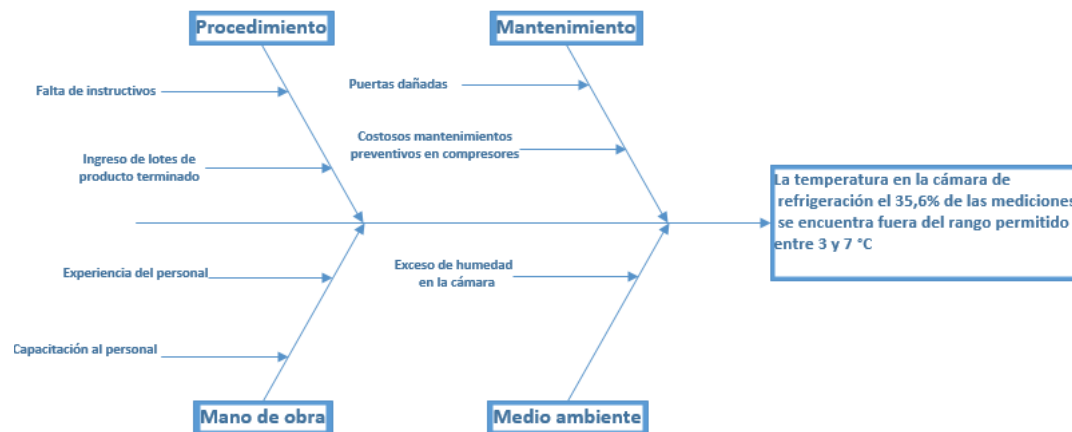
3.3. Analizar

En esta parte se analizan los datos obtenidos en la medición para determinar si es un evento real o un evento aleatorio, mediante herramientas de análisis de datos estadísticos con el fin de planificar las posibles mejoras que se implementan en la siguiente etapa.

3.3.1 Diagrama de Ishikawa

Para realizar el diagrama se invitó a 7 personas entre las áreas de mantenimiento, calidad, logística y producción con el fin de generar ideas de las posibles causas del problema enfocado, variación de temperatura de la cámara de frío, obteniendo el siguiente resultado

Figura 3. 14 Diagrama Ishikawa



Fuente: Elaboración Propia

3.3.2 Matriz causa efecto

La matriz causa-efecto es un método de valoración cualitativa que permite identificar cuál de las posibles causas tiene mayor efecto sobre el problema del proyecto. Para la valoración se asigna un número de 0,1,3 o 9, donde 0 significa que no impacta la variable Y, 1 significa que la causa potencial no impacta significativamente a la variable Y, el valor de 3 corresponde a una causa que impacta de mayor forma a la variable Y, el valor de 9 cuando afecta significativamente al problema enfocado.

Tabla 5 Matriz Causa-Efecto

| MATRIZ CAUSA EFECTO | Supervisor de Producción | Inspector de calidad | Supervisor de Mantenimiento | Operador de logística 1 | Operador de logística 2 | Supervisor de bodega PT | Montacarga de logística | |
|--|--|----------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|
| Causas principales Ishikawa | La temperatura en la cámara de refrigeración el 35,6% de las mediciones se encuentra fuera del rango permitido entre 3 y 7 °C | | | | | | | Total |
| Falta de Instructivos | 0 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 8 |
| Ingreso de lotes de PT | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 11 |
| Experiencia del personal | 3 | 3 | 0 | 1 | 9 | 3 | 1 | 20 |
| Capacitación del personal | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| Puertas dañadas | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 39 |
| Costosos mantenimientos preventivos en compresores | 3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 9 |
| Exceso de humedad | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 33 |

Fuente: Elaboración Propia

Para el proyecto se consideró las variables mayores a 30 puntos con mayor importancia quedando como posibles causas el exceso de humedad y puertas dañadas.

3.3.3 AMEF

Con las posibles causas encontradas en matriz causa efecto, las causas no estaban completamente claras por lo que con el mismo equipo de trabajo se realizó el análisis de modo y efecto de falla AMEF con el que se identificaron entradas más significativas

y posibles acciones de mejora para la siguiente etapa.

Para su elaboración se determina en que puede fallar el proceso, para esto se clasifica de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para evitar su ocurrencia y tener un plan de prevención.

Para identificar las causas potenciales se determinan por el número prioritario de riesgo NRP que es el producto de ocurrencia, severidad y detección; las escalas usadas para calificar están en Anexos 3, 4 y 5

Tabla 6 AMEF

| AMEF DE TEMPERATURA DE CAMARA DE REFRIGERACIÓN FUERA DE RANGO PERMITIDO | | | | | | | | |
|---|-------------------------|---|-----|---------------------------------|-----|---|-------|-----|
| Proceso | Modo de Falla Potencial | Efecto Potencial de Falla | Sev | Causa Potencial | Occ | Controles actuales | Detec | NPR |
| INGRESO / SALIDA DE CAMARA DE REFRIGERACIÓN | Puertas dañadas | Temperatura en cámara de refrigeración fuera de rango | 7 | Puertas desalineada | 8 | Indicador de mantenimiento | 7 | 392 |
| | | | 7 | Borde de puertas permeables | 6 | Indicador de mantenimiento | 7 | 294 |
| | | | 7 | Puertas mal cerradas | 9 | Ninguna | 10 | 630 |
| | Exceso de humedad | Temperatura en cámara de refrigeración fuera de rango | 6 | Ingreso de producto terminado | 6 | Registro de ingreso a bodega | 3 | 108 |
| | | | 6 | Equipos no operan correctamente | 2 | Indicadores de mantenimientos Indicador de | 2 | 24 |
| | | | 6 | Despacho de pedidos | 8 | Registro de despacho de bodega | 6 | 288 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Como resultado se obtiene que las posibles causas son las puertas desalineadas y puertas mal cerradas.

3.3.4 Plan de verificación de causas

Con el objetivo de encontrar como afectan a la variable de respuesta se realizó el siguiente plan de verificación de las posibles causas.

Tabla 7 Plan de verificación de causas potenciales

| Plan de verificación | | | | |
|-----------------------------|---|---------------------|--------------------|----------|
| Causas Potenciales | Teoría del impacto | Método | Fecha de ejecución | Estado |
| Puertas desalineada | Las puertas en mal estado hace que la temperatura aumente en la cámara de refrigeración porque no se pueden cerrar | Observación directa | 5 de Enero 2021 | Completo |
| Puertas mal cerradas | La paredes de la cámara presentan humedad, por lo que los equipos del sistema de enfriamiento trabajen para disminuir la temperatura. | Estadística | 15 de Enero 2021 | Completo |

Fuente: Elaboración Propia

3.3.5 Verificación de causa potencial: Puerta Desalineada

Para verificar la causa se hizo un Gemba walk por las cámaras de logística, se verificó el estado de las puertas encontrando en una visita que de 11 puertas que tienen las cámaras y pre cámaras, 5 puertas dan acceso a la cámara de refrigeración. De las 11 puertas, 5 de ellas estaban desalineadas y 2 de estas puertas desalineadas pertenecen a la cámara de refrigeración.

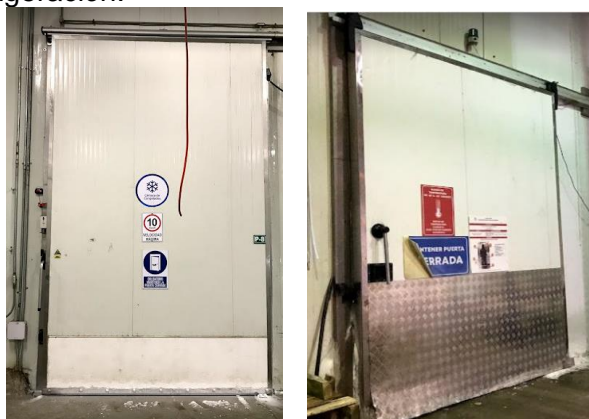


Figura 3. 15 Puertas Desalineadas

Fuente: Cámara de refrigeración

Además, con los históricos de mantenimiento de las puertas de la cámara de refrigeración se revisó las fallas frecuentes en el último semestre del 2020, teniendo el siguiente diagrama.

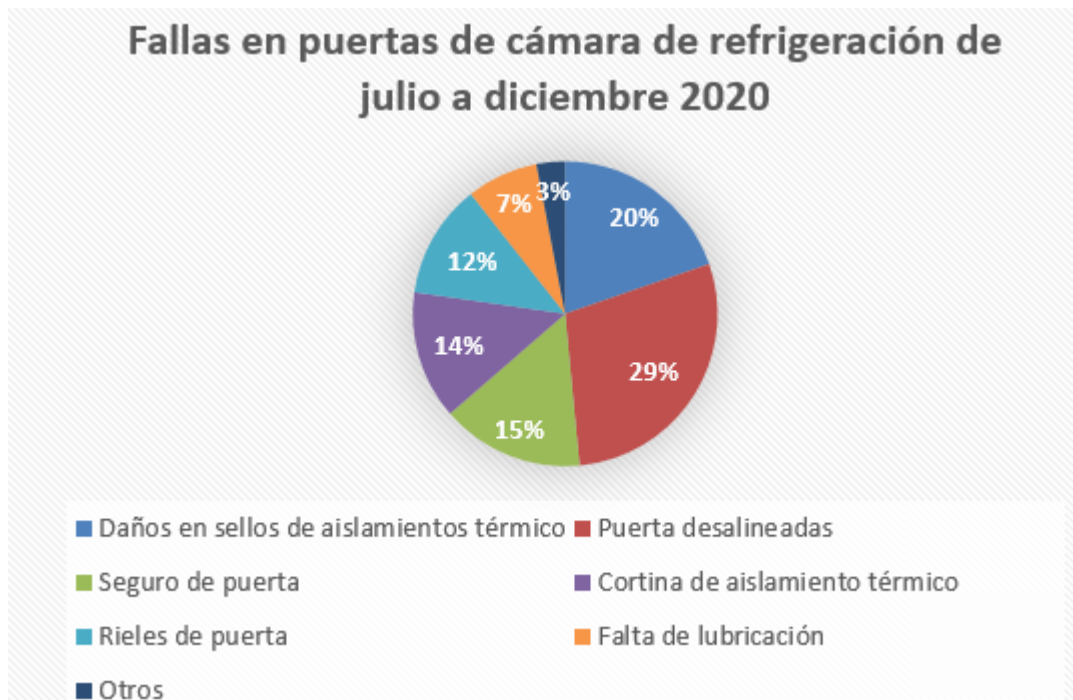


Figura 3. 16 Fallas en puertas de cámara de refrigeración

Fuente: *Elaboración Propia*

Verificación de causa potencial: Puerta mal cerrada.

Para verificar esta causa se hizo recorridos diarios por 10 días en diferentes horarios encontrando puertas mal cerradas, es decir que no estaban completamente cerradas o que estaban abiertas sin tener alguna actividad por medio.



Figura 3. 17 Puerta abierta de cámara de refrigeración

Fuente: *Elaboración Propia*

Con el muestreo se obtuvo que el 68% de las veces la puerta está abierta y sólo el 32% de las veces correctamente cerrada.

ESTADO DE PUERTAS DE CÁMARA DE REFRIGERACIÓN

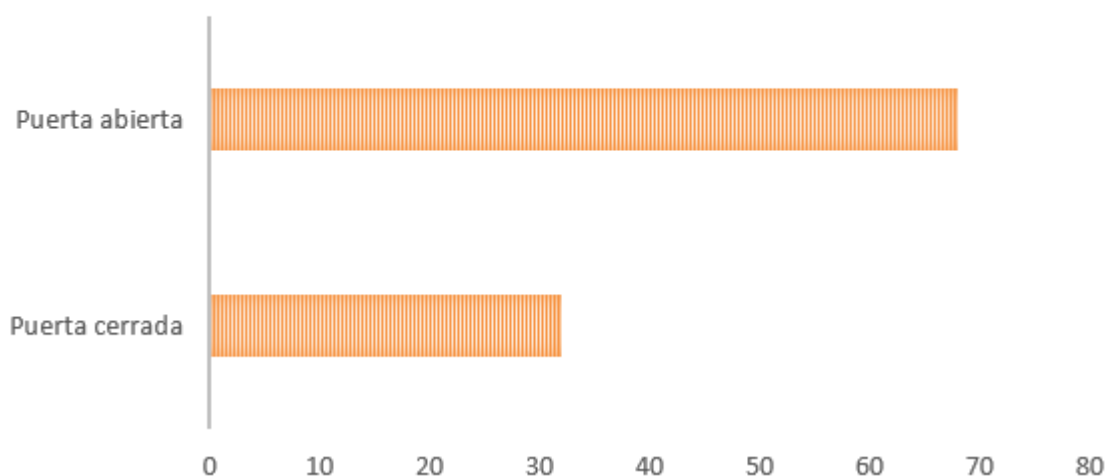


Figura 3. 18 Estado de puerta de cámara de refrigeración

Fuente: Elaboración Propia

3.3.6 Cinco por que

Con la verificación de las causas potenciales se usó la herramienta de los cinco por qué para hallar la causa raíz de nuestro problema enfocado.

| Causa Potencial | Por qué? | Por qué? | Por qué? | Por qué? | Por qué? | Acción |
|----------------------|---|------------------|-----------------------|----------|----------|--|
| | Ronda 1 | Ronda 2 | Ronda 3 | Ronda 4 | Ronda 5 | |
| Puerta desalineadas | Por mala manipulación en el momento de cierre | Exceso de fuerza | Falta de instructivos | | | Elaborar un instructivo de manejo de puertas corredizas |
| Puertas mal cerradas | Por falta de control | | | | | Colocar sensores de puerta para identificar estado abierto o cerrado |

Figura 3. 19 Ronda de 5 Por qué?

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Implementar

En esta etapa se desarrolla las estrategias para la reducción de consumo de energía eléctrica, en las implementaciones se involucran las personas de logística y serán observadas por el equipo de trabajo DMAIC.

3.4.1 Plan de acción de implementación de mejoras

Las acciones a realizar para mejorar las causas raíz del incremento del kWh por litro

de producción del 2019 son:

Implementar un sistema de control de estado abierto/cerrado de puertas

- Instalar sensores de estado abierto/cerrado en las puertas corredizas.
- Definir y programar alarmas por notificación de estado abierto en las puertas.
- Realizar un monitoreo de las temperaturas después de la implementación para verificar los resultados obtenidos.

Elaborar un instructivo de manejo de puertas corredizas.

- Realizar una reunión de trabajo para el desarrollo del instructivo
- Capacitar a los usuarios de las puertas del área de logística.
- Realizar control en los mantenimientos mensuales de las puertas corredizas del área de logística.

Tabla 8 Plan de acción para la implementación de mejoras

| Cronograma de implementación de actividades de mejora | ene-21 | | feb-21 | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 | Semana 6 | Semana 7 | Semana 8 |
| Implementar un sistema de control de estado abierto/cerrado de puertas | | | | | | |
| Instalar sensores de estado abierto/cerrado en las puertas corredizas. | JM | | | | | |
| Definir y programar alarmas por notificación de estado abierto en las puertas. | | JL | | | | |
| Realizar un monitoreo de las temperaturas después de la implementación | | | SL | SL | SL | SL |
| Elaborar un instructivo de manejo de puertas corredizas. | | | | | | |
| Realizar una reunión de trabajo para el desarrollo del instructivo | | | JL | | | |
| Capacitar a los usuarios de las puertas del área de logística. | | | JL | | | |
| Realizar control en los mantenimientos mensuales de las puertas corredizas del área de logística | | | SL | SL | SL | SL |

Responsables

| | |
|-------------------------|----|
| Jefe de Mantenimiento | JM |
| Jefe de Logística | JL |
| Supervisor de Logística | SL |

Fuente: Elaboración Propia

3.4.2 Implementación de plan de acción

Para la implementación se guió por la planificación de acciones realizándose las siguientes actividades:

Implementar un sistema de control de estado abierto/cerrado de puertas

Se realizó el montaje de sensores de estado abierto o cerrado en las puertas de acceso en las puertas.

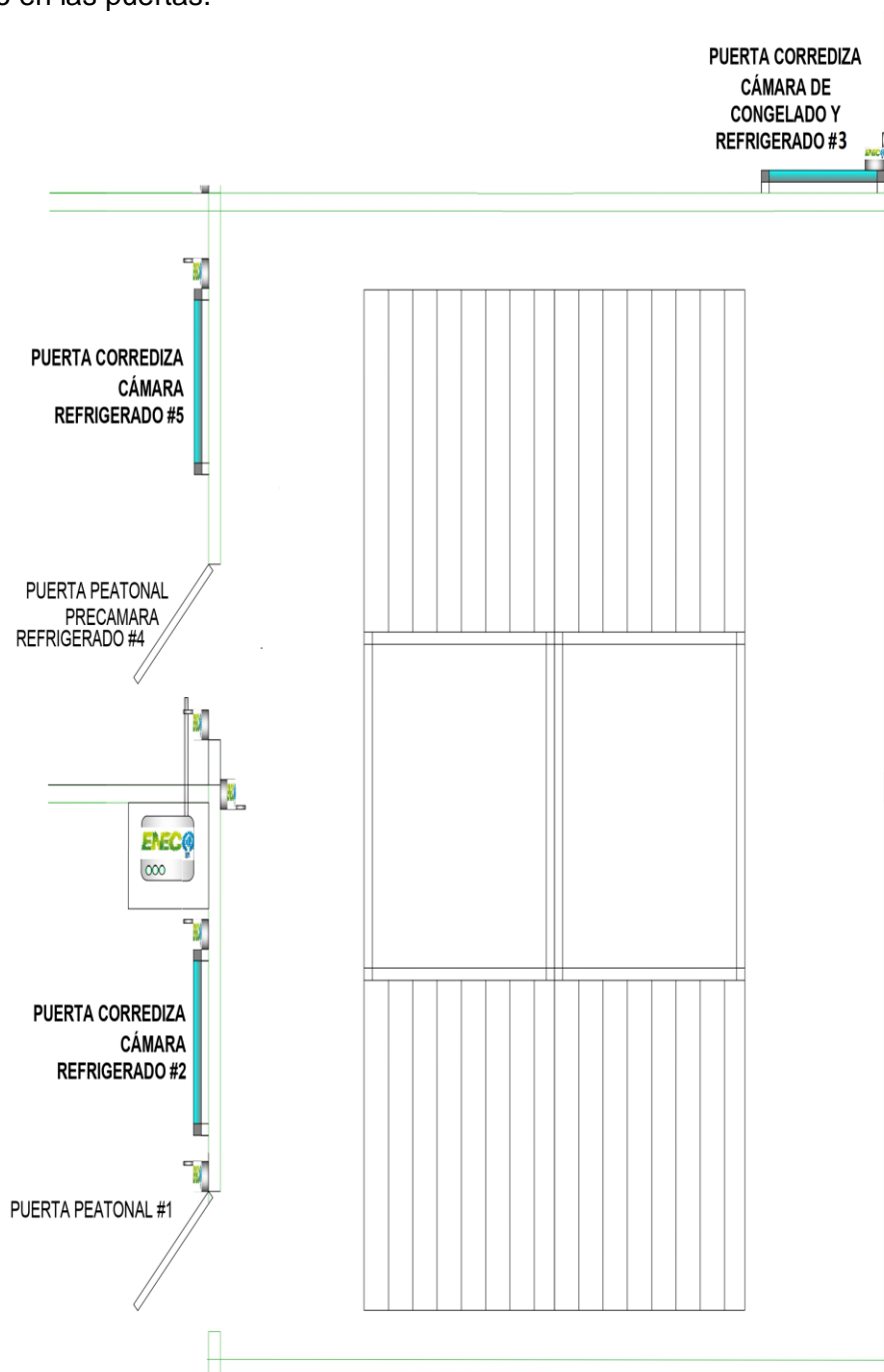


Figura 3. 20 Esquema de montaje de sensores

Fuente: Elaboración Propia



Figura 3. 21 Montaje de sensores

Fuente: Contratista del montaje de sensores

Se realizó un control por alarmas cuando una puerta permaneciera abierta por un tiempo mayor a 5 minutos, considerando este tiempo como periodo máximo para las operaciones de ingreso o salida de productos y por cada activación de alarma se realizó el control de cierre correcto de puertas.



Figura 3. 22 Control de puertas abiertas por más de 5 min

Fuente: Control de puertas de supervisión de logística

Elaborar un instructivo de manejo de puertas corredizas.

Para la elaboración de un instructivo se reunió los supervisores con la empresa contratista que realiza mantenimiento de las puertas corredizas, el instructivo luego fue presentado al personal de operación de las cámaras para concientizar las buenas prácticas de apertura y cierre de puertas, y además notificar el control por sensores por aperturas de puertas por un tiempo mayor a 5 min.



Figura 3. 23 Socialización de instructivo

Fuente: Toma de foto de capacitación.

INSTRUCTIVO DE MANEJO DE PUERTAS DE CÁMARAS

| DATOS GENERALES | |
|--|--|
| PUESTO: OPERADORES DE LOGISTICA | |
| AREA: LOGISTICA PRIMARIA | |
| IMPLEMENTO: | |
| OBJETIVO | ROLES Y RESPONSABILIDADES |
| TENER CLARO COMO OPERAR LAS PUERTAS DE LA CÁMARAS DE CONGELACIÓN Y REFRIGERACIÓN | PERSONAL EN GENERAL: MANIPULAR CORRECTAMENTE LAS PUERTAS DE LAS CÁMARAS DE CONGELACIÓN Y REFRIGERACIÓN SUPERVISOR DEL ÁREA: SOCIALIZAR EL INSTRUCTIVO AL PERSONAL A SU CARGO Y SUPERVISAR TODO EL TIEMPO SU EJECCIÓN. |
| INSTRUCCIONES | |
| MANEJO DE PUERTAS DE CÁMARAS | |

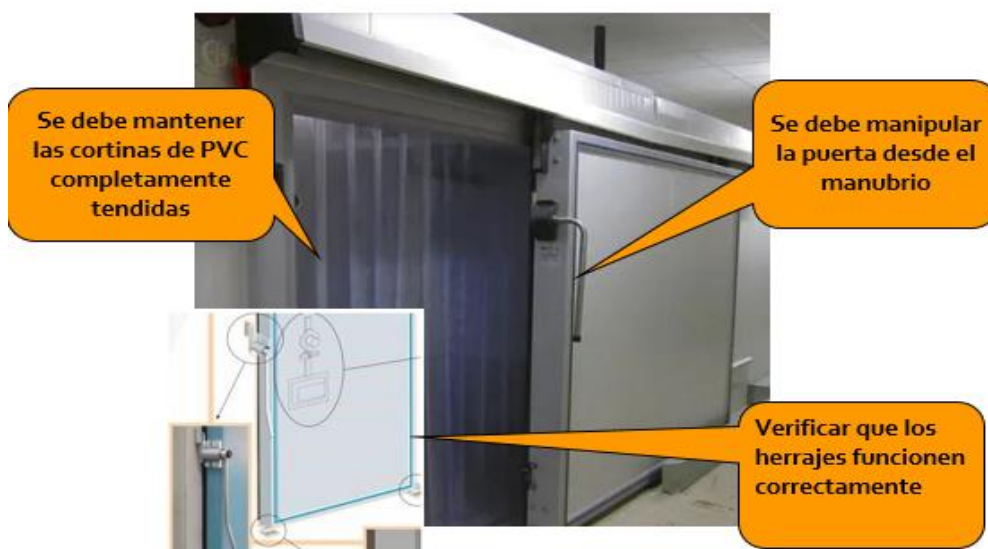


Figura 3. 24 Instructivo de operación de puertas de cámaras

Fuente: Instructivo de empresa de lácteos

3.5. Controlar

3.5.1 Actualizar estándares

Con los resultados obtenidos de la implementación del proyecto DMAIC el consejo directivo estableció los siguientes rangos para los indicadores de control mostrados en la tabla.

Tabla 9 Indicadores de control

| | |
|---|------------------------------------|
| Temperatura de cámara de refrigeración | 4°C - 6°C |
| Consumo de energía por litro de producción | 0,3316 kWh/l - 0,3364 kWh/l |

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2 Plan de control

Para mantener las mejoras a través de los años se implementó el siguiente plan de control

Tabla 10 Plan de control de mejoras

| Qué | Cómo | Quién | Cuándo | Entregables |
|---|--|--|---------------|---|
| Puertas abiertas | Notificación por sensor de puerta. | Supervisor de Logística | Diario | # de notificaciones por puertas abiertas por mas de 5 min |
| Temperatura en cámara de refrigeración | Notificación por sensor de temperatura | Supervisor de Logística | Diario | # de notificaciones por temperatura fuera de rango |
| Implementación de KPI de consumo de energía por litro producido | Control de planillaje eléctrico con producción de planta | Supervisor de Mantenimiento Eléctrico & Producción | Mensual | KPI de kWh |

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS DEL PROYECTO

4.2. Comparación del antes y después de la implementación de mejoras

Luego de la implantación del sistema de control de puerta para identificar el estado abierto o cerrado, se realizó el instructivo y la socialización al personal involucrado por lo que se realizó mediciones durante el mes de febrero para comprobar cómo estas implementaciones afectaron al consumo de energía y los CTQ's previamente declarados:

En la medición de energía de los transformadores T1&T2 se obtuvo una disminución en el consumo, como muestra la tabla 4.1 que compara el consumo promedio, el objetivo y las mediciones del mes de febrero 2021.

Tabla 11 Comparación del consumo de T1&T2

| | Consumo promedio de T1&T2 del 2018 y 2019 | Objetivo SMART de consumo T1&T2 | Consumo de T1&T2 en febrero 2021 |
|--------|---|---------------------------------|----------------------------------|
| | 1.003.293 kWh | 930.875 kWh | 742897,02 kWh |
| Ahorro | - | \$ 4.200,00 | \$ 9.463,36 |

Fuente: Elaboración Propia

Para la variable temperatura de cámara de refrigeración se realizó un diagrama de cajas para comprobar las mediciones del mes de diciembre 2020 en comparación a las mediciones de febrero 2021.

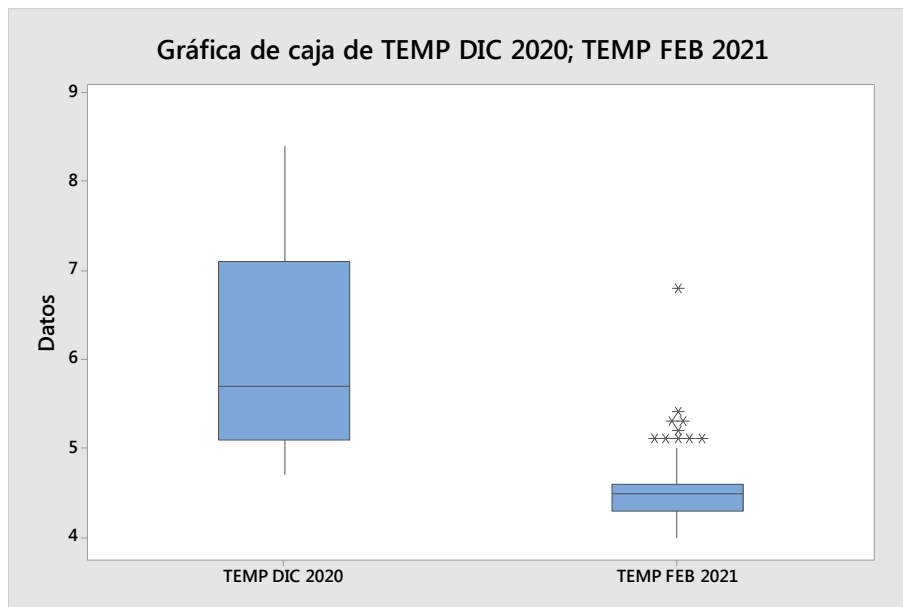


Figura 4. 1 Gráfico de caja de la temperatura en cámara de refrigerado

Fuente: Elaboración Propia – Minitab

Como muestra el figura 4.1 mejoró la variabilidad en la temperatura de la cámara de

refrigeración, manteniéndose cerca del valor medio 5°C del rango permitido entre 3°C y 7 °C, dando solución al problema enfocado.

Para el CTQ de kWh/l se revisó la planilla del mes de febrero del 2021 por consumo eléctrico Anexo 5, este valor se comparó con la producción del mismo mes obteniendo los resultados de la tabla 4.2

Tabla 12 Cálculo kWh/l de febrero 2021

| | Valor | Unidad |
|--|--------------|---------------|
| Consumo de energía feb 2021 | 1.880.752 | kWh |
| Producción febrero 2021 | 5.671.707 | l |
| Indicador de kWh por litro de producción | 0,3316 | kWh/l |

Fuente: *Elaboración Propia*

Con el indicador kWh/l se comparó con el consumo promedio mensual obtenidos durante el 2019, la meta del objetivo del proyecto DMAIC y el resultado después de la implementación de la mejora.

Tabla 13 Comparación de indicador kWh/l

| Consumo promedio mensual 2019 | Meta de CTQ del proyecto | Consumo de febrero 2021 |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 0,3537 kWh /l | 0,3364 kWh/l | 0,3316 kWh/l |

Fuente: *Elaboración Propia*

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se implementó la metodología DMAIC reduciendo el consumo de energía eléctrica de la empresa de lácteos que reportó en el 2019 como promedio 0,3537 kWh/l y que luego de la implementación en febrero del 2021 reportó en 0,3316 kWh/l.

En la etapa de definición se encontró que los grandes consumidores de la planta de lácteos se encontraba en las cargas asociadas a transformadores T1&T2 planteando el objetivo SMART de reducir el consumo energético de los transformadores T1&T2 a 930.875 kWh a partir de febrero del 2021, para finales de febrero el consumo es de 742897,02 kWh con un ahorro de \$9.463,36 con respecto al consumo promedio del 2018 y 2019.

El análisis del problema enfocado se evidenció que la causa raíz era la variabilidad en la temperatura de la cámara de refrigeración, en el diagrama de cajas de la gráfica 4.1 muestra la disminución de la variabilidad, lo que permitió reducir el rango de control de temperatura que antes permitido de (3°C a 7°C) a (4°C a 6°C).

Se logró implementar las mejoras del control de puertas de la cámara de refrigeración y concientizar al personal la importancia de una buena operación de apertura y cierre. Además, se logró reducir la variabilidad de temperatura en la cámara de refrigeración y como consecuencia se redujo el consumo eléctrico en la empresa de lácteos.

Se diseñó un plan de control para mantener los cambios a través del tiempo que pueda alertar cuando una de las variables de control esté fuera de rango.

5.2. RECOMENDACIONES

Las mejoras obtenidas para el mes de febrero deben ser controladas con los nuevos rangos de los indicadores del proyecto declarados en la tabla 4.4, el control de estos indicadores determinara el éxito del proyecto en los siguientes meses.

Actualmente el personal de operación de las bodegas se siente motivado por el ahorro obtenido, se recomienda que se socialice los indicadores obtenidos mensualmente y algún programa de recompensa por las mejoras obtenidas.

Se recomienda replicar el proyecto en las demás cámaras de las bodegas de almacenamiento de producto terminado para conseguir mejores resultados en reducción de energía.

BIBLIOGRAFÍA

Prieto Corcoba, M. (2002). *Seis Sigma en la práctica: guía para la aplicación en proyecto*. España: Asociación Española para la Calidad.

Gómez Fraile, F., Villar Barrio, J. y Tejero Monzón, M. (2002). *Seis Sigma*. España: Fundación Confemetal CF

Socconini, L. y Martín, Juan P. (2019). *Lean Energy 4.0. Guía de implementación*. Barcelona, España: Marge Book.

Orozco Morato, J., (2009). Reducción de gasto energético eléctrico usando seis sigma. *Producción + Limpia*, 4 (2), 90-102.

Davydenko, L., Rozen, V., Davydenko, V., y Davydenko, N. (2020). Control of the energy performance of production facilities, *IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS)*, 413- 417.

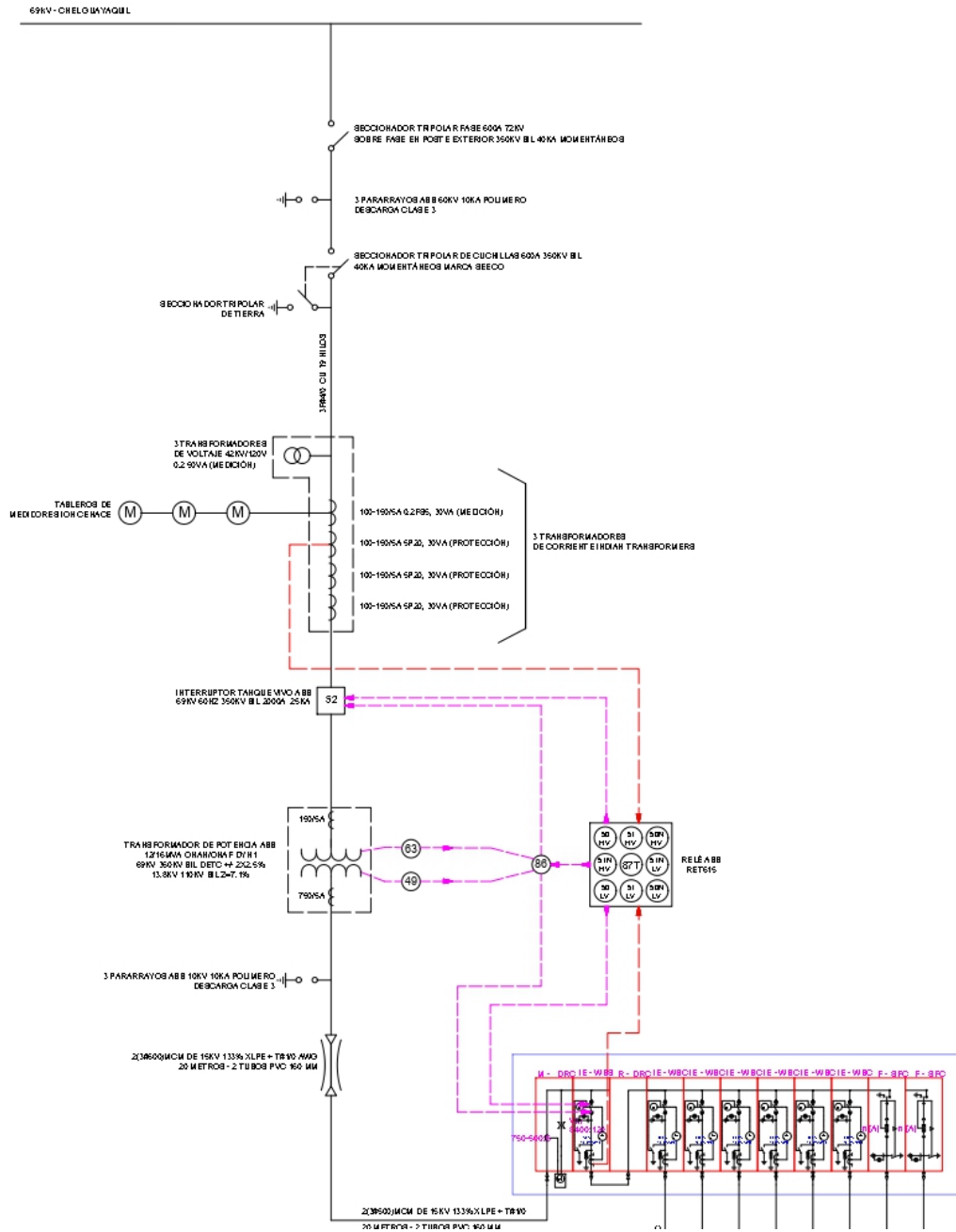
Arifin, W.I., y Vanany, I. (2019). Energy Loss Analysis using Value Stream Mapping (VSM): a Power Plant Case Study, *Conferencia internacional sobre tecnologías y políticas en energía eléctrica y energía de 2019*. 1-5

Eberly, DA. (2006) Ahorro de costos de energía en construcción a partir de métodos de mejora de procesos Six-Sigma, *Planificación estratégica para la energía y el medio ambiente*, 26(1), 59-70.

Gandhi, M., y Yadav, S. (2017) Eficiencia Energética Mediante Gestión de Tecnología: Revisión de la Literatura. *Revista Internacional de Energía, Medio Ambiente y Economía*, 25 (3), 245-254.

ANEXO

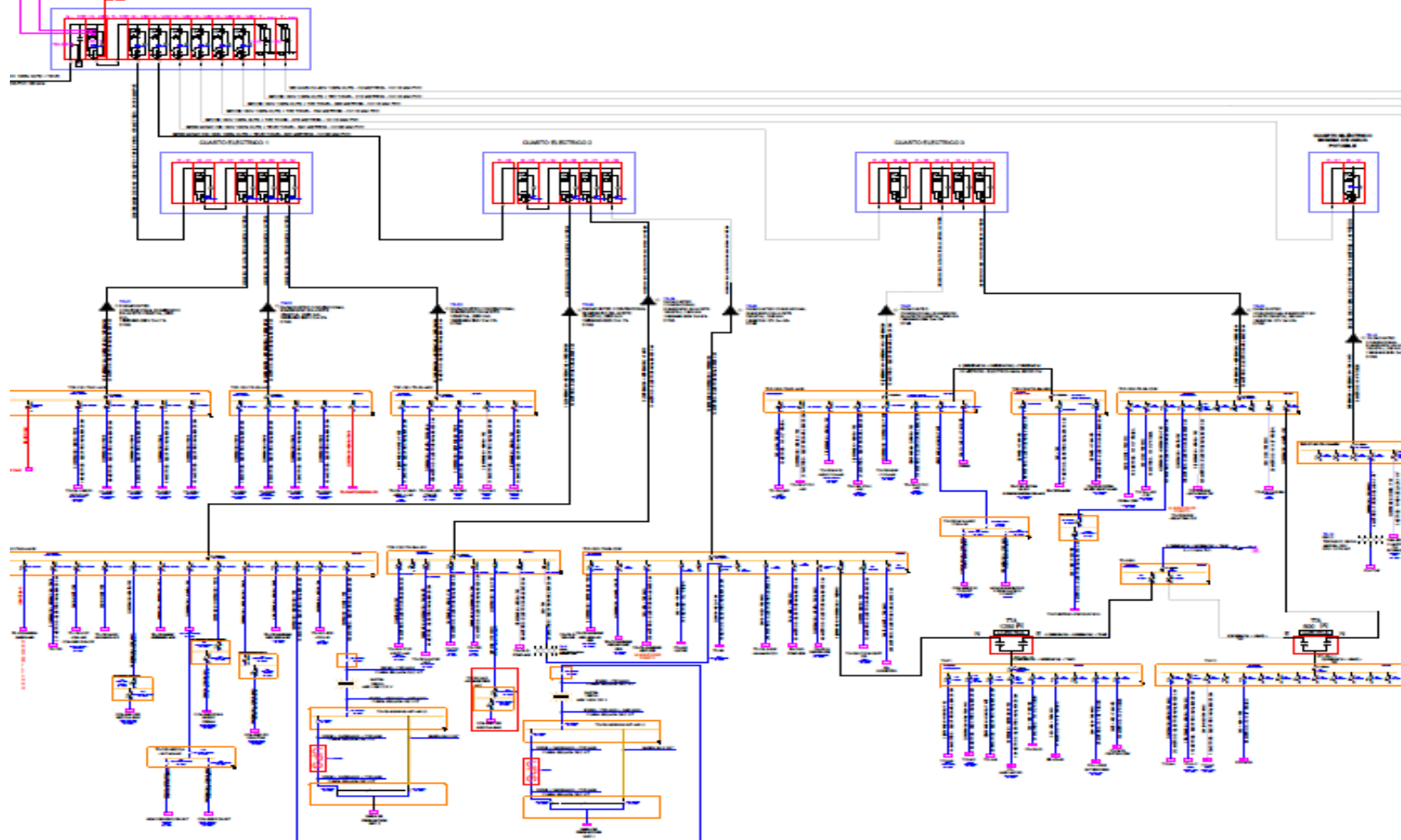
ANEXO 1



Anexo. 1 Plano de distribución principal de planta de lácteos

Fuente: Plano de la empresa de lácteos

ANEXO 2



Anexo. 2 Distribución de TR para planta de producción de lácteos
Fuente: Plano de la empresa de lácteos

ANEXO 3.

| | Severidad o Efecto | Calif. |
|-----------------|---|--------|
| Extrema | Puede dañar la máquina o al operador. Peligro sin advertencia. | 10 |
| | Puede dañar la máquina o al operador. Peligro con advertencia. | 9 |
| Alta | Interrupción mayor de la línea de producción. Pérdida de la función primaria, 100% de desperdicio. | 8 |
| | Reducción del desempeño de la función primaria. El producto requiere clasificación, algo de desperdicio. | 7 |
| Moderada | Interrupción menor en la producción. Algo de desperdicio. Perdida del desempeño de la función secundaria. | 6 |
| | Interrupción menor a la producción. 100% de retrabajo. Desempeño reducido de la función secundaria. | 5 |
| | Defecto menor identificado por casi todos los clientes. El producto requiere clasificación y algo de retrabajo. | 4 |
| Baja | Ajuste y Acabado/Artículo con chillido o ruido. Defecto menor identificado por algunos clientes. | 3 |
| | Los defectos pueden ser retrabajados en el lugar. Defecto menor identificado por un cliente observador. | 2 |
| Nula | No hay efecto | 1 |

Anexo. 3 Escala de Severidad o efecto

Fuente: *Diapositivas de Analisis – DMAIC del PhD Marco Buestan*

ANEXO 4

| | Probabilidad de ocurrencia | Fallas | Capacidad | Calif |
|----------|--|-----------|-----------|-------|
| Muy alta | La falla es casi inevitable | 1 en 2 | < .33 | 10 |
| | | 1 en 3 | > .33 | 9 |
| Alta | El proceso no está en control estadístico. Procesos similares tienen problemas experimentados. | 1 en 8 | > .51 | 8 |
| | | 1 en 20 | > .67 | 7 |
| Moderada | El proceso está en control estadístico pero con fallas aisladas. Procesos previos tienen fallas ocasionales experimentadas o condiciones fuera de control. | 1 en 80 | > .83 | 6 |
| | | 1 en 400 | > 1.00 | 5 |
| | | 1 en 2000 | > 1.17 | 4 |
| Baja | El proceso está en control estadístico. | 1 en 15k | > 1.33 | 3 |
| Muy Baja | El proceso está en control estadístico. Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos. | 1 en 150k | > 1.50 | 2 |
| Remota | La falla es improbable. No se conocen fallas asociadas con procesos casi idénticos. | 1 en 1.5M | > 1.67 | 1 |

Anexo. 4 Escala de ocurrencia

Fuente: Diapositivas de Analisis – DMAIC del PhD Marco Buestan


ANEXO 5

| | Probabilidad de que el control detecte la falla | DPPM | Probabilidad | Calif. |
|----------|---|---------|--------------|--------|
| Muy baja | No se conocen controles disponibles para detectar el modo de falla. | 100,000 | 1 en 10 | 10 |
| Baja | Los controles tienen una remota posibilidad de detectar la falla. | 50,000 | 1 en 20 | 9 |
| | | 20,000 | 1 en 50 | 8 |
| Moderada | Los controles pudieran detectar la existencia de una falla. | 10,000 | 1 en 100 | 7 |
| | | 5,000 | 1 en 200 | 6 |
| | | 2,000 | 1 en 500 | 5 |
| Alta | Los controles tienen una buena oportunidad de detectar la existencia de una falla. | 1,000 | 1 en 1,000 | 4 |
| | | 500 | 1 en 2,000 | 3 |
| Muy alta | El proceso detecta automáticamente la falla. Los controles casi siempre detectará la existencia de una falla. | 200 | 1 en 5,000 | 2 |
| | | 100 | 1 en 10,000 | 1 |

Anexo. 5 Escala de detección


Fuente: Diapositivas de Analisis – DMAIC del PhD Marco Buestan

ANEXO 6





**SE
S.A.**

Obligado a Llevar Contabilidad: Si
 Contribuyente Especial Nro: 615


 1203202101179235312200120010010000032766016010011

Información Cliente

| | |
|--|--|
| <p>Cédula/Ruc: </p> <p>Nombre: </p> <p>Teléfonos: NO-ESTABLECIDA</p> <p>Dirección: VIA A DAULE</p> | <p>Fecha Emisión: 12/03/2021</p> <p>Fecha Vencimiento: 11/04/2021</p> <p>Moneda: USD</p> |
|--|--|

| N | Código | Nombre | Cant. | Precio U. | Desc. | Precio T. |
|---|---------|-------------------|--------------|-----------|-------|------------|
| 1 | VENT001 | Energia Electrica | 1.880.751,96 | 0,059 | 0,00 | 110.964,37 |

Anexo. 6 Planilla de consumo eléctrico febrero 2021
Fuente: Facturas por consumo eléctrico de febrero 2021