



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

**“Implementación de metodología Mantenimiento Productivo
Total para reducción de costos de mantenimiento de equipos
de congelamiento criogénico de alimentos”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS

Presentada por:

Jorge Gabriel Bonilla Rodríguez

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

AGRADECIMIENTO

A la ESPOL y a mi directora de proyecto, la Dr. Denise Rodríguez Z. por los conocimientos nuevos adquiridos, a mis compañeros de trabajo que con su tiempo colaboraron de una u otra forma en la realización de este proyecto, y a mis padres por darme las fuerzas y sabiduría de avanzar con mis estudios.

DEDICATORIA

El presente trabajo realizado con esfuerzo, paciencia y perseverancia por varios meses incluso durante la pandemia está dedicado a mis padres, hermanos y amigos que siempre estuvieron a mi lado.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Ángel Ramírez M., Ph.D.
PRESIDENTE

Denise Rodríguez Z., Ph.D.
DIRECTOR DE PROYECTO

Marcos Tapia Q., MSc.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

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

Jorge Gabriel Bonilla Rodríguez

RESUMEN

El presente proyecto tiene como propósito la implementación de la metodología Mantenimiento Productivo Total (TPM) de los equipos de congelamiento de alimentos por métodos criogénicos usando nitrógeno líquido instalados en la compañía Durán, cliente de Criogenia Ecuador. Se describe el proceso aplicado en la reducción de costos en el servicio de mantenimiento de los tres equipos de congelamiento de camarón propiedad de Criogenia, instalados en la planta de la empresa Durán con el fin de ajustarse al presupuesto proyectado, que se calcula con el 6% del valor de facturación estimado del año.

El desarrollo del proyecto comienza con la identificación de las causas raíz de los daños y averías por medio de herramientas de Lean Manufacturing. Se realizan entrevistas y reuniones con partes interesadas del cliente quienes proporcionan los requerimientos específicos deseados contrastando con los ofrecidos por Criogenia. Con los datos obtenidos de la Voz del Cliente, se realiza una depuración de estos por medio del uso de las herramientas Análisis de Causa Raíz y Cinco Porqués, obteniendo las causas raíz específicas a mejorar en el desarrollo del proyecto. Adicional se busca la mejora en el sistema de adquisición y tratamiento de materiales y repuestos, por medio de la identificación de costos que causan impacto en el trabajo de mantenimiento por medio de Análisis de Valor de Componentes.

Con los hallazgos encontrados en los análisis descritos, Criogenia toma la decisión de implementar Mantenimiento Productivo Total (TPM). Con la ejecución de Mejoras Enfocadas y Actividades Administrativas se consigue la mejora deseada en el control de inventario de repuestos y calidad de recurso humano responsable del servicio. Los pilares Cinco S y Mantenimiento Autónomo brindan el conocimiento a todos los involucrados del estado ideal de los equipos y la capacidad operativa para mantenerlos a lo largo de su vida útil. Finalmente mejorando el Mantenimiento Planificado se consigue una reducción de actividades correctivas al implementar actividades preventivas de calidad según el régimen de trabajo deseado por el cliente Durán mejorando la relación costo – beneficio del servicio integral prestado por Criogenia.

Al corte financiero del año 2019, periodo que se toma como referencia para la ejecución del proyecto, se sobrepasó el presupuesto anual de USD \$51.840,00 en 19% lo cual no cumple con los márgenes de Criogenia. Luego de la implementación del proyecto donde el presupuesto del 2020 fue de USD \$75,600.00 se logró un costo real de USD \$66,910,45 que cumple con lo proyectado, pero es un valor con irregularidades por los meses de poco trabajo debido a la restricción de producción por la pandemia. Por esta razón se realiza una proyección para el año 2021 con el presupuesto del año anterior, donde los datos arrojan un costo por servicio de mantenimiento anual de USD \$76.741,14 que está dentro de los márgenes permitidos por el departamento financiero de Criogenia Ecuador.

Palabras claves: Lean Manufacturing, mantenimiento productivo total, mantenimiento autónomo, procesos, mantenimiento planificado, congelamiento de alimentos.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL	II
ABREVIATURAS	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Área de Estudio.....	1
1.2. Planteamiento del Problema	4
1.3. Objetivo General	7
1.3.1. Objetivos específicos.....	7
1.4. Metodología del Trabajo de Titulación.....	7
1.5. Estructura del Trabajo de Titulación	8
CAPÍTULO 2	
2. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN INICIAL	10
2.1. Introducción.....	10
2.2. Introducción a túneles de congelamiento	11
2.2.1. Componentes básicos de túnel de congelamiento de Criogenia.....	14
2.3. Identificación de problemas.....	18
2.3.1. Reconocimiento de procesos operativos de Durán.....	20
2.3.2. Reconocimiento de procesos servicio de mantenimiento de Criogenia..	25
2.4. Análisis Causa Efecto del servicio.....	30
2.4.1. Verificación de causas raíz.....	33
2.5. Análisis de Valor de Componentes y Materiales.....	38
CAPÍTULO 3	
3. IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES TÉCNICAS Y FINANCIERAS.....	43
3.1. Punto de Partida.....	43
3.2. Selección de TPM como Herramienta de Mejora.....	44
3.3. Actividades Administrativas y Apoyo	47
3.3.1. Mejora en el contrato de mantenimiento.....	47
3.3.2. Mejora en manejo de inventario.....	53
3.4. Capacitación	64
3.4.1. Capacitación a personal de Durán.....	64
3.4.2. Capacitación a personal de Criogenia	67

3.5. Implementación de 5's	69
3.5.1. Seiri (Seleccionar) y Seito (Ordenar)	70
3.5.2. Seiso (Limpiar)	85
3.5.3. Seiketsu (Control) y Shitsuke (Disciplina)	101
3.6. Mantenimiento Autónomo.....	104
3.6.1. Limpieza inicial	105
3.6.2. Eliminar fuentes de contaminación	106
3.6.3. Inspección General.....	108
3.6.4. Inspección Autónoma	111
3.7. Mejoras Enfocadas.....	116
3.8. Mantenimiento Planificado	119

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN DE TPM.....	124
4.1. Reporte de costos del año 2020.....	124
4.2. Análisis de soluciones brindada por implementación de TPM	127
4.2.1. Análisis de calidad de energía eléctrica	127
4.2.2. Actualización de panel de control de túnel Durán 1	128
4.2.3. Hermeticidad de tableros de control	130
4.2.4. Fijación de procedimientos de tareas rutinarias	130
4.2.5. Metodología de selección de repuestos.....	131
4.2.6. Control de inventario de bodega de repuestos	135
4.2.7. Mejora en plan de mantenimiento rutinario	136
4.3. Proyección de costos del año 2021	139
4.4. Mejoras por implementar	142
4.4.1. Cambio de túnel Durán 1	142
4.4.2. Seguridad en el trabajo.....	144

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	147
5.1. Conclusiones.....	147
5.2. Recomendaciones.....	149

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ABREVIATURAS

APU	Análisis de precio unitario
ASAP	Lo más pronto posible (por sus siglas en inglés)
ASU	Unidad de Separación del Aire (por sus siglas en inglés)
DMAIC	Definición, Medición, Análisis, Mejora, Control (por sus siglas en inglés)
F&B	Comidas y Bebidas (por sus siglas en inglés)
HMI	Interfase hombre máquina (por sus siglas en inglés)
IQF	Congelamiento Individual Rápido (por sus siglas en inglés)
LUP	Lección de un punto
RRHH	Recursos Humanos
SA	Sociedad Anónima
SIC	Servicio de Ingeniería para Clientes de Criogenia
SSO	Seguridad y salud ocupacional
TPM	Mantenimiento Productivo Total (por siglas en inglés)
UPS	Sistema de alimentación ininterrumpida (por sus siglas en inglés)
VIP	Personal muy importante (por sus siglas en inglés)

SIMBOLOGÍA

°C	Grados centígrados
CO2	Dióxido de Carbono
GAN	Nitrógeno Gas
Kg	Kilogramos
LIN	Nitrógeno Líquido
TON	Toneladas

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Túnel de Congelamiento de Criogenia SA	1
Figura 1.2. Representación gráfica de la Tabla 1.....	3
Figura 1.3. Diagrama de Pareto de Costos de Mantenimiento 2018	5
Figura 1.4. Diagrama de Pareto de Costos Mantenimiento 2019.....	5
Figura 2.1 Esquema básico congelación con LIN	12
Figura 2.2 Control de operación de túnel de congelamiento	13
Figura 2.3 Vista interior de cámara del túnel durante operación	13
Figura 2.4 Entrada y salida de camarón en el proceso de congelamiento	14
Figura 2.5 Estructura de túnel de congelamiento.....	14
Figura 2.6 Diagrama eléctrico y control general de equipos.....	15
Figura 2.7 Raspador de salida superior	17
Figura 2.8 Raspador de salida inferior	17
Figura 2.9 Raspador de entrada de túnel.....	17
Figura 2.10 Vista lateral de túnel Durán 2.....	18
Figura 2.11 Reunión de lanzamiento comité	19
Figura 2.12 Cantidad de fallas por percepción de personal Durán.....	22
Figura 2.13 Organigrama del departamento SIC de Criogenia.....	26
Figura 2.14 Análisis de incidente por método de árbol causa	29
Figura 2.15 Diagrama causa efecto del servicio de mantenimiento de equipos	31
Figura 3.1 Pilares Fundamentales del TPM	46
Figura 3.2 Presentación de pliegos servicio de mantenimiento.....	49
Figura 3.3 Importación de repuestos para regulación de inventario	56
Figura 3.4 Temario de capacitación a personal de Durán	65
Figura 3.5 Capacitación en oficinas a personal de Durán	65
Figura 3.6 Jornada de capacitación práctica en túnel Durán 3.....	66
Figura 3.7 Registro de asistencia a jornadas de capacitación.....	67
Figura 3.8 Capacitación en oficinas a personal de Criogenia.....	68
Figura 3.9 Pasos de las cinco S.....	70
Figura 3.10 Selección de elementos necesarios.....	71
Figura 3.11 Hallazgo alrededor de túnel Durán 3.....	72
Figura 3.12 Hallazgo alrededor de túnel Durán 2.....	73
Figura 3.13 Elementos cobertores y retención de Durán 2	74
Figura 3.14 Hallazgo alrededor de túnel Durán 1.....	74
Figura 3.15 Perchas para material de limpieza	75
Figura 3.16 Limpieza de soportes de banda sobre mesa asignada	76
Figura 3.17 Retiro de cobertor de entrada de Durán.....	76
Figura 3.18 Acople de tubería de extracción de túnel Durán 1.....	77
Figura 3.19 Hallazgo dentro de compartimento superior de túneles.....	78

Figura 3.20 Orden de túneles de congelamiento.....	79
Figura 3.21 Hallazgo dentro de panel principal de Durán 1.....	81
Figura 3.22 Hallazgo dentro de panel principal de Durán 2.....	82
Figura 3.23 Hallazgo dentro de panel principal de Durán 3.....	82
Figura 3.24 Orden del tablero principal del túnel Durán 1.....	83
Figura 3.25 Retiro de enfriador del tablero del túnel Durán 1.....	84
Figura 3.26 Retiro de control eléctrico de extractor de túnel Durán 2.....	84
Figura 3.27 Retiro de herramientas y repuestos de túnel Durán 3.....	84
Figura 3.28 Recolección de excedente de cable de túnel Durán 3.....	85
Figura 3.29 Paradas de emergencia en mal estado.....	87
Figura 3.30 Suciedad por fuga de agua dentro de paneles control.....	87
Figura 3.31 Interruptor de arranque de túnel averiado.....	88
Figura 3.32 Sensores en mal estado.....	88
Figura 3.33 Fundas eléctricas en mal estado.....	89
Figura 3.34 Cables de alimentación principal en mal estado.....	89
Figura 3.35 Extractores con residuos físicos en turbinas.....	90
Figura 3.36 Estructura de motores de proceso en mal estado.....	90
Figura 3.37 Dispositivos de activación en mal estado.....	91
Figura 3.38 Boquillas de aspersion con presencia de suciedad.....	91
Figura 3.39 Protectores de acrílico en mal estado.....	91
Figura 3.40 Cortinas de entrada y salida no funcionales.....	92
Figura 3.41 Piñones helicoidales de sacrificio gastados.....	92
Figura 3.42 Suciedad en cardanes de elevación de túnel.....	92
Figura 3.43 Daño en tuberías de extracción.....	93
Figura 3.44 Daño en estructura perimetral de túneles.....	93
Figura 3.45 Reemplazo de todas las paradas de emergencia.....	94
Figura 3.46 Reemplazo de interruptores de arranque.....	94
Figura 3.47 Mejora de filtración y limpieza tableros.....	95
Figura 3.48 Reemplazo de todos los sensores de presencia.....	95
Figura 3.49 Reemplazo de sensores de posición de túnel.....	96
Figura 3.50 Mantenimiento en taller de grupo motores.....	96
Figura 3.51 Mantenimiento y limpieza extractores.....	97
Figura 3.52 Cambio de solenoides completos.....	97
Figura 3.53 Estandarización de componentes eléctricos.....	98
Figura 3.54 Limpieza interna de rociadores LIN.....	98
Figura 3.55 Recuperación de cobertores.....	99
Figura 3.56 Reemplazo de piñones, bocine y acoples.....	99
Figura 3.57 Limpieza y lubricación de cardán.....	100
Figura 3.58 Reemplazo de tramos de tubería de extracción.....	100
Figura 3.59 Correcciones en estructura de túneles.....	101
Figura 3.60 Valores iniciales de arranque de túneles.....	102
Figura 3.61 Valores límites superiores e inferiores permisibles.....	103
Figura 3.62 Acople de piñones para generación de olas.....	104
Figura 3.63 Adquisición de protectores de tableros de control.....	106
Figura 3.64 Implementación de protectores en tableros.....	107

Figura 3.65 Cubrimiento plástico en tableros de control.....	107
Figura 3.66 Pantalla Servicio de túneles de congelamiento	109
Figura 3.67 Pantalla de alarmas de túnel criogénico.....	110
Figura 3.68 LUP Descongelamiento interno túneles Criogenia	112
Figura 3.69 LUP Arranque de túneles Criogenia.....	113
Figura 3.70 Instalación de LUP descongelación de túneles	114
Figura 3.71 Datos carga eléctrica túneles Criogenia.....	117
Figura 3.72 Instalación de UPS rectificador para túneles Criogenia.....	118
Figura 3.73 Vuelta a estado inicial 24VDC túnel Durán 1.....	119
Figura 4.1 Sistema de monitoreo de oxígeno.....	146

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resumen de operación de túneles de congelamiento 2017	2
Tabla 2. Resumen de operación de túneles de congelamiento 2018	3
Tabla 3. Resumen de operación de túneles de congelamiento 2019	4
Tabla 4 Proyección de 2020 con el mismo régimen de trabajo de 2019	6
Tabla 5. Cantidad de fallas por percepción de personal Durán	23
Tabla 6 Matriz causa efecto	32
Tabla 7 Matriz 5 por qué	34
Tabla 8 Resultados de la matriz 5 por qué	38
Tabla 9 Tabla de valor componentes mecánicos	40
Tabla 10 Tabla de valor componentes eléctricos y control	41
Tabla 11 Mejoras en mantenimiento esperadas	44
Tabla 12 Costos mantenimiento por contrato anterior	51
Tabla 13 Costos mantenimiento por contrato nuevo	52
Tabla 14 Mantenimiento planificado anual contrato anterior	53
Tabla 15 Sección de listado inicial de bodega de repuestos	54
Tabla 16 Control de inventario por tipo	55
Tabla 17 Costos taller de motores contrato anterior	58
Tabla 18 Costos taller de motores contrato actual	58
Tabla 19 Costos de consumibles de contrato anterior	59
Tabla 20 Costos de consumibles de contrato actual	59
Tabla 21 Mejora en análisis de valor componentes mecánicos	61
Tabla 22 Mejora en análisis de valor componentes de control	63
Tabla 23 Listado de alarmas de túneles criogénicos	110
Tabla 24 Factores para optimizar producción	115
Tabla 25 Receta de producción por producto	115
Tabla 26 Costos por contrato de mantenimientos planificados	122
Tabla 27 Tabla de costos de mantenimiento planificado actual	122
Tabla 28 Cronograma de mantenimientos planificados túneles en Durán	123
Tabla 29 Resumen de costos mantenimiento Durán 2020	124
Tabla 30 Resumen mensual de costos por mano de obra en mantenimiento 2020 ..	125
Tabla 31 Resumen mensual de costos por repuestos en mantenimiento 2020	125
Tabla 32 Resumen de costos de repuestos 2019 y 2020	128
Tabla 33 Tabla de cantidad de partes de desgaste	134
Tabla 34 Tabla de costos unitarios previo análisis	134
Tabla 35 Tabla de costos unitarios posterior análisis	134
Tabla 36 Resumen de costos previo análisis	134
Tabla 37 Resumen de costos posterior análisis	135

Tabla 38 Costos de Mantenimiento Planificado contrato anterior.....	137
Tabla 39 Costos de Mantenimiento Planificado contrato nuevo.....	138
Tabla 40 Costos repuestos planificados y correctivos en 2021.....	141
Tabla 41 Costos por servicios planificados y correctivos en 2021.....	141
Tabla 42 Repuestos exclusivos de túnel Durán 1	144
Tabla 43 Efectos por nivel de oxígeno en ser humano	145

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Área de Estudio

El presente proyecto se desarrolla en la empresa Criogenia SA, la cual es una multinacional que se especializa en la generación, producción, envasado, distribución e instalación de soluciones con gases del aire en estado líquido (criogénico) y/o gaseoso para entrega en instalaciones de clientes a nivel nacional. Teniendo presencia en Ecuador, la empresa cuenta con su oficina principal en la ciudad de Quito, dos plantas de generación de producto, una en Quito y una en Guayaquil, y 5 sucursales que funcionan como oficinas y centros de distribución en varias ciudades del país, donde se ha dividido el mercado en dos grandes departamentos:

- Departamento medicinal, cuyos clientes incluye hospitales, clínicas, centros de salud, consultorios, terapias, los cuales requieran productos, servicios y/o soluciones a base de gases medicinales.
- Departamento industrial, cuyos clientes incluye a industrias del sector energético, producción de acero, procesamiento químico, protección del medio ambiente, soldaduras y la industria de alimentos y bebidas, los cuales requieran productos, servicios y/o soluciones de gases del aire, artificiales y/o especiales.

La empresa Criogenia SA instala túneles de congelamiento utilizando nitrógeno líquido en las facilidades de sus clientes bajo la modalidad de contrato en comodato, donde el cliente se compromete a consumir solamente LIN otorgado por Criogenia SA. Al ser un equipo propiedad del proveedor de los gases, el mantenimiento está a cargo de la compañía.



Figura 1.1 Túnel de Congelamiento de Criogenia SA

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

El grupo de marketing y comercial de la empresa Criogenia SA toma el reto de introducir este equipo como una solución en el mercado del Ecuador en el año 2016. Debido a las bondades que ofrece, se consigue el cierre de contrato en tres clientes que necesitan del servicio con fecha de arranque primer cuatrimestre del año 2017, los mismos que tienen planes de expansión a gran escala. Los clientes que solicitan el servicio, que se han denominado según su ubicación geográfica, son Guayaquil que es una empacadora de camarón, Chongón que es una exportadora de frutas y derivados, y Durán que es una empacadora de camarón.

Al culminar el año 2017, se obtienen los datos de operación de los equipos instalados los cuales arrojan números de intervenciones de mantenimiento con un promedio de 2 veces por semana en cada equipo. Aunque los números reflejados en la Tabla 1 y Figura 1.2 parecen catastróficos, la evolución que se obtuvo a lo largo del año tuvo una gran respuesta del cliente Durán. Este cliente decide incorporar un nuevo equipo para el año entrante con la condición de que Criogenia mejore la disponibilidad de ambos equipos. Esta decisión se basa a que a inicios del 2017 tan solo podían trabajar con el equipo dos días a la semana y a finales de año se estaba logrando 6 días a la semana. Además, los costos de producción con nitrógeno daban resultados muy significativos con respecto a tecnología con amoniaco.

Tabla 1. Resumen de operación de túneles de congelamiento 2017

		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Días Promedio
G	Días en mantenimiento	5	5	16	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,92
	Días equipo operativo	7	2	-	5	5	7	7	7	6	7	7	7	5,58
D	Días en mantenimiento	22	11	20	18	7	10	16	10	9	9	4	10	12,17
	Días equipo operativo	6	6	8	7	12	12	12	15	21	18	19	20	13,00
C	Días en mantenimiento	3	1	-	12	4	1	2	3	1	3	2	6	3,17
	Días equipo operativo	12	10	15	7	10	10	7	10	10	10	12	10	10,25

- G Guayaquil
- D Durán
- C Chongón

(Fuente: Elaboración propia)

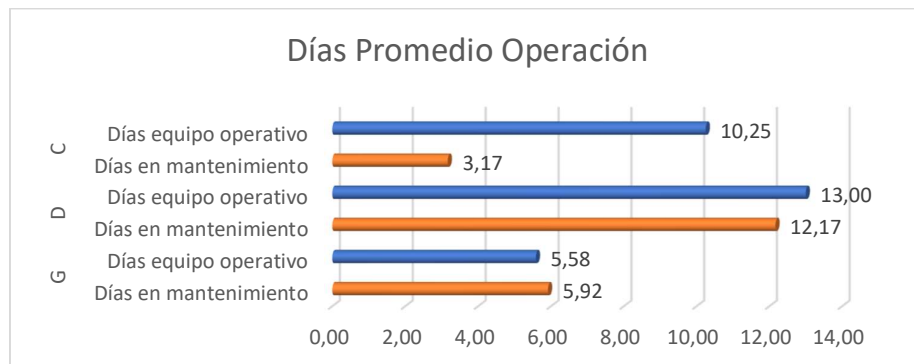


Figura 1.2. Representación gráfica de la Tabla 1

(Fuente: Elaboración propia)

En el año 2018, se comienzan a guardar datos de los gastos que se realiza en el mantenimiento. Se debe tomar en cuenta que en el 2018 ingresan dos equipos a la operación de Ecuador, el segundo a instalarse en el cliente Durán y uno nuevo en el cliente Pedernales. A finales de año se obtienen los resultados observados en la Tabla 2 como resumen financiero de gastos por mantenimiento de túneles de congelamiento.

Tabla 2. Resumen de operación de túneles de congelamiento 2018

Cliente	Total por Servicio	Total por Repuestos	Total Anual	Carga %
Preventivo	\$ 6.741,63		\$ 6.741,63	7%
Durán 1	\$ 28.124,28	\$ 16.200,16	\$ 44.324,44	43%
Durán 2	\$ 16.922,46	\$ 8.853,11	\$ 25.775,57	25%
Pedernales	\$ 6.776,83	\$ 6.228,80	\$ 13.005,63	13%
Guayaquil	\$ 6.820,17	\$ 520,00	\$ 7.340,17	7%
Chongón	\$ 4.708,40	\$ 1.378,00	\$ 6.086,40	6%

TOTAL CIERRE \$ 103.273,84

INVENTARIO CIERRE \$ 49.104,61

(Fuente: Elaboración propia a partir de ANEXOS A)

A inicios del año 2019 los equipos detallados en la Tabla 2 ingresan a un plan de mantenimiento de los activos de la empresa. Esto ya no tan solo da una visualización de los gastos a nivel departamental, sino que ya es un reporte que entra a la planificación de la Gerencia de Operaciones y, además es controlado por la Gerencia Financiera. Esta modalidad es requerida por el departamento comercial debido a que la proyección identifica alrededor del 25% de la facturación de la división industrial si los equipos cumplen las proyecciones estimadas por los clientes. El cliente Guayaquil, en el mes de junio, toma la decisión de culminar los servicios de congelamiento con Criogenia debido a

problemas financieros internos. El cliente Durán, incrementa su negocio internacional y durante este año utiliza los equipos a su máxima capacidad. Realiza con Criogenia un nuevo contrato para aumentar un tercer equipo en la operación a partir de inicios del 2020. A finales del año 2019 se obtienen los resultados observados en la Tabla 3 como resumen financiero de gastos por mantenimiento de túneles de congelamiento del año.

Tabla 3. Resumen de operación de túneles de congelamiento 2019

Cliente	Total por Servicio	Total por Repuestos	Total Anual	Carga %
Durán 1	\$ 23.095,94	\$ 16.330,99	\$ 39.426,93	47%
Durán 2	\$ 13.567,94	\$ 9.161,14	\$ 22.729,08	27%
Pedernales	\$ 6.272,06	\$ 7.733,62	\$ 14.005,68	17%
Guayaquil	\$ 5.533,60	\$ -	\$ 5.533,60	7%
Chongón	\$ 2.385,38	\$ -	\$ 2.385,38	3%
TOTAL CIERRE			\$ 84.080,67	
INVENTARIO CIERRE			\$ 49.399,70	

(Fuente: Elaboración propia a partir de ANEXOS A)

En el año 2020, se inicia operaciones en el cliente Durán con 3 túneles de congelamiento de camarón totalmente funcionales. El cliente Pedernales sigue con su producción manteniendo el túnel de congelamiento. Existen problemas económicos con el cliente Chongón que se agravaron con la pandemia, por lo que decide finalizar su contrato con Criogenia, y en el mes de abril se realiza el retiro del equipo de las instalaciones del cliente.

1.2. Planteamiento del Problema

Los túneles de congelamiento con LIN desde el año 2019 se encuentran dentro del plan de activos de la empresa, por tal motivo, existe un costo por presupuesto anual de mantenimiento y se asigna una cuenta de costos específica para esta actividad. Criogenia SA tiene como política interna otorgar el 6% de la facturación estimada anual en inversión por mantenimiento de los activos de la empresa manejados por la división de Alimentos y Bebidas.

Como se puede observar en Tabla 2 y Tabla 3, existe un consumo porcentual de la cuenta de costos que, por medio de gráficos de Pareto, podemos identificar que existen ciertos equipos a los cuáles se debe tomar mayor atención.

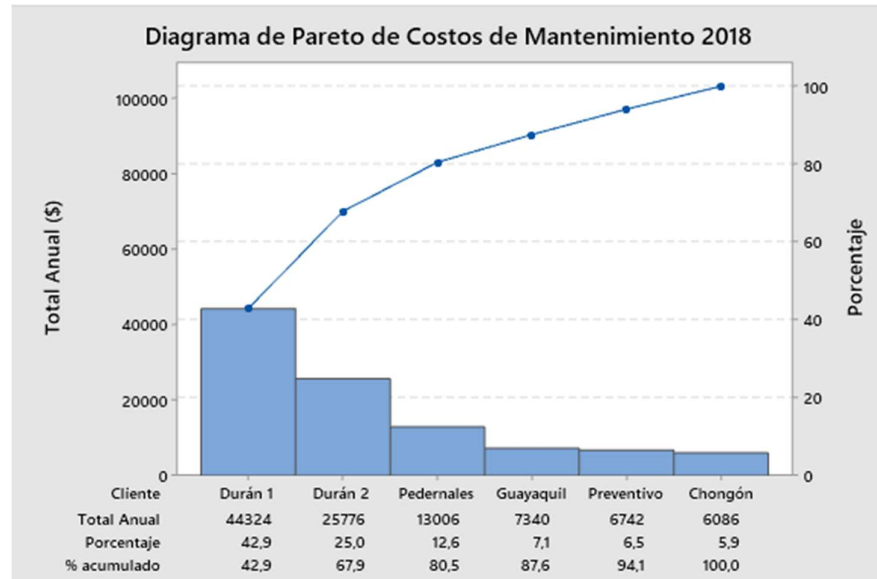


Figura 1.3. Diagrama de Pareto de Costos de Mantenimiento 2018

(Fuente: Elaboración propia a partir de ANEXOS A)

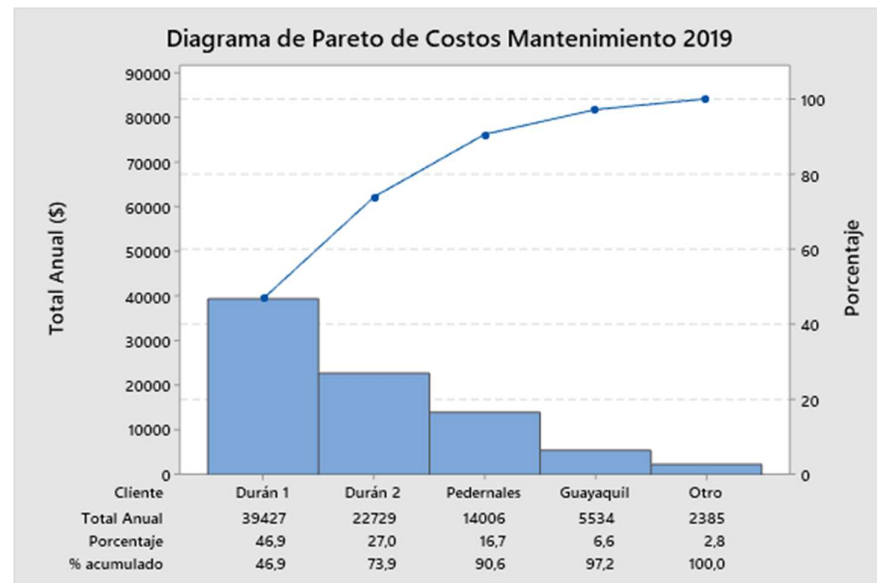


Figura 1.4. Diagrama de Pareto de Costos Mantenimiento 2019

(Fuente: Elaboración propia a partir de ANEXOS A)

De los datos obtenidos de Figura 1.3 y Figura 1.4 se observa que cerca del 75% de los costos de mantenimiento de túneles criogénicos se concentra en

los equipos Durán 1 y Durán 2. Por esta razón se procederá a evaluar la relación de costo real de cada año versus lo presupuestado en el cliente Durán.

Se revisa el contrato del año 2019 con este cliente y se observa que existe el compromiso de entregar 400 TON de LIN mensuales a un precio de USD \$0,18 por cada Kg. Con esto se obtiene que durante este año se debería obtener una facturación de USD \$ 864.000,00 y que el presupuesto por mantenimiento de los túneles de congelamiento fue de USD \$ 51.840,00. De lo obtenido en Tabla 3, el costo real de mantenimiento de los equipos Durán 1 y Durán 2 fue de USD \$ 62.156,01, lo que indica que se sobrepasó el valor presupuestado en 19,9% cuando la política de la empresa permite un máximo del 5%.

Para el año 2020 con la inclusión del túnel Durán 3, se firma un nuevo contrato donde Criogenia SA se compromete a entregar 500 TON mensuales de LIN a Durán a un precio de USD \$ 0,21 por cada Kg. Con esto se obtiene que durante este año se debería obtener una facturación de USD \$ 1'260.000,00 y que el presupuesto por mantenimiento de los túneles de congelamiento es de USD \$ 75.600,00. De lo obtenido en Tabla 3, realizando una proyección incluyendo el túnel Durán 3, trabajando bajo las mismas condiciones del túnel Durán 2, los costos a final de año deberían ser de USD \$ 84.885,09 lo que representa sobrepasar el presupuesto en un 12,3% e incumplir nuevamente las políticas de la empresa. Esto se lo puede apreciar con mayor detalle en la Tabla 4 mostrada a continuación.

Tabla 4 Proyección de 2020 con el mismo régimen de trabajo de 2019

Cliente	Total por Servicio	Total por Repuestos	Total Anual	Carga %
Durán 1	\$ 23.095,94	\$ 16.330,99	\$ 39.426,93	39%
Durán 2	\$ 13.567,94	\$ 9.161,14	\$ 22.729,08	22%
Durán 3	\$ 13.567,94	\$ 9.161,14	\$ 22.729,08	22%
Pedernales	\$ 6.272,06	\$ 7.733,62	\$ 14.005,68	14%
Chongón	\$ 2.385,38	\$ -	\$ 2.385,38	2%

TOTAL CIERRE	\$101.276,15
---------------------	---------------------

(Fuente: Elaboración propia a partir de ANEXOS A)

De lo expuesto hasta el momento, se observa que existe problema con el presupuesto anual de mantenimiento de túneles de congelamiento usando nitrógeno líquido propiedad de Criogenia Ecuador instalados en el cliente Durán, debido a que el mismo sobrepasa el valor inicial presupuestado de los años anteriores, con una proyección del año 2020 de gastos finales de USD\$ 84.885,09 cuando el presupuesto para el año es de USD\$ 75.600,00, de esta forma se identifica que no se cumple con el margen de tolerancia de error permitido por Criogenia SA de 5% ya que al momento la diferencia es mayor del 12%.

1.3. Objetivo General

Reducir los gastos por mantenimiento de los túneles de congelamiento instalados en el cliente Durán a través de la implementación de técnicas de mantenimiento productivo total.

1.3.1. Objetivos específicos

- Identificar fallos y averías utilizando herramientas de mejora continua
- Identificar los costos excesivos mediante un análisis de valor de componentes y materiales
- Implementar Mantenimiento Planificado con el fin de desarrollar las actividades de mantenimiento acorde al régimen de trabajo de los equipos
- Implementar Mantenimiento Autónomo para detectar y resolver problemas en los equipos en el tiempo adecuado antes que puedan causar fallos significativos en el futuro

1.4. Metodología del Trabajo de Titulación

Para resolver el problema en los costos del mantenimiento de los túneles de congelamiento a cargo de la compañía Criogenia SA, se considera aplicar una de las herramientas de la Manufactura Esbelta por su definición "... es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios...", (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

Hernández, et al. (2013) nos explica cómo tratar los desperdicios causantes de los problemas que podemos identificar en las tareas de mantenimiento de los túneles de congelamiento. Shah & Ward, (2003) y Cárcel Carrasco, (2015) nos demuestran por medio de estudios en varios tipos de fábricas manufactureras que las plantas de gran tamaño y en especial las del sector alimenticio tienen una tendencia a aplicar la metodología indicada obteniendo resultados operativos positivos, lo que debe ser aprovechado por Criogenia SA.

García Palencia, (1998) nos explica que la misión del mantenimiento industrial se encarga de garantizar el funcionamiento de los equipos mediante la conservación de los activos fijos, disponibilidad de estos y administración de

los recursos. En este trabajo se procede a mejorar las actividades de mantenimiento de los túneles de congelamiento mediante la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés) que es una técnica de segunda generación según su evolución como lo explica (Calvo Rollé & Lago Dopico, 2004). Al implementar el TPM se obtiene una mejora significativa en las maquinarias o equipos instalados en una industria y por lo tanto mejorar la capacidad de producción y reducción de costos según se aprecia por (Díaz-contreras et al., 2020).

Cuando se trabaja en un equipo determinado, para identificar los fallos y averías se debe realizar un procedimiento documentado para evaluar la confiabilidad. Kumar Gupta & Garg, (2012) nos muestra en su caso de estudio como realizar tablas de identificación de acciones en maquinaria de industria de manufactura automovilística, para luego identificar fallas y averías presentes. Adicional, se desea identificar costos excesivos para mejorar la productividad como lo enuncia (García Palencia, 1998). Con el Análisis de Valor y la Ingeniería de Valor se desea analizar el diseño del equipo para comprobar la funcionalidad de este.

El siguiente paso, es eliminar los desperdicios identificados según los fallos y averías encontradas como explica (Calvo & Lago, 2004). Fonseca-Junior et al., (2015) nos explica la implementación del mantenimiento autónomo a partir de la limpieza realizada por medio del método anteriormente descrito. Adicional nos explica cómo mejorar el mantenimiento preventivo identificando cuáles son las piezas y repuestos que se pueden sustituir o eliminar, analizando la fuente de procedencia de estos, y además la organización de estos en la bodega de repuestos. Venkatesh, (2007) describe de forma efectiva como Kaizen identifica los desperdicios en 16 categorías según su procedencia y nos orienta cómo tratarlos. Las herramientas Kaizen nos da las pautas para combatir los desperdicios por disponibilidad y por rendimientos que han sido identificados y de esta forma mejorar la eficiencia del equipo. Una muestra de cómo evaluar la mejora de la eficiencia de un equipo se lo aprecia en la publicación de (Singh Rajput & Jayaswal, 2012).

1.5. Estructura del Trabajo de Titulación

Este proyecto, presenta en el CAPÍTULO 1 la información general de la empresa Criogenia Ecuador, que tiene equipos de congelamiento de alimentos por métodos criogénicos instalados en diferentes clientes bajo contrato de comodato por lo que la operación es responsabilidad del cliente y el mantenimiento de la propia empresa. Se detalla cómo fue la evolución de estos equipos en los clientes que fueron instalados y cuál fue la razón por la que se selecciona realizar el proyecto en el cliente Durán. Con esto se define el objetivo general, los objetivos específicos y la metodología que se aplicará para el desarrollo del proyecto.

En el CAPÍTULO 2 se describe la situación en la que se encontraban los equipos instalados dentro del cliente Durán, mediante un conjunto de análisis de trabajos que se han realizado, recopilación de datos a través de técnicas de mejoramiento continuo y la interpretación de estos datos para trabajar en las soluciones requeridas. En este capítulo se muestran las causas raíz de los problemas que son los causantes que no se pueda cumplir con el presupuesto asignado a principio de año.

En el CAPÍTULO 3 se analiza la herramienta para solución de los problemas encontrados. Se describe la implementación de la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar el servicio de mantenimiento de los túneles de congelamiento de la compañía Criogenia instalados en la empresa Durán. Se describen los pilares implementados necesarios para atacar las causas raíz encontradas y se evidencian los trabajos realizados.

En el CAPÍTULO 4 se muestran como los pilares del TPM afectaron directamente a las causas raíz encontradas y las soluciones de impacto económico que reflejan. Se evalúan los resultados financieros del año 2020 correspondiente al servicio de mantenimiento para conocer la evolución del servicio posterior a la implementación del TPM. A continuación, se realiza estimaciones de los costos que Criogenia realizará en el año 2021 correspondiente al servicio de mantenimiento de los túneles de congelamiento instalados en el cliente Durán. Finalmente se analizan los datos del proyecto realizado con respecto a los objetivos planteados.

CAPÍTULO 2

2. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN INICIAL

2.1. Introducción

La compañía Criogenia SA en su división de Alimentos y Bebidas del departamento industrial ofrece un túnel de congelamiento que utiliza LIN para la congelación de alimentos. La empresa Durán considera utilizar esta tecnología para atender a sus clientes VIP donde se encuentra países de la Unión Europea. Por normativas de calidad, “la ultracongelación tiene como finalidad la conservación de las características intrínsecas de los alimentos mediante un procedimiento congelación rápida y que es necesario alcanzar una temperatura igual o inferior a -18°C en cada una de las partes del producto.” (Directiva del Consejo, 1989)

Directiva del Consejo (1989) menciona en el artículo 4 lo siguiente: “Las sustancias congelantes cuyo uso en contacto directo con los alimentos ultracongelados se autoriza, excluyendo a todas las demás, son las siguientes:

- El aire
- El nitrógeno,
- El anhídrido carbónico.”

Por el tipo de contrato, mantener la disponibilidad del equipo en los inicios del negocio con la empresa Durán fue un grave problema debido a lo especial de la tecnología. La inconformidad del cliente se volvía recurrente debido a que existían problemas de paradas no programadas, algunas de ellas que llegaban a las 48 horas, y se ponía en juego la reputación de la empresa y de la nueva tecnología que se introducía al país la cual tenía gran acogida en Estados Unidos, Reino Unido, Asia y Brasil.

Se realiza una reunión de emergencia dentro de Criogenia entre los involucrados de la parte comercial de Ecuador, la parte técnica de Alemania (encargados de la fabricación de los túneles), la parte técnica de Ecuador (encargados del mantenimiento de los equipos) con el fin de realizar un procedimiento para investigación de la situación real de los túneles de congelamiento en las instalaciones del cliente, del recurso humano involucrado en las actividades de mantenimiento y de los recursos utilizados para el cumplimiento del trabajo.

En los procesos de investigación establecidos, se planteó cuatro puntos clave con el fin de obtener la información base que refleje la situación real de la operación de los túneles de congelamiento instalados dentro de las instalaciones del cliente Durán.

- Entrevistas con personal del cliente que está involucrado de forma directa o indirecta en la operación de los equipos
- Entrevistas con todas las personas involucradas en el servicio de mantenimiento
- Presencia de personal de Criogenia durante la operación de los equipos para analizar comportamientos anómalos
- Estado actual de los túneles de congelamiento. Análisis de componentes, partes y piezas útiles para la operación y de soporte

2.2. Introducción a túneles de congelamiento

Los túneles que ofrece Criogenia como producto a sus clientes son de congelación IQF (Individual Quick Frozen), el cual “es un proceso de refrigeración que busca la conservación de las propiedades organolépticas (propiedades físicas de los alimentos, como son el sabor, el olor, la textura y el color) y las características nutritivas de los alimentos. Su particularidad radica en que, dada la rapidez de congelación, los cristales de hielo son de pequeño tamaño”. (Muñoz, 2008)

El proceso de congelación no debe involucrar conservantes de tipo químico para la preservación de los alimentos. Las características básicas del producto que los clientes finales VIP de Durán exigen en el proceso IQF son las siguientes:

- No producir corrosión
- Producto no tóxico para el alimento ni el usuario en producción
- Costo que permita la competitividad en el mercado
- No producir cambios en el sabor ni olor de los alimentos

Para cumplir con las exigencias de sus clientes, Durán tomó la alternativa expuesta por Criogenia para congelamiento IQF.

El esquema básico de una congelación IQF usando LIN como producto congelante se observa en la Figura 2.1. La materia prima como congelante es el LIN, nitrógeno, que se conserva en estado líquido a una temperatura inferior a los -196°C , la cual se carga en un tanque criogénico que permite el almacenamiento del producto en estado líquido por un largo período de tiempo. Por medio de tuberías con un aislamiento térmico especial para evitar la condensación del producto, se realiza el transporte del LIN desde el tanque criogénico hasta el túnel de congelamiento. Luego el LIN entra a la cámara de congelamiento del túnel por medio del control de una válvula proporcional que procura mantener la temperatura a la seteadada por el operador en la pantalla de

control como se aprecia en la Figura 2.2. Al momento de salir el LIN por las boquillas de rocío dentro de la cámara de congelamiento del túnel, como se aprecia en la Figura 2.3, el LIN se condensa debido al cambio abrupto de temperatura y, el gas ocupa todo el espacio de la cámara hasta saturarla, consiguiendo de esta forma la temperatura de congelación para el camarón. Debido a la generación constante de gas dentro del túnel para mantener la temperatura deseada para la producción, se debe retirar el exceso fuera del cuarto de producción para que no produzca afectaciones en el proceso. Por esta razón existen extractores de GAN ubicados a la entrada y salida del equipo para asegurar que el gas dentro de la cámara busque la salida más fácil hacia el exterior del galpón de producción ayudado por sistemas de extracción auxiliares mecánicos.

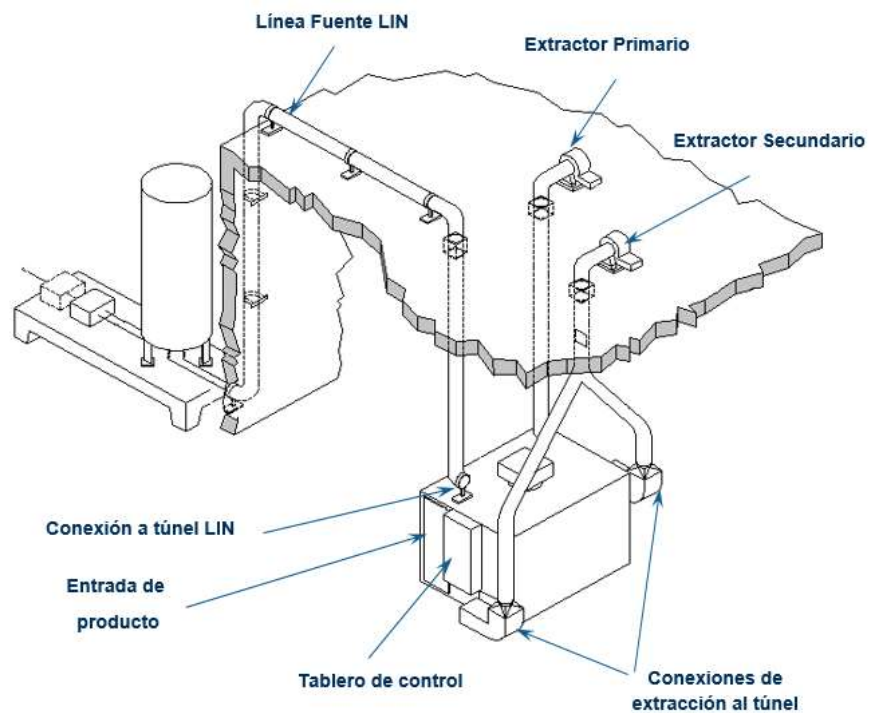


Figura 2.1 Esquema básico congelación con LIN

(Fuente: Archivos Criogenia US)

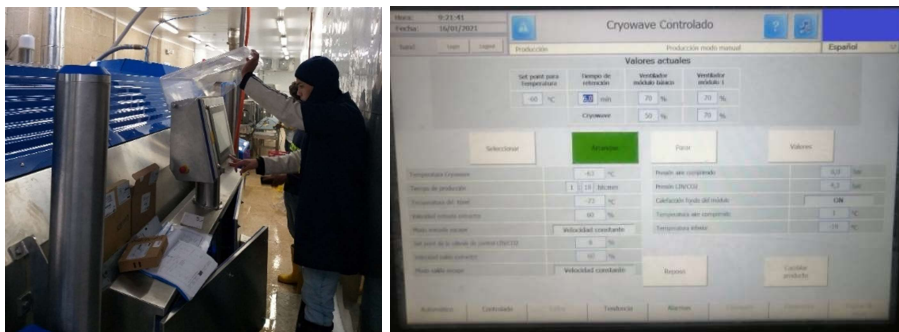


Figura 2.2 Control de operación de túnel de congelamiento

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

El camarón ingresa al túnel de congelamiento como se aprecia en la Figura 2.4 a una temperatura superior a los 5°C dependiendo del proceso precedente por el cual fue sometido y las características de producto a empacar. Según los parámetros ingresados por el operador, el camarón saldrá del túnel de congelamiento como se observa en la Figura 2.4 y, para que sea un producto que cumpla los parámetros establecidos por calidad, debe salir el camarón congelado, no pegado uno con otro y con temperatura inferior a -18°C.

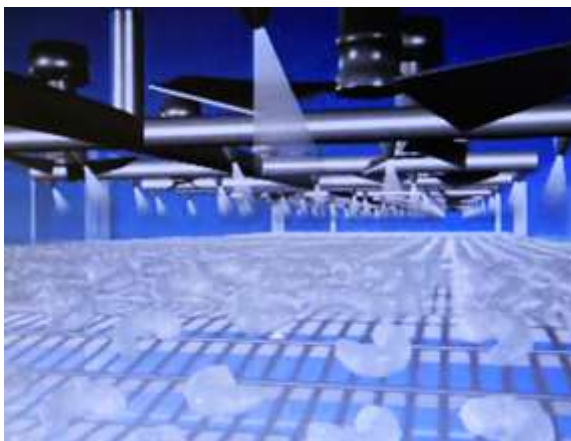


Figura 2.3 Vista interior de cámara del túnel durante operación

(Fuente: Archivos Criogenia US)



Figura 2.4 Entrada y salida de camarón en el proceso de congelamiento
(Fuente: Archivos Criogenia)

2.2.1. Componentes básicos de túnel de congelamiento de Criogenia

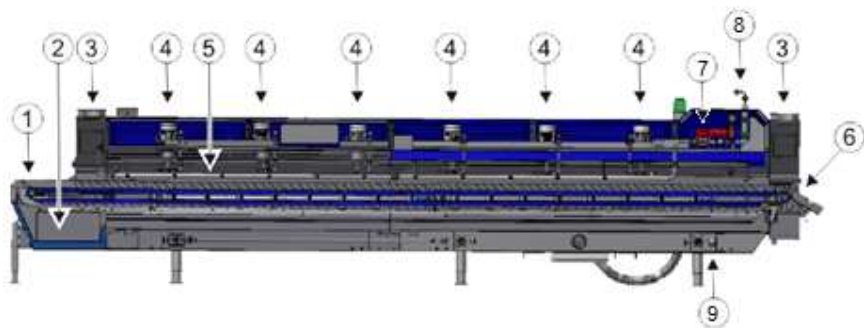


Figura 2.5 Estructura de túnel de congelamiento
(Fuente: Archivos Criogenia US)

En la Figura 2.5 se aprecia los componentes principales para el funcionamiento interno del túnel de congelamiento durante el proceso de camarón. Lo indicado en el número (1) es la entrada del producto. En este lugar se descarga el camarón a procesar como se aprecia en la Figura 2.4. El producto entra por (1) y llega hasta (6) la cual es la salida del camarón ya congelado como se ve en la Figura 2.4. El camarón viaja desde (1) hasta (6) a través de una banda transportadora metálica (5) la

cual es sometida a un movimiento en forma de olas que produce que el camarón mientras es transportado por la banda salte de su lugar para que se despegue uno de otro y pueda congelarse uniformemente en todo su cuerpo. Los agujeros marcados con el (3) son las conexiones para la extracción de nitrógeno gas fuera de la cámara de procesamiento. Los motores señalados con el número (4) son ventiladores los cuales producen que el gas que se genera dentro de la cámara sea movido y pueda ocupar toda la cámara para una congelación homogénea de todo el producto sin importar el espacio en la banda transportadora que ocupa como se aprecia en la Figura 2.3. Las puertas marcadas con el número (2) son unas puertas laterales que permiten tener acceso a la parte inferior de la banda en el lado de entrada donde se acumula nieve causada por la solidificación del nitrógeno, y en caso de procesos de largo tiempo, esta nieve sea removida de forma manual sin necesidad de parar la operación. La entrada (8) es por donde ingresa el LIN que proviene del tanque criogénico y según lo que se ha programado en la producción, la válvula reguladora (7) permite que el LIN ingrese para la congelación. Para el proceso de limpieza de la cámara interna de congelación, existe un motor en la parte inferior del túnel (9) el cual permite abrir la cámara desde la mitad elevando la parte alta del túnel.

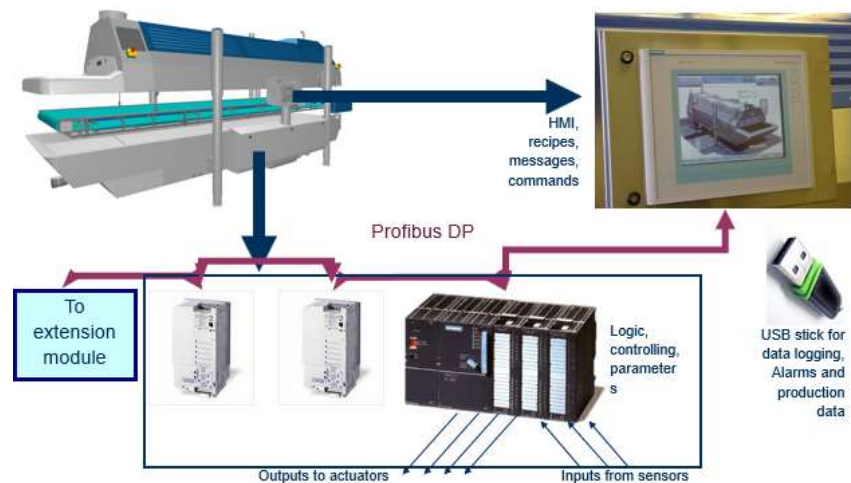


Figura 2.6 Diagrama eléctrico y control general de equipos
(Fuente: Archivos Criogenia US)

Los túneles de congelamiento de Criogenia cumplen con las siguientes características eléctricas:

- Rango de fuente eléctrica de 380 – 500 VAC, 60Hz, 9KVA
- Cable de suministro, tres fases y una tierra
- Voltaje de control de 24 VDC

- Los equipos eléctricos y control son cableados físicamente
- Relé de emergencia para vigilancia
- Componentes eléctricos y control de estándar europeo
- Clase de protección NEMA 4 (superior a IP65)

La Figura 2.6 muestra el diagrama de los dispositivos eléctricos y de control para la operación de los túneles de congelamiento de Criogenia. Básicamente están conformado por 3 paneles principales. El panel HMI es una pantalla táctil en la cual el operador y personas con mayor nivel de acceso pueden ingresar los parámetros de operación y programación para el funcionamiento de los equipos. Adicional se cuenta con un panel central principal ubicado bajo el panel HMI, donde está localizado el 75% de equipos de control eléctrico y electrónico del túnel. Adicional se encuentra un panel de extensión con el 25% de elementos eléctricos y control restantes del túnel. Los tres paneles se conectan entre sí por medio de un cable de comunicación. Alrededor del túnel existen sensores y transductores los cuales recogen las señales de las situaciones físicas que están sucediendo en tiempo real, y las envían a los equipos de control para que se tomen decisiones de forma automática.

Existen ciertas partes extras que componen el túnel las cuales aseguran el correcto proceso de congelación del camarón. En la Figura 2.7 se muestra el raspador de salida que sirve para que la banda al girar no se levante y además como rampa para salida suave del camarón del túnel de congelamiento. En la Figura 2.8 se observa un raspador que se monta en la parte inferior a la salida del túnel el cual sirve para empujar la banda hacia arriba y que al dar la vuelta no exista una tendencia a atraparse o deformarse por un movimiento extraño en combinación con el cambio de temperatura extremo. La Figura 2.9 muestra el raspador que se ubica a la entrada del túnel el cual es el responsable de la generación de nieve en la parte inferior de la entrada que en ciertas ocasiones debe ser retirada usando la puerta marcada con el (2) en la Figura 2.5. En la Figura 2.4 se puede observar sobre la banda transportadora en la entrada del túnel una cortina de plástico la cual puede ser ajustada en su elevación con unos pernos, y en la salida otra cortina que se encuentra a la salida. La funcionalidad de ambas cortinas es la de crear un sello en el interior del túnel para limitar los accesos de salida del nitrógeno gas que se encuentra dentro de la cámara durante la congelación, y que el mismo no salga hacia el cuarto de producción donde se encuentra personal operando. Todos los elementos que fueron nombrados en este párrafo son extraíbles para la limpieza y mantenimiento del túnel.

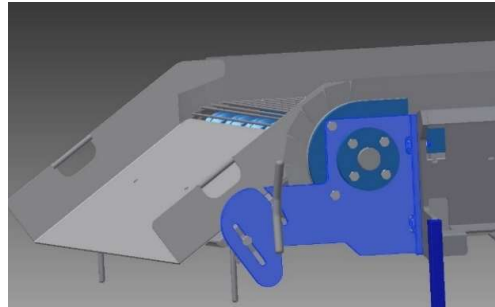


Figura 2.7 Raspador de salida superior

(Fuente: Archivos Criogenia US)

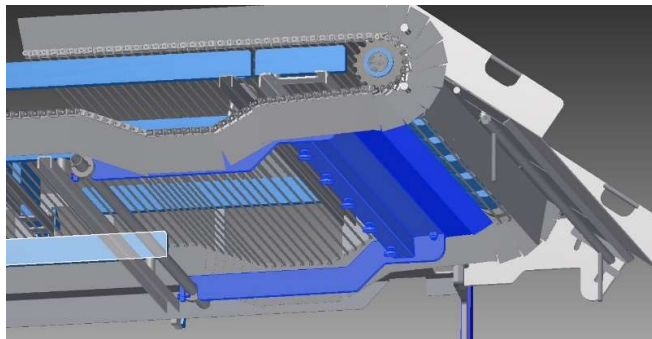


Figura 2.8 Raspador de salida inferior

(Fuente: Archivos Criogenia US)

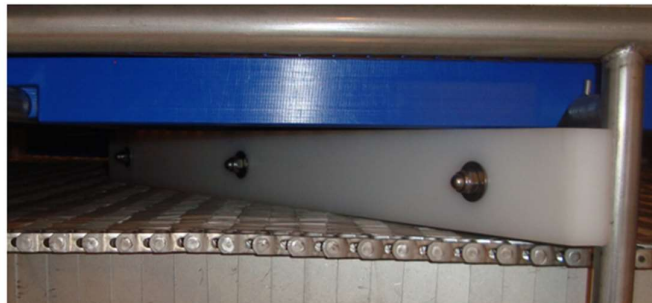


Figura 2.9 Raspador de entrada de túnel

(Fuente: Archivos Criogenia US)

En la parte superior externa de la cámara de los túneles de congelamiento se ubican ciertos motores y elementos de control los cuales son necesarios para la operación de enfriamiento. Los motores de los ventiladores (4) y los elementos para controlar la válvula proporcional (7) mencionados en la Figura 2.5, el panel de control de extensión mencionado en la Figura 2.6, cabezales de sensores y cables de conexión se encuentran ubicado en esta área. Adicional los motores para

girar la banda y realizar las olas se encuentran ubicados a un costado del túnel en la parte externa de la cámara de procesamiento. La humedad y productos de limpieza utilizados en los procesos alimenticios causarían que todos elementos se degraden de forma más apresurada por lo que se cuenta con protectores plásticos de color azul como se observa en la Figura 2.10.



Figura 2.10 Vista lateral de túnel Durán 2
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

2.3. Identificación de problemas

Para cumplir con los cuatro puntos mencionados en el punto 2.1, se formó un comité de investigación y desarrollo de solución en Criogenia. Este comité se encargará de realizar el trabajo de recolectar información y buscar solución a los problemas encontrados. El comité está conformado por la Gerencia de Operaciones de Ecuador, Gerencia Financiera de Ecuador, Gerencia de SSO Ecuador, Coordinador de SIC Ecuador, Ingeniero de Proyectos SIC Sur Ecuador, Ingeniero de Proyectos de Facilidades Ecuador, adicional se cuenta con la asesoría de Superintendente de Mantenimiento de F&B de Criogenia América y personal técnico especializado de F&B de Criogenia América. Personal de Criogenia América permanece en Ecuador para dar soporte al personal local durante la conformación del comité, presentación de las

necesidades al cliente y comienzo de la investigación durante los primeros 20 días para el desarrollo de la investigación de los procedimientos internos de Criogenia Ecuador.



Figura 2.11 Reunión de lanzamiento comité

(Fuente: Archivos Criogenia)

Personal designado por el comité se encarga de realizar el acercamiento con la gerencia de la empresa Durán informando del plan de acción que se desea implementar para mejorar el servicio de mantenimiento de los equipos de Criogenia, por lo que se solicita la facilidad de realizar las siguientes actividades:

- Conversaciones directas con los operadores de Durán a cargo de los equipos con el fin de obtener cuáles son los fallos que han evidenciado
- Conversaciones con personal de mantenimiento y supervisores de producción de Durán para conocer qué fallos han observado y se han reportado
- Conversaciones con los grupos de limpieza contratados por Durán para conocer el proceso y frecuencia de sus actividades
- Criogenia se encargará de introducir una persona durante 21 días de incógnito en turnos de día y noche para observar de forma directa la operación de los equipos

Adicional dentro de las operaciones del servicio de mantenimiento de Criogenia, se realizarán las siguientes operaciones en conjunto con personal de América para asegurar la imparcialidad:

- Conversaciones con el personal encargado del mantenimiento de los túneles de congelamiento
- Proceso de auditoría a las funciones del equipo de mantenimiento
- Proceso de auditoría a la bodega de repuestos de los equipos

2.3.1. Reconocimiento de procesos operativos de Durán

Los túneles de congelamiento dentro de la empresa Durán están a cargo del departamento de Valor Agregado que trabaja en dos turnos diarios de 12 horas cada uno. Los lunes en las mañanas en el área se realiza la reunión de planificación de producción semanal. Se comienza a producir normalmente desde el lunes en la tarde o martes en la mañana, y según el cumplimiento de metas semanales, los trabajos se extienden hasta el sábado o domingo.

Es normal que el procesamiento de camarón se realice durante todo el fin de semana, por tal motivo, es difícil realizar trabajos de mantenimiento preventivo en las fechas establecidas.

Además, por el régimen de trabajo al que se exponen los equipos por el ambiente de humedad y químicos que existe dentro de la planta propias de una empacadora de camarón, y la falta de mantenimiento regular, se convierte en un problema a largo plazo que deriva en trabajos de corrección por fallas puntuales y recurrentes. Los tiempos que nos ofrecen en planta durante la planificación semanal, muchas veces sólo los lunes hasta el mediodía, permiten cumplir con la solución a los fallos más importantes que fueron reportados durante la semana, y es común que no se realice el mantenimiento integral a cada uno de los equipos.

La información sobre los fallos que se presentan durante la operación es comunicada por el operador del equipo hacia el representante de Criogenia, quien se comunica con el supervisor de producción de Durán para establecer la urgencia del requerimiento. Según lo coordinado por ambas partes, la solución se programa durante una parada por cambio de producto o para la intervención semanal, o en caso de ser necesario, se asiste lo más pronto posible.

Las situaciones mencionadas generan problemas a la larga a los equipos de congelamiento de Criogenia debido a que no se puede llevar un registro de estado de los elementos de desgaste en el tiempo adecuado, y los mantenimientos que se realizan son en su gran mayoría de carácter correctivo sin el suficiente tiempo para atacar la razón raíz por lo que en ciertas ocasiones se vuelven recurrentes.

Los supervisores de producción son los encargados de realizar el cumplimiento de la producción establecida en el plan semanal. Por lo general cada túnel opera dos veces al día en corridas de entre 6 a 12 horas y entre cada ciclo de producción se realiza una adecuación por cambio de producto que dura en promedio 2 horas. El grupo de supervisores de producción tiene un nivel profesional administrativo de industrial y alimentos.

El grupo de operadores son los encargados del funcionamiento durante el proceso de los equipos, siendo asignado un operador por cada túnel de congelamiento. El grupo de operadores está conformado por personal con nivel profesional técnico electromecánico y tienen experiencia previa operando equipos de congelamiento con amoníaco y freón.

Durán tiene su propio personal de mantenimiento encargado de velar por el funcionamiento de los equipos propios de la empresa. Adicional, en muy pocos casos realizan actividades de soporte de mantenimiento en equipos que son propiedad de los proveedores, si se encuentran en la capacidad de realizarlo con los permisos de responsabilidad correspondiente. Debido a que los túneles de congelamiento propiedad de Criogenia tienen una tecnología diferente a la que manejan los otros equipos dentro de Durán, el personal de mantenimiento no realiza ningún tipo de trabajo de forma independiente sin la asistencia de algún representante de Criogenia. El nivel profesional de los integrantes del departamento de mantenimiento es técnico electromecánico y refrigeración.

El cambio de producto en los túneles de congelamiento corresponde a la limpieza de estos, donde deben cumplir niveles de calidad tipo alimentaria la cual es sometida a análisis de laboratorios antes de cada arranque de producción. Esta labor es realizada por un grupo de contratistas que trabajan directo para la empresa Durán. El nivel profesional del personal subcontratado es de bachillerato general.

En primera instancia se considera interactuar con el personal que pasa a diario con los equipos durante su operación. Por medio de entrevistas con el personal de mantenimiento, producción y operación del cliente Durán se obtiene información clave acerca de las condiciones de la planta.

Durante dos semanas se realizó entrevista a seis operadores, tres supervisores de producción y cuatro técnicos de mantenimiento, con el objetivo de conocer de primera mano de las personas que tienen contacto con los equipos a diario, su opinión de las fallas más recurrentes que se tiene en los túneles de congelamiento. La metodología de las entrevistas era de conversar con cada uno de los involucrados sobre 20 puntos que se muestran en la Tabla 5 y que al final de la conversación nos puedan dar en su opinión, las 3 principales fallas por las que los equipos de Criogenia necesitan intervenciones de mantenimiento no programadas. En promedio cada conversación tuvo una duración de 25 minutos donde se obtuvo a parte de los resultados de la tabla, la siguiente información:

- Existen fallos eléctricos como apagones al menos una vez a la semana, y bajones de energía cuando toda la planta trabaja a toda capacidad

- Cada operador de Durán realiza los procedimientos de básicos de operación sin seguir un procedimiento establecido
- Hay dos operadores que conocen como realizar cambio de piezas debido a su participación durante los mantenimientos de Criogenia
- Los químicos de limpieza permanecen en el ambiente condensados por largo tiempo
- Cuando existen fallas en los túneles los operadores reciben la orden de abrir los paneles de control para observar una posible causa de fallo

De la Tabla 5, se obtiene un resumen sobre los resultados de apreciación del usuario. En la Figura 2.12 se destacan las actividades y repetitividad de cada uno, los cuales reflejan los resultados de la primera sesión de entrevistas planificadas.

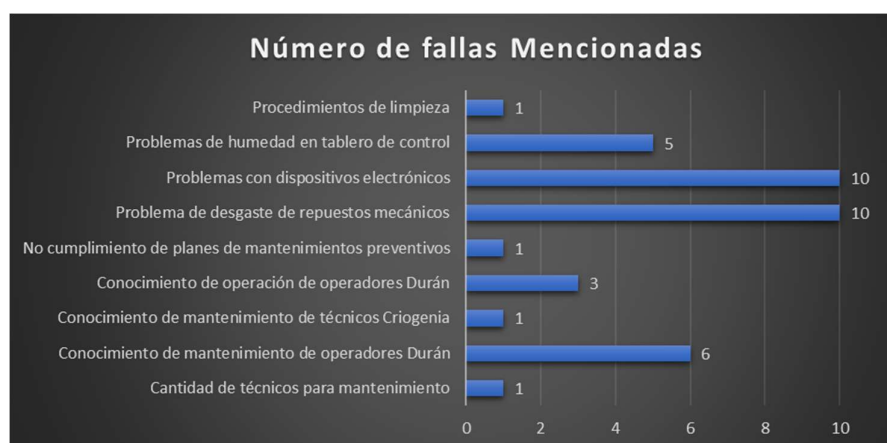


Figura 2.12 Cantidad de fallas por percepción de personal Durán
(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 5. Cantidad de fallas por percepción de personal Durán

Razones aparentes de problemas con túneles Criogenia	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	SUP1	SUP2	SUP3	MAN1	MAN2	MAN3	MAN4	PUNTAJE
Conocimiento de operación de operadores Durán								1				1	1	3
Conocimiento de mantenimiento de operadores Durán	1			1			1	1	1				1	6
Conocimiento de supervisores Durán														0
Procedimientos de limpieza							1							1
Procedimientos de enfriamiento														0
Procedimiento de descongelamiento														0
Procedimientos de operación														0
Procedimientos de llenado de tanque														0
Cantidad de técnicos para mantenimiento							1							1
Conocimiento de operación de técnicos Criogenia														0
Conocimiento de mantenimiento de técnicos Criogenia													1	1
Conocimiento de supervisores Criogenia														0
Procedimientos de mantenimientos														0
Stock de bodega de repuestos														0
Control de herramientas básicas														0
Problemas con dispositivos electrónicos	1	1	1	1	1	1		1		1	1	1		10
Problemas de humedad en tablero de control		1	1				1			1	1			5
Problema de desgaste de repuestos mecánicos	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1		10
Falta de control en los costos de mantenimientos														0
No cumplimiento de planes de mantenimientos preventivos					1									1

(Fuente: Elaboración propia)

Para realizar la segunda sesión de entrevistas, se escoge al personal de limpieza de los equipos. Como la calidad de la información a obtener es la más real posible, se decide realizar esta actividad durante los mantenimientos que se realiza en sitio con el personal de Criogenia.

La entrevista trató las responsabilidades que tienen durante su trabajo, donde se obtuvieron los siguientes datos clave:

- Se designan grupos de trabajo por galpones de producción para la limpieza a las estructuras de todos los equipos que se encuentran en el área designada.
- El personal de limpieza no conoce sobre el funcionamiento de los equipos
- El método de limpieza utilizado no difiere entre equipos. Utilizan el mismo protocolo y productos en todos los equipos instalados dentro de los galpones de producción de Durán.
- Alto nivel de rotación del personal de limpieza.

En lo que corresponde a los equipos de Criogenia, el trabajo de este personal consiste en recibir el túnel en condiciones para limpieza por parte del operador y, usando mangueras a alta presión para el uso de agua potable, químicos para limpieza con certificados para industrias de grado alimenticio, escobas y cepillos de plásticos, realizan la limpieza integral de toda la cubierta y partes mecánicas del equipo. De esta investigación, se detecta que no hay cuidado con los elementos de control, sensores y anunciadores de emergencia que se encuentran ubicados en la periferia de los túneles de congelamiento. Estos elementos no están diseñados para soportar posibles golpes generados por una limpieza con chorro de agua a presión y escobas.

Como punto final de compromiso para cumplimiento de la investigación de la operación de los túneles de congelamiento de Criogenia, se ubicó a un colaborador de la compañía durante 21 días seguidos como incognito en el lugar de la operación. Con la ayuda de la gerencia de Valor Agregado, la persona encargada de realizar la investigación entró con uniforme de supervisor de calidad de Durán.

En ANEXOS B se aprecia el resultado de la investigación realizada durante las tres semanas dentro de la planta. En el listado abajo, se evidencia los detalles de mayor relevancia que se obtienen de los informes:

- Falta de conocimiento al 100% de la operación de los equipos del personal de Durán
- Problemas de comunicación
- Fallos recurrentes de equipos electrónicos que envían alarmas de paro de producción
- Equipos periféricos como sensores de puertas de limpieza y botoneras de paradas de emergencia envían señales falsas de fallo
- Durante la noche y fines de semana no se cumple con el procedimiento adecuado de operación y se saltan algunos pasos de seguridad con la finalidad de acabar con la producción en menos tiempo

2.3.2. Reconocimiento de procesos servicio de mantenimiento de Criogenia

En Criogenia Ecuador existe el departamento de servicios de ingeniería para clientes SIC, que tiene a cargo las siguientes funciones:

- Servicios de ingeniería y construcción de soluciones en clientes
- Servicios de instalaciones de soluciones en clientes
- Servicios de mantenimiento de activos propiedad de la empresa que están instalados en clientes
- Servicio de mantenimientos de activos en las plantas ASU, CO2 y de llenado de cilindros

El organigrama de funciones del departamento se muestra en la Figura 2.13.

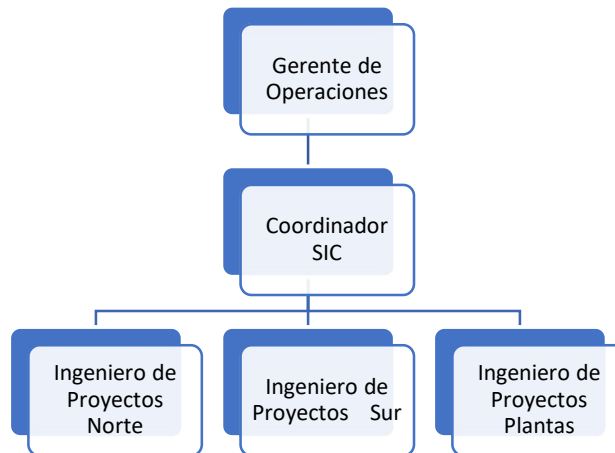


Figura 2.13 Organigrama del departamento SIC de Criogenia

(Fuente: Archivos Criogenia)

El manejo de los clientes a nivel nacional está dividido en dos zonas que son la Norte y la Sur. En la Zona Sur corresponden las provincias de Manabí, Guayas, Los Ríos, El Oro, Loja, Azuay, Cañar, Morona Santiago y Zamora Chinchipe. Como se puede apreciar en la Tabla 3, los clientes donde están instalados los túneles de congelamiento pertenecen a la Zona Sur y por esta razón el Ingeniero asignado está encargado de controlar el mantenimiento de los equipos.

Los servicios de mantenimiento de equipos de Criogenia instalados en clientes son desarrollados por empresas contratistas las cuáles firman un contrato de compromiso durante un periodo de tiempo establecido. La contratista realiza los trabajos solicitados por el Supervisor SIC y al final del mes realiza una facturación donde se incluyen todos los trabajos de mantenimiento realizados.

Al momento de arrancar los servicios de mantenimiento de túneles de congelamiento, se contrató los servicios de una compañía externa desconocida por Criogenia y recomendada por Durán debido a que tenían experiencia en otros equipos de congelamiento con los que se trabaja dentro del cliente.

Luego de cumplirse el primer año de trabajo se observó que los servicios de mantenimiento en los túneles de congelamiento no evolucionaban, los problemas permanecían en el tiempo y se volvían muy repetitivos. El servicio obtenido sólo era de solución al problema presentado, y no se llegaba a

buscar el origen de estos. Al momento de asignarse una cuenta de gastos al servicio de mantenimiento, se pudo realizar una inversión para la investigación de las falencias que se presentaban.

En conversaciones con el cliente Durán, se observa la inconformidad por los tiempos de respuesta a la urgencia de los problemas, y falta de comunicación sobre los trabajos ejecutados debido a hermetismo en la transmisión de información.

En los registros de salida de material se observó pedido del mismo repuesto de forma recurrente lo que indica que no se atacaba causas raíz. Adicional, en los registros de trabajos ejecutados los costos de trabajos similares no tenían una concordancia evidenciando una falta de control de ejecución de servicios. Estos problemas identificados se los relaciona a la falta de asignación de un supervisor.

Se realiza pedido hacia gerencia del superintendente de América, para ejecución de auditoría de calidad de servicios al contratista encargado de los mantenimientos. La gerencia aprueba la misma, con el fin de determinar de forma imparcial el desarrollo del proveedor. Se crea un equipo para realizar auditoría conformado por:

- Una persona de RRHH
- Una persona de SSO
- Una persona de Compras
- Una persona de SIC

Los puntos por evaluar en la auditoría IMS-32 Auditoría a Proveedores de Criogenia, incluyen los siguientes puntos:

- Cumplimiento con la ley (SRI, IESS, Superintendencia de Compañías, Ministerio de Trabajo)
- Cumplimiento de Seguridad Laboral
- Cumplimiento de cuidado al Medio Ambiente
- Estructura empresarial de acuerdo con los servicios prestados
- Presentación de sustento económico y comercial para sostener la operación

Luego de realizar la IMS-32 al proveedor se encontraron varios puntos catalogados P2 que determinan muy crítico y que no son aceptables por

Criogenia. Como está marcado en la política de las auditorías IMS-32, se da un plazo de 90 días al proveedor para realizar los cambios necesarios para levantar los puntos P2 encontrados. Luego de cumplirse el tiempo indicado, se obtuvo la matriz resumen donde se aprecia el incumplimiento del proveedor y la decisión de Criogenia con respecto a su contrato, como se puede apreciar en la Figura 2.14.

ANÁLISIS DE INCIDENTE POR METODO DE ARBOL DE CAUSA

RELACION PROVEEDOR: [REDACTED]

, CLIENTE: [REDACTED]

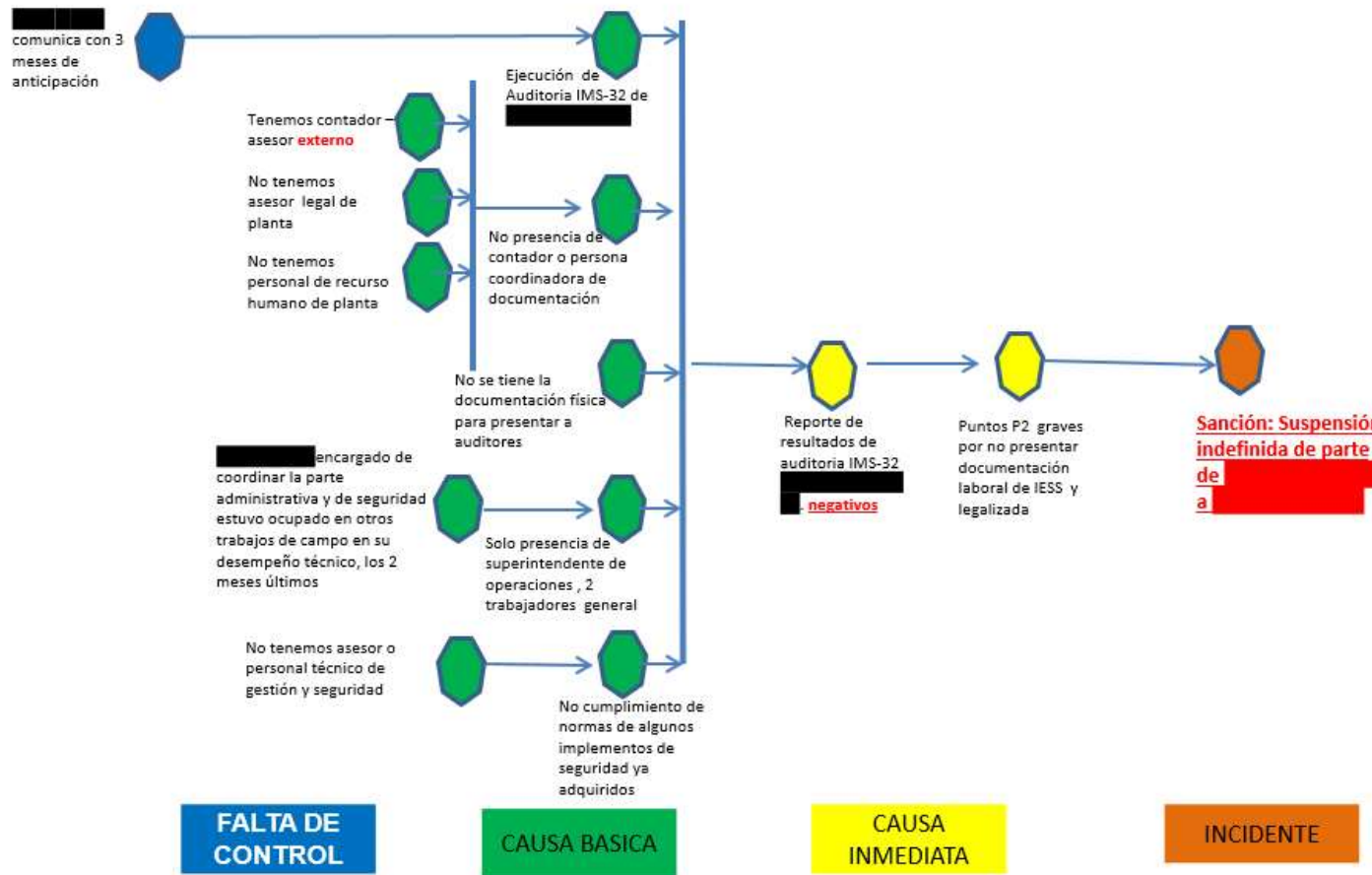


Figura 2.14 Análisis de incidente por método de árbol causa

(Fuente: IMS-32: Archivos Criogenia)

Adicional se designa como nuevo supervisor al Ingeniero de Proyectos Sur de Ecuador el cual toma control de la bodega de repuestos de los túneles de congelamiento. Se solicita a coordinador SIC el historial de entrada y salidas de los repuestos para conocer el estatus de cada uno de ellos. Adicional se solicita las facturas recibidas por cada una de las adquisiciones y los proveedores actuales y posibles. Luego de un trabajo del área de SIC, compras y finanzas se obtuvo los siguientes hallazgos:

- Existe material en bodega que no tiene rotación
- Material con alto índice de rotación sin stock en bodega de repuesto. Se evidencia que hay facturas para compra de este material que no pasa por bodega
- Se observa que existe servicios subcontratados en la fabricación de ciertas piezas que son de cambio continuo por desgaste
- Se observa que existe servicios subcontratados de análisis y reparación de equipos eléctricos
- No existe una base de control de inventario de bodega de repuestos
- El último inventario manual que se realizó fue a finales del 2019 para cierre fiscal

2.4. Análisis Causa Efecto del servicio

Luego de los trabajos de levantamiento que se acordó ejecutar por el grupo de investigación de la operación de los túneles de congelamiento, se realizó una nueva reunión para analizar los datos obtenidos. Estos vienen de las tres entrevistas que se reflejan en el punto 2.3.1 y de las dos actividades realizadas en el punto 2.3.2. Se procede a agruparlas por cada una de las características que nos ofrece el diagrama causa efecto que se observa en la Figura 2.15, obteniendo así una mejor visualización por parte del comité evaluador del servicio de mantenimiento.

En la Tabla 6 se puede identificar las causas que deben tomarse en cuenta según su prioridad. En las reuniones del comité de investigación se identifica que algunas de ellas se derivaban entre sí y/o tenían una posible causa raíz en común. Con esta posible hipótesis, se decidió por implementar una nueva depuración de datos realizando una investigación más exhaustiva a cada uno de los fallos. Para cumplir con este fin se utiliza una herramienta Lean con el fin de encontrar causas raíz de los fallos encontrados y poder enfocarnos en estos.

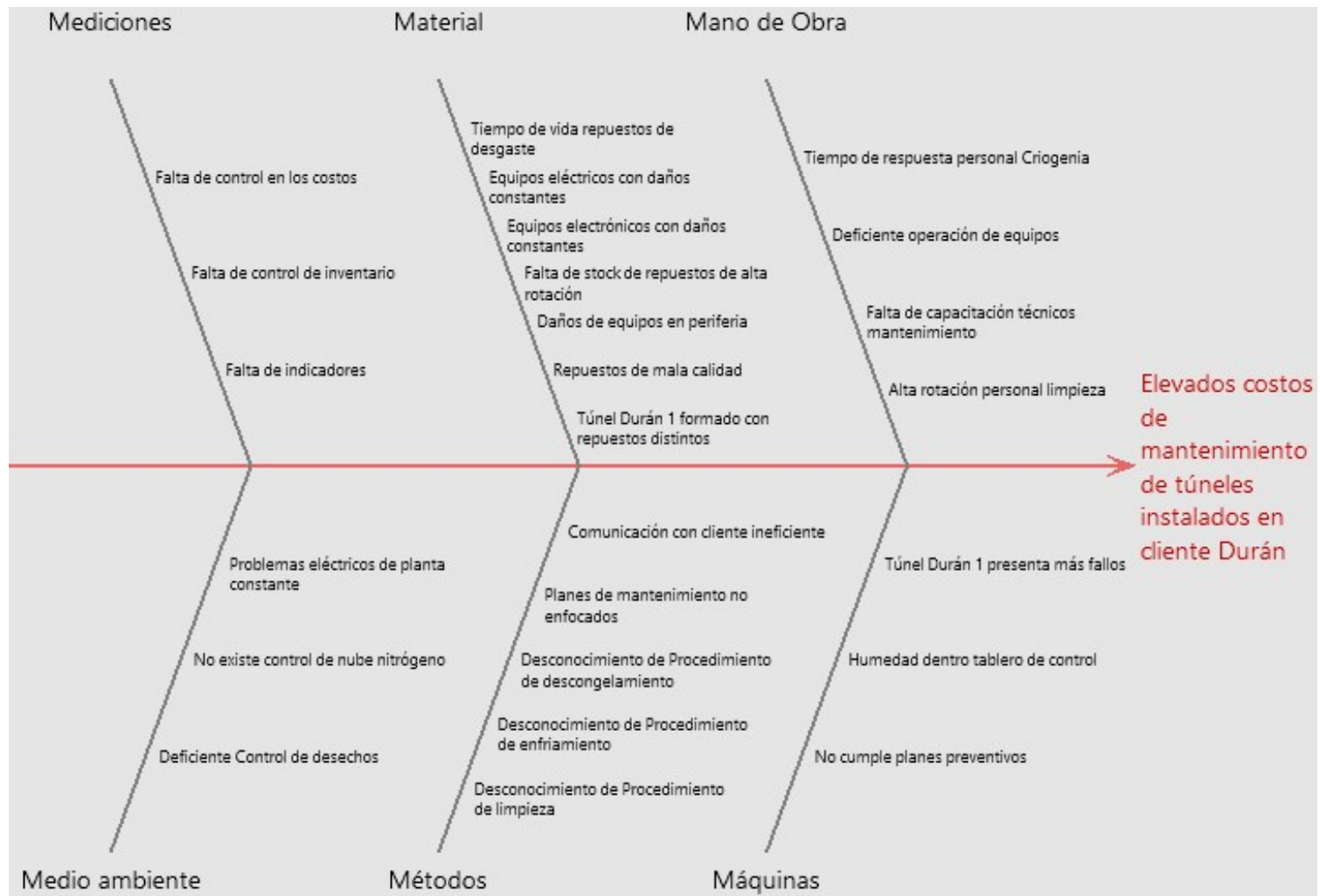


Figura 2.15 Diagrama causa efecto del servicio de mantenimiento de equipos

(Fuente: Archivos Criogenia)

Tabla 6 Matriz causa efecto




MATRIZ CAUSA EFECTO		Variable de Salida Y	
		Gastos de Mntto Túneles Durán	
Variable de Entrada Xs	Mano de Obra		
	1	Tiempo de respuesta personal Criogenia	3
	2	Deficiente operación de equipos	3
	3	Falta de capacitación técnicos mantenimiento	9
	4	Alta rotación personal limpieza	1
	Máquina		
	1	No cumple planes preventivos	9
	2	Humedad en tablero de control	9
	3	Banda de transportación presenta fallos	1
	4	Túnel Durán 1 presenta fallos con mayor frecuencia	3
	Material		
	1	Tiempo de vida repuestos de desgaste	3
	2	Equipos eléctricos con daños constantes	1
	3	Equipos electrónicos con daños constantes	9
	4	Falta de repuestos de alta rotación	3
	5	Daños de equipos en periferia	1
	6	Repuestos de mala calidad	3
	7	Túnel Durán 1 formado con repuestos distintos	1
	Método		
	1	Deconocimiento de Procedimiento de limpieza	1
	2	Deconocimiento de Procedimiento de enfriamiento	3
	3	Desconocimiento de Procedimiento de descongelamiento	3
	4	Planes de mantenimiento no enfocados	9
	5	Comunicación con cliente ineficiente	1
	Medición		
	1	Falta de control en los costos	9
	2	Falta de control de inventario	3
	3	Falta de indicadores	3
	Medio Ambiente		
	1	Deficiente Control de desechos	1
	2	No existe Control de nube nitrógeno	1
	3	Problemas eléctricos de planta constante	3
	TOTAL		96




(Fuente: Archivos Criogenia)




2.4.1. Verificación de causas raíz



Es imperioso depurar nuevamente las posibles causas que se tienen identificadas debido a que algunas de ellas se derivan de la misma causa raíz. Para la obtención de este objetivo se decide utilizar la herramienta de los cinco por qué para cada una de las fallas identificadas.

Tabla 7 Matriz 5 por qués

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Ronda 4	Hipótesis	Ronda 5	Hipótesis	Acción
Por qué existe falta de capacitación técnicos de mantenimiento?	SI	Por qué no existe personal asignado a contrato de mantenimiento?	SI	Por qué no se realiza la licitación del contrato?						SIC y compras deben generar nuevo pliego de servicios de mantenimiento para licitación del servicio
No existe personal asignado a contrato de mantenimiento		No se realiza la licitación del contrato		SIC y compras no elaboran el pliego de la licitación						
Por qué no se cumplen planes preventivos?	SI	Por qué los tiempos de equipo libre no son suficiente para el trabajo?	SI	Por qué existe sólo un plan de mantenimiento general que es muy extenso?	SI	Por qué se estableció mantenimientos rutinarios bi mensuales?				Establecer nuevas rutinas de mantenimiento por tipo según el período de tiempo
Los tiempos de equipo libre no son suficiente para el trabajo		Existe sólo un plan de mantenimiento general que es muy extenso		Se estableció mantenimientos rutinarios bi mensuales		No se estableció mantenimientos rutinarios más cortos y necesarios				
Por qué existe deficiente capacidad de operación en los túneles de congelamiento?	SI	Por qué existen los problemas descritos con respecto a la operación de los equipos	SI	Por qué personal de Durán no tiene conocimiento total de todos los procesos que involucra la operación de los túneles de congelamiento?						Se deben establecer procedimientos para las acciones de operación básicas
Existe vacíos en ciertos operadores en control de parámetros de los equipos		Personal de Durán no tiene conocimiento total de todos los procesos que involucra la operación de los túneles de congelamiento								
Existe problemas con el proceso de enfriamiento de los túneles				El conocimiento es disperso y variado entre operadores para realizar las mismas acciones						
Existe problemas con el proceso de descongelación de los túneles										

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Ronda 4	Hipótesis	Ronda 5	Hipótesis	Acción
Por qué existe problemas en el inventario de repuestos de túneles de congelamiento?	SI	Por qué existe falta de repuestos de alta rotación en bodega de Criogenia?								Se diseñará un control de inventario de la bodega de repuestos de túneles de congelamiento utilizando el software de la bodega central de Criogenia Ecuador
Existe falta de repuestos de alta rotación en bodega de Criogenia		No hay un programa donde se registren entradas y salidas de materiales								
Existen repuestos de desgaste con tiempos de vida muy variados	SI	Por qué existen repuestos de desgaste con tiempos de vida muy variados?	SI	Por qué se adquieren repuestos de desgaste de fabricante de equipo y de varios proveedores locales?	SI	Por qué existe problema con los tiempos de respuesta del fabricante del equipo?				Se establecerá una metodología para conocer cual es la mejor solución de repuestos en relación costo beneficio
		Se adquieren repuestos de desgaste de fabricante de equipo y de varios proveedores locales		Existe problema con los tiempos de respuesta del fabricante del equipo		En algunas ocasiones se realiza pedido de piezas cuando se averían				
		Se quiere experimentar con repuestos de otros materiales para mejorar durabilidad	SI	Por qué se quiere experimentar con repuestos de otros materiales para mejorar durabilidad?		Existen repuestos que permanecen en operación muy poco tiempo y sigifican altos costos operativos				

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Ronda 4	Hipótesis	Ronda 5	Hipótesis	Acción
Por qué existen problemas en los equipos eléctricos y electrónicos?	SI	Por qué existe humedad en los tableros de control?	SI	Por qué existe problemas en los sellos de las puertas?	SI	Por qué personal de limpieza utiliza agua a presión contra las juntas de las puertas?	SI	Por qué personal de limpieza no capacitado sobre la estructura del túnel?		Se establecerán procedimientos para la limpieza los cuales serán transmitidos a personal de Durán y contratista de limpieza
Existe humedad dentro de tableros de control		Ingresar agua a través de los sellos de las puertas		Personal de limpieza utiliza agua a presión contra las juntas de las puertas		Personal de limpieza no capacitado sobre la estructura del túnel		Alto nivel de rotación de personal de limpieza		
		Ingresar agua a través de los sellos de entrada de cables	Por qué Ingresar agua a través de los sellos de entrada de cables							
Existe problema de energía eléctrica en la planta de Durán	SI	Por qué existe problema de energía eléctrica en la planta de Durán?	SI	Por qué existe variación de voltaje muy frecuente y presencia de armónicos ?						Se analizará la calidad de la energía de los tableros eléctricos donde se conectan los túneles de congelamiento
		Existe variación de voltaje muy frecuente y presencia de armónicos		Calidad de energía otorgada por distribuidor eléctrico es mala en el sector						

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Ronda 4	Hipótesis	Ronda 5	Hipótesis	Acción
Por qué el tiempo de respuesta de mantenimiento es insatisfactorio?	SI	Por qué el 100% de mantenimientos correctivos lo realiza personal de Criogenia?	SI	Por qué personal de Durán solo reporta daños en los equipos?	SI	Por qué personal de Durán no conoce procedimientos de revisión de túnel?				Se establecen procedimientos de revisión técnica de los túneles
El 100% de mantenimientos correctivos lo realiza personal de Criogenia		Personal de Durán solo reporta daños en los equipos		Personal de Durán no conoce procedimientos de revisión del túnel		No se han actualizado campañas de capacitación técnica a personal de Durán				
El túnel Durán 1 necesita un listado de repuestos distinto	SI	Por qué el túnel Durán 1 necesita un listado de repuestos distinto?	SI	Por qué el túnel utiliza otros equipos eléctricos y electrónicos distinto a los otros túneles?						Se buscará la forma de actualizar el panel de control del túnel Durán 1
		El túnel utiliza otros equipos eléctricos y electrónicos distinto a los otros túneles		El equipo es antiguo y el tablero de control tiene repuestos de una generación antigua						

(Fuente: Archivos Criogenia)

El resumen de los resultados del análisis de la matriz de los 5 por qué mostrada arriba se pueden observar en la Tabla 8. Estas son las causas identificadas que el comité de investigación utilizará para realizar la mejora en el servicio de mantenimiento de túneles de congelamiento y conseguir el objetivo en la reducción de los costos por servicio.

Tabla 8 Resultados de la matriz 5 por qué

Se analizará la calidad de la energía de los tableros eléctricos donde se conectan los túneles de congelamiento		SIC y compras deben generar nuevo pliego de servicios de mantenimiento para licitación del servicio
Se establecerán procedimientos para la limpieza los cuales serán transmitidos a personal de Durán y contratista de limpieza	Se diseñará un control de inventario de la bodega de repuestos de túneles de congelamiento utilizando el software de la bodega central de Criogenia Ecuador	Se establecerá una metodología para conocer cual es la mejor solución de repuestos en relación costo beneficio
Mejora de las uniones de ingreso hacia los tableros de control	Se establecen procedimientos de revisión técnica de los túneles	Se deben establecer procedimientos para las acciones de operación básicas
Se buscará la forma de actualizar el panel de control del túnel Durán 1		Establecer nuevas rutinas de mantenimiento por tipo según el período de tiempo

(Fuente: Resumen de la Tabla 7)

2.5. Análisis de Valor de Componentes y Materiales

Los túneles de congelamiento están compuestos de varios elementos estructurales, operativos, de control y funcionales que permiten el congelamiento del camarón. Como es un equipo cuyo tiempo de vida operativo es de al menos 5 años sin trabajos de repotenciación, se tiene que identificar cuáles son las partes y repuestos que tienen un efecto en el proceso de mantenimiento durante el tiempo de operación. Esta información es obtenida de dos fuentes válidas para Criogenia Ecuador, la primera es el manual de mantenimiento de los túneles de congelamiento y la segunda es los años de experiencia que han estado en servicio.

Por esta razón en el comité de investigación de Criogenia determinó analizar por medio de ingeniería de valor los componentes críticos en el proceso de mantenimiento dividiendo el proceso en siguientes módulos de operación:

- Mecánica para elevación del túnel
- Mecánica para movimiento de banda transportadora
- Mecánica para generación de olas
- Mecánica para ventilación interna del túnel
- Mecánica para extracción de GAN
- Eléctrica de panel de control módulo básico
- Eléctrica de panel de control módulo de extensión
- Inyección de LIN y GAN
- Sensores

La descripción de los componentes en cada uno de los módulos se los toma con los repuestos y materiales que son utilizados al momento de realizar el análisis el comité de investigación. Los resultados de este análisis se encuentran detallados en los ANEXOS D donde se muestran los componentes individuales de cada mecanismo descrito arriba, cantidad instalada en funcionamiento, frecuencia de cambio anual, costo de afectación en el servicio de mantenimiento de Criogenia. Se los clasifica en tres niveles BAJO, MEDIO y ALTO para discriminar cuáles serán los componentes objetivos para la reducción de costos del proyecto.

Debido a la cantidad de componentes, se decidió crear dos tablas a partir de las mostradas en los análisis de valor de componentes previo al desarrollo del proyecto listadas en los ANEXOS D. En la Tabla 9 se observa el análisis de valor de los componentes de los mecanismos de elevación, movimiento de la banda, generación de olas, ventilación interna y extracción de GAN. En la Tabla 10 se observa el análisis de valor de los componentes de los dispositivos que se encuentran dentro de los tableros principales, tableros de módulo de extensión, partes de control para inyección de LIN y GAN y los sensores y transductores instalados alrededor de los túneles de congelamiento.

Tabla 9 Tabla de valor componentes mecánicos

Componente	Acción en Servicio	Cantidad por Equipo	Costo Anual	Valor
Motores principales	Mantenimiento	57,00	\$ 42.761,10	Alto
Turbinas de extracción	Mantenimiento	6,00	\$ 1.410,00	Alto
Manguitos de acoplamiento	Reemplazo	12,00	\$ 1.740,00	Alto
Bocines para ejes	Reemplazo	72,00	\$ 33.048,00	Alto
Piñones helicoidales	Reemplazo	12,00	\$ 12.764,16	Alto
Tubería de extracción	Reemplazo	6,00	\$ 240,00	Medio
Cajas de lubricación	Reemplazo	9,00	\$ 207,00	Medio
Sistema Cardán	Mantenimiento	3,00	\$ 750,00	Medio
Patas de elevación	Mantenimiento	12,00	\$ 1.500,00	Alto
Banda transportadora	Reemplazo	1,20	\$ 1.273,64	Alto
Colgadores de banda	Reemplazo	18,00	\$ 169,92	Medio
Puentes de elevación	Reemplazo	60,00	\$ 541,02	Medio
Vincha de sujeción de puentes	Reemplazo	60,00	\$ 337,50	Medio
Cortinas de plástico	Reemplazo	6,00	\$ 2.700,00	Alto
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO			\$ 99.442,34	Alto

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 10 Tabla de valor componentes eléctricos y control

Componente	Acción en Servicio	Cantidad por Equipo	Costo Anual	Valor
Módulos PLC (Durán 1)	Reemplazo	8,00	\$ 1.381,37	Alto
Módulos PLC (Durán 2 y 3)	Reemplazo	6,00	\$ 624,06	Medio
Variadores Motores (Durán 1)	Reemplazo	7,00	\$ 9.776,89	Alto
Comunicación Variadores (Durán 1)	Reemplazo	7,00	\$ 2.841,30	Alto
Variadores Motores (Durán 2 y 3)	Reemplazo	14,00	\$ 3.766,91	Alto
Comunicación Variadores (Durán 2 y 3)	Reemplazo	14,00	\$ 201,73	Medio
Botonera principal (Tres túneles)	Reemplazo	3,00	\$ 1.604,64	Alto
Válvulas principales LIN (Tres túneles)	Mantenimiento	6,00	\$ 1.755,00	Alto
Válvulas principales GAN (Tres túneles)	Reemplazo	9,00	\$ 135,00	Medio
Boquillas aspersoras (Tres túneles)	Mantenimiento	48,00	\$ 120,00	Medio
Sensores Posición (Tres túneles)	Reemplazo	6,00	\$ 398,73	Medio
Sensores Puertas laterales (Tres túneles)	Reemplazo	6,00	\$ 208,08	Medio
Paradas de emergencia (Tres túneles)	Reemplazo	14,00	\$ 3.080,00	Alto
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO			\$ 25.893,71	Alto

(Fuente: Elaboración propia)

En la Tabla 9 y Tabla 10 se aprecia que existen varios componentes y/o materiales con costos monetarios representativos en el servicio de mantenimiento. Parte de este estudio se enfocará en encontrar una solución que mejore el valor de los componentes marcados como ALTO y MEDIO. El comité de investigación designa la tarea en conjunto a los departamentos SIC y compras de encontrar las soluciones ideales que sean sustentables a largo plazo.

Adicional, la tarea de buscar mejores condiciones de valor a estos elementos no se trabajará de forma aislada con los análisis realizados por medio de las herramientas utilizadas en el punto 2.4.

En esta investigación se encuentra que ciertas fallas operativas registradas tienen relación con componentes marcados dentro del plan de mejora del análisis de valor. La doble condición indica cuáles son las áreas donde debe existir un mayor enfoque para lograr el objetivo de ajustar los costos del servicio de mantenimiento y que Criogenia pueda cumplir con el presupuesto anual asignado.

CAPÍTULO 3

3. IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES TÉCNICAS Y FINANCIERAS

3.1. Punto de Partida

Los resultados obtenidos en la Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10 son las causas encontradas que se deben atacar en este proyecto, las cuales tratan aspectos como personal, recursos, inventario, responsabilidades de partes involucradas. El comité de investigación y desarrollo de Criogenia observa que hay varios puntos en el servicio de mantenimiento de túneles que deben mejorar para alcanzar el objetivo trazado.

Del diagnóstico que se realizó en el CAPÍTULO 2, se debe generar un plan maestro para alcanzar el objetivo de reducción de costos operativos de Criogenia enfocándose en los siguientes puntos:

- Controlar el gasto en recursos, materiales y repuestos
- Maximizar la vida útil de los materiales y repuestos
- Mejorar la capacidad del personal a cargo del manejo y mantenimiento de los equipos
- Aprovechar el recurso humano disponible incrementando la participación e involucramiento
- Implementar mejora en el mantenimiento preventivo actual
- Reducir mantenimiento correctivo de los equipos
- Promover la mejora continua en el proceso de mantenimiento

En resumen, lo que se necesita del nuevo servicio de mantenimiento se basará en lo planteado en la Tabla 11 mostrada a continuación.

Tabla 11 Mejoras en mantenimiento esperadas

FALLAS	Eliminar causas raíz
	Anticiparse - Mantenimiento preventivo
INVENTARIO	Gestión de activos
PERSONAL	Facilitar el trabajo
	Mejorar el uso de recursos
	Involucramiento de personal operativo

(Fuente: Elaboración propia)

Bajo las condiciones explicadas en el diagnóstico realizado por el comité, se toma la decisión de aplicar una herramienta la cual se enfoque en la mejora y conservación de los equipos y donde se involucre a todo el personal tanto administrativo como operativo. De las herramientas que Lean Manufacturing nos presenta y que cumple con estas condiciones se encuentra el Mantenimiento Productivo Total o TPM (por sus siglas en inglés Total Productive Maintenance), la cual el comité toma como procedimiento para desarrollar la solución del problema planteado.

3.2. Selección de TPM como Herramienta de Mejora

El Mantenimiento Productivo Total es una metodología que se deriva del Lean Manufacturing con el fin de mejorar la disponibilidad por medio de la reducción y eliminación de fallos involucrando a todos los empleados que intervienen de forma directa o indirecta en el funcionamiento y proceso dentro de una industria. (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

La mejor forma de explicar como el TPM ayudará a encontrar la solución del problema planteado es analizando cada una de las palabras que la conforma:

- **Mantenimiento:** asegurar que los túneles de congelamiento propiedad de Criogenia, continúen cumpliendo las funciones que los usuarios y dueños de procesos de Durán esperan. (Moubray, 2004).
- **Productivo:** asegurar que los túneles de congelamiento se mantengan en estado máximo de productividad dando paso a que el cliente Durán pueda utilizarlos siempre que lo necesiten, cumpliendo con los parámetros y objetivos de Criogenia durante toda su vida útil y/o tiempo de contrato.

- Total: involucrar a todas las partes interesadas, tanto administrativas como operativas de las empresas Criogenia y Durán, en el funcionamiento de los túneles de congelamiento.

La clave para aplicar la metodología TPM en el servicio de mantenimiento de los túneles de congelamiento instalados en Durán, depende de lo explicado anteriormente. Es imperioso involucrar al personal técnico y administrativo de Durán a las acciones que desea implementar Criogenia si se aspira al éxito a largo plazo. La forma para llegar al cliente no es solo presentar la mejora del servicio de mantenimiento como una solución que logrará reducción de costos lo cual es el objetivo de este proyecto y de Criogenia, sino que, al aplicar la mejora mencionada, se obtendrá mayor disponibilidad de los equipos que es el interés del cliente, lo cual vuelve atractivo el esfuerzo que deberá realizar con sus recursos la empresa Durán.

De esta forma la persona encargada de realizar el acercamiento con el cliente Durán designada por el comité de Criogenia mostró el interés de la compañía en implementar TPM en el servicio de mantenimiento de sus equipos. Se enfatizó que la búsqueda en la mejora del servicio de mantenimiento ofrece reducción de tiempos muertos por mantenimiento no planificado y con eso mejorará la disponibilidad de los equipos lo cual causará mejoras en los índices de producción del departamento DVA.

Se mostró al cliente los hallazgos encontrados en las entrevistas con el personal de planta y las causas raíz detectadas. Con este antecedente se solicita la ayuda correspondiente a Durán con los recursos humanos necesarios para que en conjunto ambas empresas puedan asegurar que los equipos se mantengan en condiciones ideales de operación y así, disminuir la probabilidad de origen de fallos o averías.

Se llega al acuerdo que el equipo humano de Criogenia será el encargado de desarrollar el plan de trabajo para la implementación del TPM, por lo tanto, tendrá que coordinar con el cliente los tiempos para intervención en los galpones de producción, uso de máquinas y facilidad de recursos humanos según la necesidad de ejecución de la herramienta.

El Plan de Trabajo se basa en la implementación de los pilares del TPM con el fin de que cada uno de ellos logre atenuar los fallos mostrados en la Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10 y conseguir así la reducción de costo del servicio de mantenimiento.

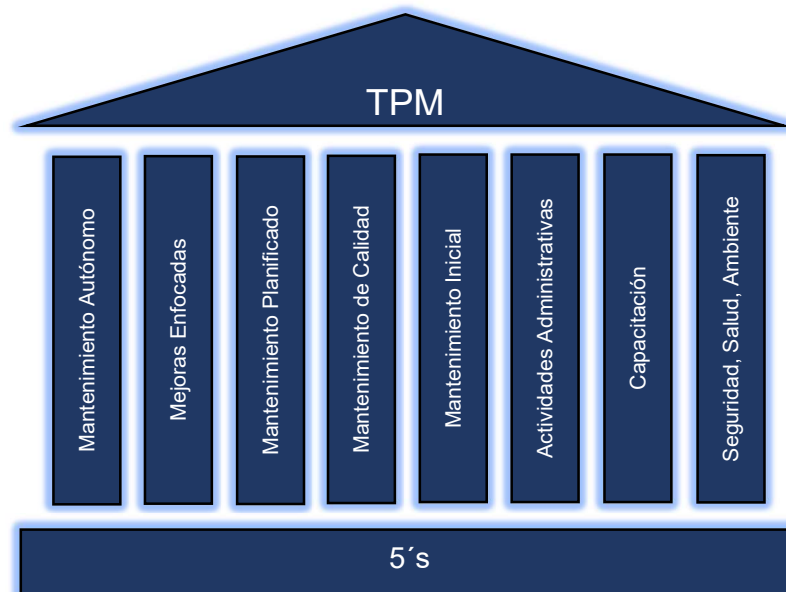


Figura 3.1 Pilares Fundamentales del TPM

(Fuente: Singh Rajput & Jayaswal, 2012)

Los directivos de ambas empresas toman la decisión de comenzar la implementación de los procedimientos del TPM en campo con los tres equipos instalados al mismo tiempo en paralelo debido a que el personal operario de Durán rota trabajando en todos ellos. El plan de trabajo tiene como procedimiento seguir la implementación de los siguientes pilares:

- 5's como base de los pilares
- Mejoras enfocadas
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento planificado
- Actividades administrativas y apoyo
- Capacitación

3.3. Actividades Administrativas y Apoyo

Se comienza con este pilar del TPM debido a la velocidad de ejecución y lo imperioso de ciertas actividades a realizar previo a la implementación de los pilares que involucran a los equipos y el personal encargado de su funcionamiento. Venkatesh (2007) muestra un listado de actividades que se deben tomar en cuenta para la ejecución de la implementación de este pilar. Para nuestro proyecto donde se resuelve atacar las causas encontradas en la Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10.

- Pérdida de costos proceso de compras
- Tiempo dedicado a la presentación de informes
- Queja de cliente por tiempos de atención
- Alto inventario en bodega
- Problema de disponibilidad de stock
- Gastos de envío por compras de emergencia

Para la resolución de estos puntos, el personal de Criogenia decide atacar a dos grandes actividades:

- Contrato de servicio de mantenimiento de túneles de congelamiento
- Inventario de bodega de repuestos

3.3.1. Mejora en el contrato de mantenimiento

Como se expuso en el punto 2.3.2, el servicio de mantenimiento de los túneles de congelamiento está a cargo de una contratista la cual no cumplió con los procesos de calidad exigidos por Criogenia como se resume en la Figura 2.14.

El coordinador y el ingeniero de proyectos de SIC tienen una reunión de emergencia con personal de departamento de compras encargado de contratos por servicios, y se llega a la conclusión que, debido al incumplimiento mencionado, Criogenia se acoge a la cláusula de terminación de contrato de forma unilateral. En paralelo, se comienza a realizar pliegos donde se detalla el alcance del servicio de mantenimiento de los túneles de congelamiento donde se enfocan los siguientes puntos:

- Generalidades e introducción
 - Alcance del trabajo de mantenimiento
 - Inventario de túneles de congelamiento
 - Nivel de servicio esperado
- Obligaciones del proveedor
 - Obligaciones referidas al personal
 - Obligaciones referidas a la prestación del servicio
 - Ejecución del trabajo
- Tarifas y prestación de servicios
- Duración del contrato
- Alcance geográfico
- Facturación
- Cronograma de licitación
- Lineamientos generales
 - Obligaciones
 - Proceso de evaluación de la información
 - Presentación de pliego
- Forma de pago
- Penalidades
 - Amonestaciones
 - Multas
- Pólizas
- Requisitos y términos del servicio
- Servicios de valor agregado
- Auditoría integral
- Código de conducta de proveedores
- Seguridad Criogenia

SIC solicita al departamento de compras, quienes son los encargados de escoger al proveedor, que la invitación para licitar el servicio de mantenimiento de túneles de congelamiento se debe dirigir a empresas

que ofrezcan personal con conocimientos medio - avanzado en electricidad, electrónica, mecánica, neumática y soldadura tipo TIG. En conjunto los dos departamentos realizan la invitación a cuatro compañías interesadas a las cuales se les expone los pliegos para mayor entendimiento de lo solicitado por Criogenia como se observa en la Figura 3.2.



Figura 3.2 Presentación de pliegos servicio de mantenimiento

(Fuente: Sala de reuniones Criogenia)

El departamento de compras, luego del proceso de calificación, da a conocer que dos compañías muestran las mejores ventajas costos/beneficios para ejercer el contrato de mantenimiento de túneles de congelamiento. En conjunto los departamentos de Compras y SIC proceden a escoger al ganador de la licitación y a generar el nuevo contrato para servicio de mantenimiento de túneles de congelamiento a nivel nacional.

Los beneficios del nuevo contrato dan una solución al problema de tiempos de respuesta de atención no satisfactorios y falta generación de informes de trabajo. En el contrato se estipula un apartado donde se describen las sanciones al contratista por las razones mencionadas, donde se manejarán de tal forma que:

- Los trabajos planificados se deben cumplir en la fecha y hora acordada donde existe un margen de una hora de diferencia para acudir al sitio de trabajo.

- Los trabajos de emergencia se deben responder en un máximo de cuatro horas. El cliente tiene una jornada de labores de lunes a sábado 24 horas al día sin importar feriados. El contratista debe tener personal disponible para acudir a un llamado en caso de emergencia en el horario mencionado.
- Los informes de trabajos por mantenimientos planificados se deben entregar como máximo el 21 de cada mes la cual es fecha de corte de facturación.
- Los informes de trabajos por mantenimientos de emergencia se deben entregar en un tiempo máximo de 72 horas

En un año transcurrido cuando el contratista incumpla alguno de los puntos antes mencionados arriba, se determinarán las siguientes acciones:

- La primera vez, recibirá un llamado de atención de forma escrita y el contratista en un lapso de cinco días laborables tendrá que presentar un plan de acción para corregir el problema
- La segunda vez, el contratista recibirá una multa correspondiente al 30% de la factura a cobrar durante el mes de transcurso. En el caso de que el personal encargado de los trabajos sea el mismo que incumplió en la primera vez, la contratista deberá realizar la remoción de las personas involucradas y tendrá un máximo de tres días laborables para reponerlos, donde este nuevo recurso, debe tener al menos el mismo perfil técnico del personal saliente.
- La tercera vez, Criogenia por medio del departamento de compras y SIC tiene la potestad de terminar el contrato de forma unilateral, en donde el contratista realizará el servicio durante 15 días más luego de la notificación. Criogenia cancelará los valores por los servicios prestados hasta el día de anuncio de terminación de contrato por incumplimiento.

Luego de que se cumpla un año del contrato firmado por ambos, se borrarán la cantidad de incumplimientos acumulados.

Adicional se logra una disminución en los costos de servicio de mantenimiento. En la Tabla 12 se observa costos del contrato anterior y en la Tabla 13 se observa costos del contrato actual.

Tabla 12 Costos mantenimiento por contrato anterior

Descripción	Unidad	Cantidad		Precio Unitario Hora Extra al 50%	Precio Unitario Hora Extra al 100%
TECNICO SENIOR Mecanico (tecnologo - ingeniero NACIONAL)	hora	1	26,78	38,25	51,00
Ayudante Mecánico (bach. tecnico - certificado capacitacion)	hora	1	13,39	19,13	25,50
TECNICO SENIOR Eléctrico - Electronico (tecnologo - ingeniero NACIONAL)	hora	1	26,78	38,25	51,00
Ayudante Eléctrico - Electronico(bach. tecnico - certificado capacitacion)	hora	1	13,39	19,13	25,50
ESPECIALISTA LOCAL (EXPERIENCIA LOCAL) (Instrumentista - Ing. Electronico industrial - Automatizacion)	hora	1	40,16	57,38	76,50
Soldador eléctrico y/o acetileno	hora	1	22,31	31,88	42,50
Albañil	hora	1	13,39	19,13	25,50
Ayudante de Albañil	hora	1	10,71	15,30	20,40
Dibujante	hora	1	17,85	25,50	34,00

N°	Cliente2	Movilización Individual
EC-TC 020	Guayaquil	\$20,00
EC-TC 030	Durán	\$20,00
EC-TC 040	Durán	\$20,00
EC-TC 050	Pedemales	\$328,00

(Fuente: Archivos Criogenia)

Tabla 13 Costos mantenimiento por contrato nuevo

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario hora hombre	Precio Unitario Hora Extra al 50%	Precio Unitario Hora Extra al 100%
1	ESPECIALISTA TECNICO Ingeniero Eléctrico o Electrónico (experiencia de al menos 5 años como Instrumentísta, Automatización Industrial, Comunicación y Control)	hora	1	\$ 19,40	\$ 29,10	\$ 38,80
2	ELECTRICO SENIOR Ingeniero o Técnico Eléctrico o Electrónico (experiencia de al menos 3 años en tableros de control, tableros eléctricos y electrónicos)	hora	1	\$ 13,03	\$ 19,55	\$ 26,06
3	MECANICO SENIOR Ingeniero o Técnico Mecánico (experiencia de al menos 3 años en equipos industriales, industria alimenticia y equipos criogénicos)	hora	1	\$ 9,22	\$ 13,83	\$ 18,44
4	SOLDADOR SENIOR Soldador especialista TIG, MIG (experiencia al menos 3 años como soldador especializado con comprobante vigente)	hora	1	\$ 10,49	\$ 15,74	\$ 20,98
5	AYUDANTE TECNICO Técnico o Bachiller técnico (experiencia de al menos 2 años en trabajos industriales o comerciales)	hora	1	\$ 6,67	\$ 10,01	\$ 13,34
6	SUPERVISOR DE PRODUCCION Ingeniero o técnico industrial (experiencia de al menos 2 años en trabajos industriales o comerciales)	hora	1	\$ 11,77	\$ 17,66	\$ 23,54
7	ALBANIL Maestro albañil (experiencia de al menos 2 años en trabajos industriales o comerciales)	hora	1	\$ 7,95	\$ 11,93	\$ 15,90
8	AYUDANTE ALBANIL Albañil (experiencia de al menos 1 año en trabajos industriales o comerciales)	hora	1	\$ 6,67	\$ 10,01	\$ 13,34

Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Desplazamiento 1	Durán - ida y vuelta	km	56,25	\$ 0,32	\$ 18,00
Desplazamiento 2	Pedernales - ida y vuelta	glb	1	\$ 264,00	\$ 264,00
Desplazamiento 3	Internos - ida y vuelta	km	20	\$ 0,32	\$ 6,40

(Fuente: Archivos Criogenia)

Como ventaja adicional los costos individuales mostrados en la Tabla 13, se proyectan para mejorar los mantenimientos planificados realizando un mayor número de revisiones anuales. En la Tabla 14 se observa la cantidad de mantenimientos planificados que se tenía anualmente por túnel en el contrato anterior. En el pilar de Mantenimiento Planificado se evaluará mejoras a este tipo de servicio que fue conversado con el contratista adjudicado del contrato.

Tabla 14 Mantenimiento planificado anual contrato anterior

N°	Cliente2	# Visitas Anual	Mantenimiento Rutinario	Repuestos & Consumibles	Total anual
EC-TC 020	Guayaquil	4	\$470,25	\$50,00	\$2.161,00
EC-TC 030	Durán	6	\$498,75	\$50,00	\$3.412,50
EC-TC 040	Durán	6	\$498,75	\$50,00	\$3.412,50
EC-TC 050	Pedernales	4	\$470,25	\$50,00	\$3.393,00

(Fuente: Archivos Criogenia)

3.3.2. Mejora en manejo de inventario

La primera acción por realizar con respecto a la mejora del control del inventario es establecer el punto de partida y de esta forma organizar los repuestos que se tienen en stock. Se realizan las siguientes acciones:

- Inventario de los repuestos correspondiente a los túneles de congelamiento almacenados dentro de la bodega de repuestos.
- Contraste de la existencia de repuestos en bodega y lo declarado en el programa de control de bodegas.
- Almacenaje en percha y codificación de cada uno de los elementos para mejorar la ubicación.
- Se rastrea en conjunto con el departamento de compras las facturas de repuestos en bodega para verificación de costos y fecha de entrada versus lo mostrado en el programa.

Tabla 15 Sección de listado inicial de bodega de repuestos

Descripción de repuesto	UNID AD	Costo Unitario
Electronic Fuse	und	\$ 224,27
Safety relay 24VDC; FK INSTANT.: 4NO, PL: E	und	\$ 426,70
Safety relay 24VDC; FK INSTANT.: 2NO, 0,5...30s	und	\$ 491,41
Safety relay 24VDC; FK INSTANT.: 2NO, 2, 0,5...300s	und	\$ 498,10
SIMATIC S7-300, central unit with MPI/DP and Eth	und	\$ 3.594,47
SIMATIC S7-300,MICRO MEMORY CARD, 512 KBYTE	und	\$ 377,13
Profibus plug 90° with PG socket	und	\$ 128,62
Module DI SM321, 16 DI, 16 DI, DC 24V, 20 pole	und	\$ 198,25
Front Connector screw Contacts, 20 pin	und	\$ 177,15
Module DI SM321, 32 DI, DC 24V, 40 pole	und	\$ 256,04
Front Connector screw Contacts, 40 pin	und	\$ 85,08

(Fuente: Archivos Criogenia)

El siguiente paso es asignarle una categoría a cada uno de los repuestos que se tiene en bodega. La asignación de las categorías corresponde a lo siguiente:

- TIPO A: Producto de gran consumo e importancia crítica para la operación del túnel. Forecast debe ser al menos la mitad de lo que se encuentra instalado en los equipos.
- TIPO B: Producto de muy bajo consumo, pero de importancia crítica para la operación del túnel que no se consigue en mercado local. Forecast debe ser al menos una cuarta parte de lo que se encuentra instalado.
- TIPO C: Producto de muy bajo consumo y que se consigue en el mercado local. Forecast debe ser al menos uno en bodega.

El cumplimiento del forecast se lo maneja de forma visual en el nuevo listado de control de inventario. Este control visual es de tipo semáforo donde se especifica lo siguiente:

- Verde: Cantidad de unidades mayor al forecast
- Amarillo: Cantidad de unidades igual al forecast
- Rojo: Cantidad de unidades menor al forecast

Tabla 16 Control de inventario por tipo

Codigos Bodega	Descripción de repuesto	UNID AD	Costo Unitario	Tipo de Producto	Equipos instalados	Forecast	Cantidad actual	Requerimiento de compra
ECRR661763	Electronic Fuse	und	\$ 224,27	B	4	1	2	● -1
ECRR661764	Safety relay 24VDC; FK INSTANT.: 4NO, PL: E	und	\$ 426,70	B	1	1	1	● 0
ECRR661765	Safety relay 24VDC; FK INSTANT.: 2NO, 0,5...30s	und	\$ 491,41	B	1	1	1	● 0
ECRR661766	Safety relay 24VDC; FK INSTANT.: 2NO, 2, 0,5...300s	und	\$ 498,10	B	1	1	1	● 0
ECRR661767	SIMATIC S7-300, central unit with MPI/DP and Eth	und	\$ 3.594,47	B	1	1	1	● 0
ECRR661768	SIMATIC S7-300,MICRO MEMORY CARD, 512 KBYTE	und	\$ 377,13	B	1	1	2	● -1
ECRR661769	Profibus plug 90° with PG socket	und	\$ 128,62	B	1	1	1	● 0
ECRR661770	Module DI SM321, 16 DI, 16 DI, DC 24V, 20 pole	und	\$ 198,25	A	1	1	1	● 0
ECRR661771	Front Connector screw Contacts, 20 pin	und	\$ 177,15	B	10	3	4	● -1
ECRR661772	Module DI SM321, 32 DI, DC 24V, 40 pole	und	\$ 256,04	A	1	1	1	● 0
ECRR661773	Front Connector screw Contacts, 40 pin	und	\$ 85,08	B	1	1	0	● 1
ECRR661774	Module DO SM322, 16 DO, DC 24V, 0.5A, 20 pole	und	\$ 160,60	A	1	1	1	● 0
ECRR661776	Module AI SM331, 8 AI, U/I/Thermo/Resists/40 pole	und	\$ 945,55	A	4	2	2	● 0
ECRR661778	Module AO SM332, 2 AO, U/I; 11/12 bit, 20 pole	und	\$ 973,60	A	1	1	1	● 0
ECRR661780	E82EV751K4C LENZE U604 CONVEYOR BELT	und	\$ 1.182,57	A	1	1	1	● 0
ECRR661781	E82EV302K4C LENZE U410 INNER FANS	und	\$ 1.592,36	A	2	1	0	● 1
ECRR661782	E82EV152K4C LENZE U480 CRYOWAVE DRIVE	und	\$ 1.445,48	A	2	1	2	● -1
ECRR661783	E82EV222K4C LENZE U501-U502 EXHAUST FAN	und	\$ 1.259,32	A	2	1	2	● -1

(Fuente: Archivos Criogenia)

Luego se realiza una adquisición de repuestos de los que se encuentran en estado de reposición inmediato como se observa en la Figura 3.3.



Figura 3.3 Importación de repuestos para regulación de inventario
(Fuente: Archivos Criogenia)

El objetivo de este control de inventario realizado es establecer cuáles son los repuestos que no se deben adquirir más para la operación y, cuáles son los artículos que no se tienen en stock y ponen en peligro la operación normal de los túneles de congelamiento en el cliente Durán. Con esto se espera disminuir al mínimo el stock de bodega y permanecer sólo con lo justamente necesario consiguiendo una reducción de costos de inventario.

La segunda parte en el plan de control de inventario de bodega es establecer un análisis de costos de las partes y repuestos levantados en la Tabla 9 y Tabla 10. García Palencia (1998) nos explica “El Análisis de Valor es el enfoque organizado y creativo para determinar todos los costos innecesarios en un producto o servicio. Se utiliza primordialmente para descubrir los costos excesivos, para mejorar el rendimiento a un costo inferior.

La ingeniería del valor se ocupa del desarrollo de nuevos diseños para productos o servicios con hincapié específico en la calidad y la facilidad

de uso y con el objeto de reducir el costo global de manufactura o de producción del servicio.”

El fin de esta metodología es encontrar soluciones que puedan ofrecer piezas o servicios sustitutivos para obtener la misma o mejor vida útil de cada una de estos. Como se mencionó en el punto 2.2.1 existen 19 motores principales por cada túnel de congelamiento, que consisten en 1 motor de elevación, 1 motor de movimiento de banda con 1 motor para ventilación, 2 motores generadores de olas, 12 motores de ventiladores internos y 2 motores extractores de exceso de GAN, que necesitan mantenimiento rutinario en taller de al menos una o dos veces al año. Este mantenimiento consiste en el retiro del motor del túnel para que el contratista lo lleve a un taller electromecánico donde se realizan mantenimiento preventivo básico y, en caso de ser necesario, un mantenimiento de rectificación para recuperarlo a su estado de funcionamiento normal. Esto es una molestia para el cliente ya que le representa operar el túnel sin el motor que fue retirado durante el tiempo que se encuentre en taller, causando incremento de consumos durante producción.

Se encuentra la oportunidad de realizar dos mejoras con el nuevo contrato de servicio de mantenimiento. La primera acción será que Criogenia adquiera para stock los siguientes motores:

- 1 de elevación
- 1 de movimiento de banda
- 1 de generación de olas
- 6 de ventiladores interno

Con estas adquisiciones en los futuros mantenimientos se podrá retirar los motores que están en los túneles de congelamiento para llevarlos a taller y al mismo tiempo reponer por uno que se está en condiciones de trabajo ideal. Existe un ahorro por la asistencia de personal al cliente porque el retiro e instalación de motor se lo realiza en la misma visita, obteniendo la ventaja adicional de que cliente no presente más quejas por condiciones anormales en su jornada de producción.

La segunda mejora que se consigue es en los costos de mantenimiento de los motores. En conjunto con el departamento de compras se incluye a un taller electromecánico de la ciudad como proveedor de servicios para Criogenia, y se paga de forma directa sin intermediarios. Se realiza un contrato donde se fija un APU que será revisado cada cumplimiento de

año para analizar cambio de precio por los servicios determinados. Las condiciones de costos por trabajos mejoran debido a que el motor que entra a mantenimiento en taller puede permanecer más tiempo sin la presión de ser devuelto a la operación de los túneles.

Tabla 17 Costos taller de motores contrato anterior

Costos							
Banda M	Banda R	Extract M	Cryo M	Cryo R	Ventil M	Elevac M	Elevac R
\$ 259,70	\$ 219,70	\$ 259,70	\$ 259,70	\$ 219,70	\$ 259,70	\$ 259,70	\$ 219,70
\$ 259,70	\$ 219,70	\$ 259,70	\$ 259,70	\$ 219,70	\$ 259,70	\$ 259,70	\$ 219,70
\$ 259,70	\$ 219,70	\$ 259,70	\$ 259,70	\$ 219,70	\$ 259,70	\$ 259,70	\$ 219,70

(Fuente: Archivos Criogenia)

Tabla 18 Costos taller de motores contrato actual

Costos							
Banda M	Banda R	Extract M	Cryo M	Cryo R	Ventil M	Elevac M	Elevac R
\$ 140,00	\$ 100,00	\$ 140,00	\$ 140,00	\$ 100,00	\$ 140,00	\$ 160,00	\$ 100,00
\$ 140,00	\$ 100,00	\$ 140,00	\$ 140,00	\$ 100,00	\$ 140,00	\$ 160,00	\$ 100,00
\$ 140,00	\$ 100,00	\$ 140,00	\$ 140,00	\$ 100,00	\$ 140,00	\$ 160,00	\$ 100,00

(Fuente: Archivos Criogenia)

Con el departamento de compras se genera la búsqueda de una nueva planificación de adquisición de productos que son de desgaste para adquirir localmente con la capacidad de cambiar el material con el que son fabricados para aumentar la vida útil de los mismos. Los materiales que se consideran en esta mejora son:

- Manguitos de acople para motores de banda, generador de olas y elevación de túnel
- Bocines de ajustes de barra para generador de olas
- Piñones para transmisión de movimiento mecánico de motores

Al igual que en el caso de los motores, estos elementos eran adquiridos por la contratista anterior y suministrados a Criogenia. Los dos primeros ítems se realizan en un taller con el mismo material que son vendidos desde fábrica. La disponibilidad de estos son la razón por las que se adquirían de forma local. Luego de buscar varios proveedores y analizar la calidad de material ofrecido en el mercado local, se toma la decisión

de adquirir nuevamente desde fábrica mejorando el stock de bodega para cumplir los tiempos de respuesta debido a la importación.

Para la fabricación de los piñones se consigue un taller mecánico local donde los fabrican en acero negro con tratamiento especial que luego de algunos experimentos dan como resultado una durabilidad de 2000 horas de trabajo y, de esta forma mejoran a los originales de fábrica que tienen una duración de 500 horas.

Tabla 19 Costos de consumibles de contrato anterior

Costos					
Piñones Helico	Conector Banda	Conector Cryo	Conector Eleva	Bocines Transv	Bocines eje
\$ 86,64	\$ 125,00	\$ 135,00	\$ 185,00	\$ 76,50	\$ 76,50
\$ 86,64	\$ 125,00	\$ 135,00	\$ 185,00	\$ 76,50	\$ 76,50
\$ 86,64	\$ 125,00	\$ 135,00	\$ 185,00	\$ 76,50	\$ 76,50

(Fuente: Archivos Criogenia)

Tabla 20 Costos de consumibles de contrato actual

Costos					
Piñones Helico	Conector Banda	Conector Cryo	Conector Eleva	Bocines Transv	Bocines eje
\$ 120,00	\$ 17,52	\$ 17,52	\$ 23,36	\$ 42,77	\$ 42,77
\$ 120,00	\$ 17,52	\$ 17,52	\$ 23,36	\$ 42,77	\$ 42,77
\$ 120,00	\$ 17,52	\$ 17,52	\$ 23,36	\$ 42,77	\$ 42,77

(Fuente: Archivos Criogenia)

Según los resultados de la Tabla 9, existen 14 valores que deben analizarse para conseguir una reducción de costos en el servicio general de mantenimiento de componentes mecánicos de los túneles de congelamiento de Criogenia. Resultados en la Tabla 21.

- Mantenimiento de motores y turbinas: Como se aprecia en la Tabla 17 y en la Tabla 18, existe una disminución en costo directo del servicio y se realizará disminución de mantenimientos en taller al incrementar las revisiones debido a mejoras a implementar de mantenimiento planificado.
- Manguito de acoplamiento, bocines para ejes: Como se aprecia en la Tabla 19 y en la Tabla 20, existe una disminución en costo debido a adquisición directa a fábrica.

- Piñones helicoidales: Como se aprecia en la Tabla 19 y en la Tabla 20, existe una disminución en costo directo por adquisición directa a proveedor en Ecuador con material de mayor durabilidad.
- Tubería de extracción: Es un ítem de reemplazo y no puede ser modificado. Material con similares costos en el mercado.
- Cajas de lubricación, sistema cardán: Mantenimiento no se lo realiza más por rubro sino por horas hombre trabajadas. Esta es una operación que se realizará por un mecánico senior y un ayudante durante 3 horas más USD \$50,00 en consumibles. Se consigue un ahorro en el servicio de mantenimiento.
- Patas de elevación: Mantenimiento no se lo realiza más por rubro sino por horas hombre trabajadas. Esta es una operación que se realizará por dos mecánicos senior y un ayudante durante 5 horas más USD \$50,00 en consumibles. Se consigue un ahorro en el servicio de mantenimiento.
- Banda transportadora, colgadores de banda, puentes de elevación, vinchas de sujeción: Es un ítem de reemplazo y no puede ser modificado. Material en stock de bodega comprado directo a fábrica.
- Cortinas de plástico: Existe una disminución en costo directo por adquisición directa a fábrica.

Tabla 21 Mejora en análisis de valor componentes mecánicos

Componente	Acción en Servicio	Cantidad por Equipo	Costo Anual	Valor
Motores principales	Mantenimiento	57,00	\$ 15.829,20	Alto
Turbinas de extracción	Mantenimiento	6,00	\$ 750,00	Medio
Manguitos de acoplamiento	Reemplazo	12,00	\$ 227,76	Medio
Bocines para ejes	Reemplazo	72,00	\$ 12.317,76	Alto
Piñones helicoidales	Reemplazo	12,00	\$ 5.760,00	Alto
Tubería de extracción	Reemplazo	6,00	\$ 240,00	Medio
Cajas de lubricación	Reemplazo	9,00	\$ 207,00	Medio
Sistema Cardán	Mantenimiento	3,00	\$ 293,01	Medio
Patas de elevación	Mantenimiento	12,00	\$ 776,70	Medio
Banda transportadora	Reemplazo	1,20	\$ 1.273,64	Alto
Colgadores de banda	Reemplazo	18,00	\$ 169,92	Medio
Puentes de elevación	Reemplazo	60,00	\$ 541,02	Medio
Vincha de sujeción de puentes	Reemplazo	60,00	\$ 337,50	Medio
Cortinas de plástico	Reemplazo	6,00	\$ 2.199,60	Alto
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO			\$ 40.923,11	Alto

(Fuente: Archivos Criogenia)

Según los resultados de la Tabla 10, existen 13 valores que deben analizarse para conseguir una reducción de costos en el servicio general de mantenimiento de componentes eléctricos, electrónicos, control y neumáticos de los túneles de congelamiento de Criogenia. Resultados en la Tabla 22.

- Equipos de reemplazo: Se consigue un proveedor local que distribuye los elementos de control de 24VDC. El resto de los equipos son de importación que, por la dificultad de adquisición, son pedidos directo de fábrica de los túneles. Para conseguir una disminución de costos, se debe aplicar mejorar la disponibilidad del equipo para asegurar durabilidad de estos.
- Válvulas principales LIN: Mantenimiento no se lo realiza más por rubro sino por horas hombre trabajadas. Esta es una operación que se realizará por un mecánico senior y un ayudante durante 3 horas más USD \$50,00 en consumibles. Se consigue un ahorro en el servicio de mantenimiento.
- Válvulas principales GAN, sensores de posición sensores de puertas laterales: Es un ítem de reemplazo y no puede ser modificado. Material con similares costos en el mercado.
- Boquillas aspersoras: Mantenimiento no se lo realiza más por rubro sino por horas hombre trabajadas. Esta es una operación que se realizará por un ayudante durante 10 minutos más USD \$50,00 en consumibles. Se consigue un ahorro en el servicio de mantenimiento.
- Paradas de emergencia: Existe una disminución en costo directo por adquisición directa a proveedor en Ecuador con material de mayor durabilidad.

Tabla 22 Mejora en análisis de valor componentes de control

Componente	Acción en Servicio	Cantidad por Equipo	Costo Anual	Valor
Módulos PLC (Durán 1)	Reemplazo	7,00	\$ 908,79	Alto
Módulos PLC (Durán 2 y 3)	Reemplazo	6,00	\$ 624,06	Medio
Variadores Motores (Durán 1)	Reemplazo	7,00	\$ 5.479,73	Alto
Comunicación Variadores (Durán 1)	Reemplazo	7,00	\$ 811,80	Medio
Variadores Motores (Durán 2 y 3)	Reemplazo	14,00	\$ 2.980,19	Alto
Comunicación Variadores (Durán 2 y 3)	Reemplazo	14,00	\$ 403,46	Medio
Botonera principal (Tres túneles)	Reemplazo	3,00	\$ 1.604,64	Alto
Válvulas principales LIN (Tres túneles)	Mantenimiento	6,00	\$ 654,60	Medio
Válvulas principales GAN (Tres túneles)	Reemplazo	9,00	\$ 135,00	Medio
Boquillas aspersoras (Tres túneles)	Mantenimiento	48,00	\$ 72,00	Bajo
Sensores Posición (Tres túneles)	Reemplazo	6,00	\$ 398,73	Medio
Sensores Puertas laterales (Tres túneles)	Reemplazo	6,00	\$ 208,08	Medio
Paradas de emergencia (Tres túneles)	Reemplazo	14,00	1.540,00	Alto
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO			\$ 15.821,08	Alto

(Fuente: Archivos Criogenia)

3.4. Capacitación

Para un correcto arranque de la implementación del TPM en el servicio de mantenimiento de los túneles de congelamiento de Criogenia instalados en la empresa Durán, se necesita que el personal del cliente y personal encargado de mantenimiento de Criogenia se encuentren en la capacidad de entender el funcionamiento de forma integral de los equipos. Para esto se coordina una jornada de capacitaciones en la que participan personal de ambas empresas.

Calvo Rollé & Lago Dopico (2004) mencionan en su artículo, “Es importante establecer prioridades de formación, en función de las necesidades de los trabajadores implicados en el desarrollo del sistema que se pretende implantar”. Por esta razón se realizan dos jornadas de capacitación distintas, una para el personal de Durán y otra para personal de Criogenia.

3.4.1. Capacitación a personal de Durán

La capacitación realizada tiene el propósito de dar pie a la ejecución del TPM. Para conseguir esto, se desea que los operarios de los túneles de congelamiento de la planta Durán tengan los conocimientos necesarios para determinar acciones durante la operación de los equipos y los cuidados necesarios para que permanezcan en condiciones adecuadas para alargar su tiempo de vida y ofrecer la mayor disponibilidad posible para la producción.

Como se observa en Figura 3.4 se desarrolló un temario donde se topan los puntos más importantes que el personal de Durán debe conocer para el manejo de los equipos. La primera parte del entrenamiento se lo maneja de forma teórica donde se prepara al personal de Durán en el conocimiento básico del túnel de congelamiento, conceptos básicos de LIN, seguridad de los usuarios y equipos, sistema básico eléctrico y mecánico, y metodologías para optimizar el proceso según los parámetros que se establezcan durante la producción.

Qué vamos a ver?



- 1 Seguridad durante operación
- 2 Esquema general del Sistema
- 3 Parte Constructiva Eléctrica
- 4 Parte Constructiva Mecánica
- 5 Aspectos a tomar en cuenta con los productos primaries
- 6 Pantallas
- 7 Optimizar la producción

Figura 3.4 Temario de capacitación a personal de Durán

(Fuente: Archivos Criogenia)

La jornada de capacitación teórica tuvo una duración de un día. Debido a las restricciones por salubridad impuestas durante el año 2020, se dividió en dos grupos los cuales se comunicaban por medio de una herramienta virtual. El primer grupo donde se encontraban los instructores estaban en las oficinas de Criogenia y el segundo grupo en las oficinas de Durán.



Figura 3.5 Capacitación en oficinas a personal de Durán

(Fuente: Archivos Criogenia)

La segunda parte de la capacitación consistió en entrenamiento en las cámaras de producción de los túneles de congelamiento en las instalaciones de Durán. Para esto se dividió en 4 grupos de trabajo con el fin de que todas las personas involucradas en el funcionamiento de los equipos puedan participar directamente realizando las actividades que se presentó durante la capacitación teórica.



Figura 3.6 Jornada de capacitación práctica en túnel Durán 3

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

El doble entrenamiento, teórico y práctico, mostró a los participantes las situaciones a las que los equipos están expuestos durante producción, y posibles fallos que pueden ocurrir. Los operadores desarrollaron el conocimiento para ejecutar las siguientes acciones y así, realizar un mantenimiento de forma eficiente para mejorar la disponibilidad de los equipos:

- Reconocimiento del fallo o advertencia presentado
- Reconocimiento del dispositivo eléctrico o mecánico causante del error
- Habilidad para soluciones básicas de restablecer estados de operación propios del túnel con intervención de operarios
- Discriminar presencia de fallos ambientales donde se necesite apoyo de personal de mantenimiento de Durán
- Reconocimiento de fallos mayores donde se necesite intervención de equipo de mantenimiento de Criogenia. El operario estará en la capacidad de explicar al encargado de mantenimiento sobre la situación anormal para una programación eficiente de respuesta.

Todas estas jornadas quedaron registradas para llevar un control del personal que ha comenzado con el proceso de mejora y será considerado como parte de la ejecución del TPM. Adicional esto ayuda para conocer

en el futuro, cuando y cuánto personal debe ser reforzado en estos conocimientos para actualización del sistema.

REGISTRO DE ASISTENCIA
A EVENTOS INTERIORS DE FORMACION
LC PRO 0007/E

1. Datos generales del evento

Nombre del evento: Capacitación de Operación Tínel Lado ORE y temas conexos

Fecha / hora: 24/01/2018 8:00 - 11:30

Lugar: Sección de Operación

Duración: 3:30 h

Monitoreo y firma del Facilitador: Jorge Powell

2. Participantes (Asistentes)

Nº	Nombre y Apellido	Departamento	Firma
1	José Antonio	Operación	[Firma]
2	Diego Enrique	Operación	[Firma]
3	Diego Enrique	Operación	[Firma]
4	Diego Enrique	Operación	[Firma]
5	Diego Enrique	Operación	[Firma]
6	Diego Enrique	Operación	[Firma]
7	Diego Enrique	Operación	[Firma]
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			

Nov 01 11:11:2008

ASISTENTES DE ASISTENCIA A CURSOS DE CAPACITACION

1. Datos de la actividad de capacitación:

Nombre del curso/taller: Capacitación de Operación Tínel Lado ORE y temas conexos

Lugar: Sección de Operación

Duración: 3:30 h

Coordinador: Jorge Powell

Nombre del instructor: Jorge Powell

2. Participantes

Nº	NOMBRE	CARGO	FIRMA
1	José Antonio	Operación	[Firma]
2	Diego Enrique	Operación	[Firma]
3	Diego Enrique	Operación	[Firma]
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			

Firma: Jorge Powell [Firma] 24/01/18

Verifica:	Firma:	Apellido:	Nombre:	Apellido:	Apellido:	Apellido:
01	[Firma]	Diego	Diego	Diego	Diego	Diego
Cursos capacitación - Asistentes						Firma: [Firma]

Figura 3.7 Registro de asistencia a jornadas de capacitación
(Fuente: Archivos Criogenia)

La curva de aprendizaje del personal de Durán no fue muy violenta debido a que los operarios llevan tres años trabajando con los equipos. Al otorgarles las herramientas que se dieron en la capacitación, han adquirido mayor entendimiento de las diferentes situaciones a las que se pueden exponer. Ahora conocen que acciones realizar antes de cada proceso, y las razones por las cuales las ejecutan; entienden los fallos que se pueden presentar y que acciones tomar para resolverlos en el menor tiempo posible; vigilancia y control de parámetros y estructura de los equipos.

3.4.2. Capacitación a personal de Criogenia

Una vez que se realizó la nueva contratación de personal responsable de ejecutar el mantenimiento de los túneles de congelamiento, se procede a una campaña de capacitación de forma teórica y práctica desde el día 1 de inicio de contrato con el fin que obtengan los conocimientos necesarios para desarrollar las actividades de las cuales serán responsables.



Figura 3.8 Capacitación en oficinas a personal de Criogenia

(Fuente: Archivos Criogenia)

Como se explicó en el punto 3.3.1 los ejecutores tienen habilidades mecánicas, eléctricas, neumáticas y electrónicas las cuales son las ingenierías base con las que funcionan los túneles de congelamiento. El entrenamiento teórico sigue al expuesto en la Figura 3.4, con la diferencia que, al ser Criogenia responsable integral del mantenimiento, tiene una duración de 16 horas en las cuales también se analizan los planos mecánicos, eléctricos y, manuales de operación y mantenimiento de los equipos por parte del fabricante. Este conocimiento adicional no fue transmitido a personal de Durán por dos razones, la primera que es diseño propio de la empresa Criogenia y no se permite la libre difusión, y la segunda y más importante, que involucra cambio de repuestos, programación de parámetros de configuración para funcionamiento de los túneles lo cuales son implementados con permiso de usuario que sólo manejan personal de Criogenia.

El aprendizaje práctico, debido a la urgencia, se lo realizó de forma real resolviendo las actividades de mantenimiento frente a los equipos. Las primeras seis semanas luego del inicio del contrato de mantenimiento con el nuevo personal ejecutor, se lo realizó con acompañamiento de dos ingenieros de proyectos de SIC con conocimiento del funcionamiento de los túneles de congelamiento.

La curva de aprendizaje del personal de mantenimiento de Criogenia cumplió su comportamiento normal. García Palencia (1998) nos menciona sobre la disminución productiva de ejecución del mantenimiento, es decir que les toma mayor tiempo de lo normal en ejecutar ciertas acciones hasta que se familiaricen con los equipos.

Ciertas actividades al principio tienen la intervención de un número de personas mayor a lo que se espera, con el fin de transmitir el conocimiento a todos ellos y puedan ejecutar las diferentes actividades. Criogenia por medio del departamento de SIC acepta estas condiciones durante las seis semanas mencionadas debido a que es una inversión de conocimiento a largo plazo para mejorar el servicio de mantenimiento.

3.5. Implementación de 5's

El punto de arranque para la implementación del TPM mostrada en la Figura 3.1 es la herramienta 5's que es la base de los pilares. La metodología de aplicación de cada una de las tareas a cumplir se realizará en coordinación con el cliente, el cual nos otorga un día libre a la semana adicional al día de descanso de producción para cada equipo (Durán 1, Durán 2, Durán 3).

Mandariaga Neto (2019) nos explica el origen de las 5's en su libro describiendo que las S provienen de 5 palabras japonesas las cuales son:

- Seiri: Seleccionar o separar, donde sólo lo necesario para la operación de los túneles de congelamiento quedarán en el sitio de proceso de los equipos.
- Seiton: Ordenar, otorgarle un lugar específico a cada elemento para la operación de los túneles de congelamiento.
- Seiso: Limpiar, integralmente los túneles de congelamiento y herramientas necesarias para su funcionamiento.
- Seiketsu: Control visual y Estandarizar, definir los puntos anteriores como parte del procedimiento de trabajo de ambas compañías.
- Shitsuke: Disciplina, mantenerlo en largo tiempo el punto anterior para que se vuelva parte de la cultura de los involucrados en el manejo y funcionamiento de los túneles de congelamiento.



Figura 3.9 Pasos de las cinco S

(Fuente: Mandariaga Neto, 2019)

Una semana previa al comienzo de trabajos en campo, la persona a cargo de la implementación del TPM realiza una charla en dos jornadas para el personal de Durán que estará presente durante las actividades de las cinco S. Las charlas se elaboran en dos jornadas para abarcar a todo el personal operativo porque trabajan en dos turnos diarios, y todos ellos son quienes ayudarán con la identificación de todos los elementos, materiales y procesos a llevar a cabo. Adicional, este personal debe conocer el estado ideal de los equipos cuando se mantiene una cultura de 5 S para exigir luego de cada proceso de mantenimiento y de producción.

3.5.1. Seiri (Seleccionar) y Seito (Ordenar)

Seleccionar es el primer paso por ejecutar en el proceso de las cinco S. En este paso se realiza un acercamiento a los puestos de trabajo donde se encuentran cada uno de los túneles de congelamiento, y se procede a identificar todas las herramientas y elementos de trabajo que se tienen en el área. Luego se los separa en elementos necesarios e innecesarios para la operación, y se seleccionan cuáles son los que seguirán en los puestos de trabajo. Una buena metodología para realizar la selección de los elementos se la visualiza en la Figura 3.10.

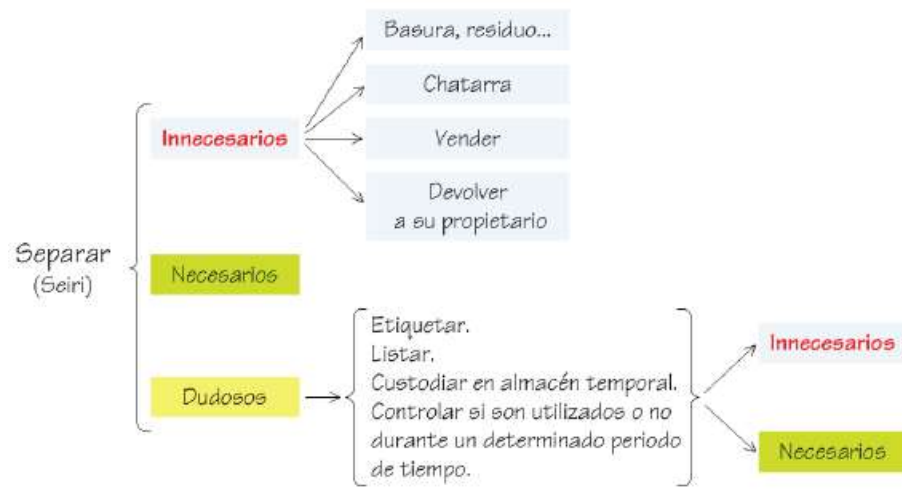


Figura 3.10 Selección de elementos necesarios

(Fuente: Mandariaga Neto, 2019)

La actividad comienza todos los días con el acompañamiento de dos operadores y un supervisor de Durán con los cuáles se conversa sobre su proceso diario y actividades que deben realizar previo, durante y luego de cada proceso productivo. De esta charla se destacan los siguientes pasos:

- Limpieza de túnel de congelamiento donde se incluye los elementos extraíbles que sirven para contención de producto y de nube de nitrógeno como son raspadores, cortinas de entrada y salida, junta de entrada de túnel, equipos de regulación de voltaje.
- Proceso de camarón donde el operador lleva un registro manual cada 20 minutos de los parámetros de producción para entrega a supervisores.

Existen tres lugares donde se realizará la revisión de los materiales y herramientas que se tienen en sitio para el trabajo de túneles de congelamiento, los cuales son:

- Alrededor del túnel de congelamiento
- Parte superior de túnel que está cubierta por las guardas de protección plásticas azules que se observan en la Figura 2.10
- Dentro de los paneles de control principal y panel de control de extensión

Se refleja como evidencia en la actividad de Seleccionar alrededor del túnel de congelamiento Durán 3 que alrededor del equipo existe un conjunto de gavetas para ingreso de camarón al proceso de congelamiento, escobas y productos de limpieza que el personal utiliza para el aseo del piso del galpón, según como se observa en la Figura 3.11. Todos los materiales descritos pertenecen al grupo de innecesarios y son retirados del galpón de producción del túnel Durán 3.



Figura 3.11 Hallazgo alrededor de túnel Durán 3

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

La siguiente inspección se la realiza en el galpón del túnel Durán 2 donde se observa que existen escobas en el piso del galpón como se observa en la Figura 3.12. Los elementos usados para la limpieza del equipo son considerados como equipos innecesarios para la operación.



Figura 3.12 Hallazgo alrededor de túnel Durán 2

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

Adicional en el galpón del túnel Durán 2 se encuentran los elementos de apoyo para operación de túnel que se visualizan en la Figura 3.13. Debajo del túnel se encuentra un cobertor de motor de generación de olas y un cobertor metálico de entrada en el túnel, y a un lado en la pared se encuentra el raspador inferior de la parte de salida. Conversando con los operadores nos informan que el cobertor de motor y el raspador son retirados para limpieza y se han devuelven a su lugar cuando se finaliza, y el cobertor de entrada no se utiliza por tal motivo permanece debajo del túnel.



Figura 3.13 Elementos cobertores y retención de Durán 2

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

Finalmente se pasó a revisar el galpón del túnel Durán 1 y a simple vista se lo ve ordenado sin elementos extraños a la operación del túnel. Pero como se observa en la Figura 3.14, luego de la limpieza no se ha vuelto a instalar parte de la tubería de extracción de la salida.



Figura 3.14 Hallazgo alrededor de túnel Durán 1

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

Con la identificación de materiales y herramientas innecesarias para la operación de los túneles de congelamiento, se puede apreciar que existe un desorden causado por el proceso de limpieza. Se encuentran herramientas usadas para esta labor y partes del túnel que son extraíbles, que luego de limpiarse, se encuentran en diferentes partes del galpón de producción. Por lo que se procede a realizar:

- Retiro de las herramientas y utensilios de limpieza fuera del galpón de producción. Se sitúan a la entrada de cada uno de los galpones de producción correspondiente ya que son usados por el personal de limpieza durante su proceso.



Figura 3.15 Perchas para material de limpieza

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

- Se llega a un acuerdo con los supervisores de producción para que el personal de limpieza pueda usar las mesas que se encuentran dentro de los galpones de producción. Durante el proceso con los túneles de congelamiento estas mesas son usadas para el empaque del producto, pero durante la limpieza están libres y se encuentran ubicadas cerca de los túneles de congelamiento de Criogenia. De esta forma se tendrá en un solo lugar todos los elementos extraíbles del túnel y será fácil reconocer que elemento no se ha devuelto a su lugar luego de la limpieza.



Figura 3.16 Limpieza de soportes de banda sobre mesa asignada

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

- Elementos como el cobertor de entrada de camarón que no se lo utiliza, son retirados del cliente Durán y enviados a la planta de Criogenia para el almacenamiento respectivo.



Figura 3.17 Retiro de cobertor de entrada de Durán

(Fuente: Patios exteriores de Empresa Durán)

- Para evitar problemas con el tramo inferior de la tubería de extracción del túnel Durán 1 como golpes, pérdidas o potencial

peligro para el personal que circula dentro del galpón de producción, se toma la decisión de acoplarlo a la estructura del túnel y dejarlo fijo.



Figura 3.18 Acople de tubería de extracción de túnel Durán 1

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

La siguiente parte de la actividad de identificación de desperdicios se la realizó en el compartimento superior de los túneles de congelamiento. Al realizar el reconocimiento, en los tres equipos se pudo encontrar que personal de Durán utiliza este compartimento para almacenar y guardar diferentes tipos de artículos no necesarios para la operación. Como se observa en la Figura 3.19 la presencia de lo siguiente:

- Llaves inglesas que utilizan algunas veces para abrir los tableros de control principal,
- Martillos que se utilizan trabamiento de banda de túneles de congelamiento y equipos de la línea de producción
- Tramos de banda de equipo glaseador
- Fundas plásticas
- Uniformes de operadores como chompas
- Materiales de aluminio que sirven para sellos de cajas de productos
- Cartones de productos de materias prima

- Basura como botellas de agua vacía



Figura 3.19 Hallazgo dentro de compartimento superior de túneles
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

Como se observa en la Figura 3.19, existen materiales y herramientas que no pertenecen al área de DVA. Las herramientas fueron devueltas al

personal de mantenimiento y se les dijo que serán solicitadas según sea la necesidad y devueltas luego de su uso. El uniforme fue llevado a los casilleros de los propietarios y se retiró la basura que estaba en el compartimento.



Figura 3.20 Orden de túneles de congelamiento
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

Los materiales de embalaje, fundas plásticas y cartones son usados cuando necesitan proteger de la humedad a los equipos o al personal al revisar fallos en la línea de producción. Estos materiales se entregaron a los supervisores de DVA para que los devuelvan a los puntos de producción adecuado. Junto a los operadores se acordó a que se tomarán los materiales cuando se los necesite y luego se los desechará para evitar la acumulación de productos innecesarios.

En la Figura 3.20 se observa el resultado de identificación de objetos innecesarios que fueron retirados del compartimento superior de los túneles de congelamiento. Realizando el ordenamiento necesario, se devolvieron todos esos objetos a sus custodios originales y el compartimento superior de los túneles quedó con el espacio suficiente para que los motores y sensores funcionen sin problema, adicional que se evita el ingreso de humedad al compartimento debido a que no se lo abrirá innecesariamente.

Finalmente se realiza inspección del interior de los tableros de control principal de los tres túneles de congelamiento.

En la Figura 3.21 se puede apreciar el estado del tablero de control principal del túnel Durán 1. Como se describió en el punto 2.2.1 todo el sistema eléctrico y control es cableado y se maneja con voltajes de 440V en AC y 24V en DC y según lo descrito en el punto 1.2 el túnel Durán 1 fue el primer equipo instalado en Ecuador por Criogenia. El cableado se encuentra expuesto y desordenado. Debido a las complicaciones de mantenerlo operativo al inicio de su operación, se incorporaron equipos adicionales con el fin de mejorar la disponibilidad del equipo. Por problemas eléctricos, se implementó un UPS para el sistema de control el cual trabaja a 220VAC. El UPS toma la alimentación de 220V desde un tablero externo del cliente Durán. Adicional para que el UPS pueda funcionar, se cambió la fuente de transformación del túnel de una 400VAC – 24VDC a una 220VAC – 24VDC, lo que implicó cambiar el diseño original del equipo. Un problema adicional fue que dentro del túnel se generaba calor debido a largo tiempo de trabajo de los equipos eléctricos al interior. Al mismo tiempo, este calor extremo, averiaba a los dispositivos eléctricos y electrónicos constantemente. Por esta razón se instaló un equipo enfriador mecánico de alimentación 220VAC el cual toma aire externo y lo ingresa al tablero de forma seca y fría, al mismo tiempo extrae aire caliente, creando una circulación de aire interna. Debido a los químicos que se utilizan para la limpieza, el equipo se averió

y ya no se encuentra operativo y se instalaron ventiladores de 24VDC dentro del tablero para circulación interna del aire.

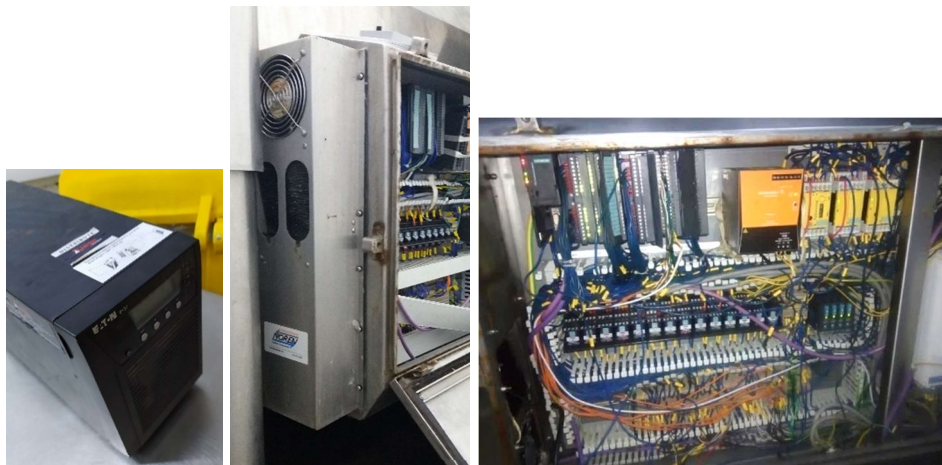


Figura 3.21 Hallazgo dentro de panel principal de Durán 1

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

En la Figura 3.22 se observa el interior del panel de control principal del túnel Durán 2. Cuando el túnel fue instalado, existieron problemas con el extractor de entrada del túnel por lo que se incorporó un variador adicional en paralelo para que funcione de forma no controlada por el sistema general del túnel, cambiando el diseño original de fábrica. Esto repercutió con la incorporación de equipos adicionales como breaker, contactor, variador y cables. Luego se reacondicionó el extractor y se lo volvió a conectar al sistema original del túnel. Los equipos externos no se los retiró, por tal motivo los cables se encuentran con los extremos de conexión sueltos causando un potencial riesgo de causar fallas eléctricas.

En la Figura 3.23 se observa el interior del panel de control principal del túnel Durán 3. Dentro del panel se encontró herramientas que se utilizan para ajustes en equipos como el glaseador, y otros repuestos como equipos eléctricos para paneles de control. Adicional se encuentra cable que entra al túnel y no está conectado a ningún punto o equipo.



Figura 3.22 Hallazgo dentro de panel principal de Durán 2
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

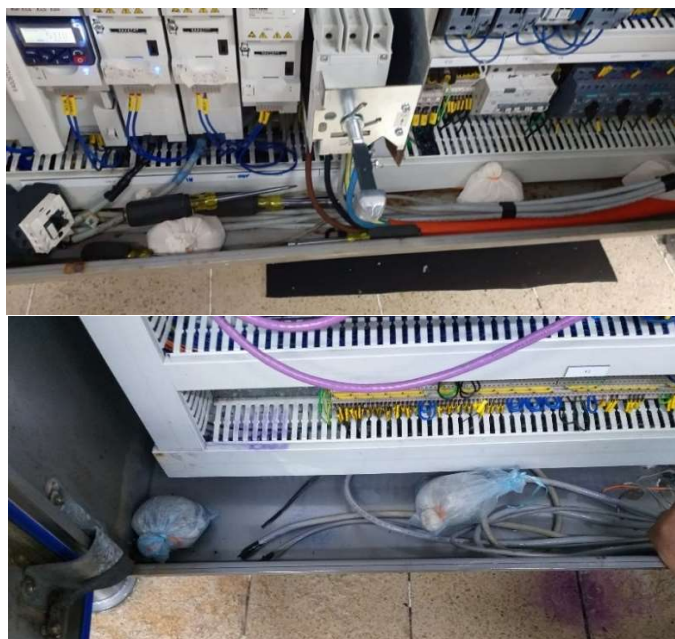


Figura 3.23 Hallazgo dentro de panel principal de Durán 3
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

Luego de la identificación de los objetos y materiales innecesarios al interior de los tres tableros de control principal de los túneles de congelamiento del cliente Durán, se procede al retiro entregando herramientas y equipos de repuestos a personal de mantenimiento. Posterior se procede a ordenar el interior, retirando elementos que no se encuentran funcionales, cables innecesarios que ocupan espacio sin necesidad, ordenar cables dentro de las canaletas, y dejar espacio libre necesario para disipación de calor de forma natural al interior de los tableros como se puede apreciar en la Figura 3.24, Figura 3.25, Figura 3.26, Figura 3.27 y Figura 3.28.



Figura 3.24 Orden del tablero principal del túnel Durán 1

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)



Figura 3.25 Retiro de enfriador del tablero del túnel Durán 1
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

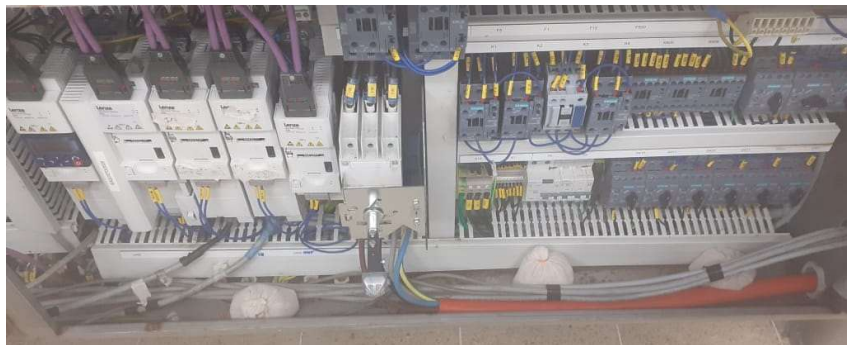


Figura 3.26 Retiro de control eléctrico de extractor de túnel Durán 2
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)



Figura 3.27 Retiro de herramientas y repuestos de túnel Durán 3
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)



Figura 3.28 Recolección de excedente de cable de túnel Durán 3
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

3.5.2. Seiso (Limpiar)

Las siguientes dos semanas se realiza el proceso de limpieza de los túneles de congelamiento. Mandariaga Neto (2019) en su libro nos describe las tareas que se deben realizar en el proceso de limpieza:

- Eliminar focos de suciedad: fugas de agua o fugas de LIN y GAN
- Evitar la dispersión de la suciedad
- Realizar de forma correcta los arreglos improvisados llevados a cabo anteriormente con cinta adhesiva, u objetos parecidos
- Sustituir los elementos estropeados o rotos
- Definir e implantar un proceso de limpieza

En la inspección inicial se encuentra que los tres túneles tienen problemas similares como:

- Daño de botoneras de paro de emergencia, como se observa en la Figura 3.29
- Ingreso de agua al interior de los tableros de control principal causando que la humedad afecte ciertos dispositivos y genere oxidación en ciertas partes del panel, como se aprecia en la Figura 3.30
- Interruptor de arranque de túneles no funcionando, como se observa en la Figura 3.31

- Sensores de válvula de cierre y de posición de túnel con daños por químicos a los que se someten durante la limpieza. Actuador del sensor magnético fue reemplazado por un imán por pérdida, como se ve en la Figura 3.32
- Fundas plásticas para protección de acometidas eléctricas y de control permanezcan protegidos del exterior y cables con residuos de suciedad que afectan calidad de industria alimenticia, según Figura 3.33 y Figura 3.34
- Motores en mal estado en estructura física y trabamamiento mecánicos por rodamientos y basura en el sistema rotatorio, como se reporta en Figura 3.36 y Figura 3.35
- Dispositivos de activación neumática que controlan el ingreso de GAN con cuerpos corroídos y de control eléctrico forzados a operar, mostrado en Figura 3.37
- Suciedad en boquillas de salida de LIN, observado en Figura 3.38
- Equipos secundarios como los protectores de acrílicos de motores que se encuentran rasgados, y cortinas de entrada y salida de túneles que están incompletas por desgaste, según la Figura 3.39 y Figura 3.40
- Piñones helicoidales de desgaste de material PE-UHUF se encuentran con evidencia de gran uso, según Figura 3.41
- Sistema de transmisión de energía para elevación de túneles se encuentra sucio y con falta de lubricación, como se aprecia en la Figura 3.42
- Las tuberías de los sistemas de extracción de los túneles tanto como en el interior de la cámara de producción y al exterior donde se arroja el residuo de GAN se encuentran cortados y oxidados, según la Figura 3.43
- Alrededor de los túneles se puede apreciar que existe aperturas en hilos de soldadura, golpes mecánicos que han causado deformaciones en la estructura externa del túnel, falta de piezas como pernos de ajuste y prisioneros para sujetar elementos mecánicos de los equipos, como se observa en la Figura 3.44



Figura 3.29 Paradas de emergencia en mal estado
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)



Figura 3.30 Suciedad por fuga de agua dentro de paneles control
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)



Figura 3.31 Interruptor de arranque de túnel averiado

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)



Figura 3.32 Sensores en mal estado

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)



Figura 3.33 Fundas eléctricas en mal estado
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)



Figura 3.34 Cables de alimentación principal en mal estado
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)



Figura 3.35 Extractores con residuos físicos en turbinas
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

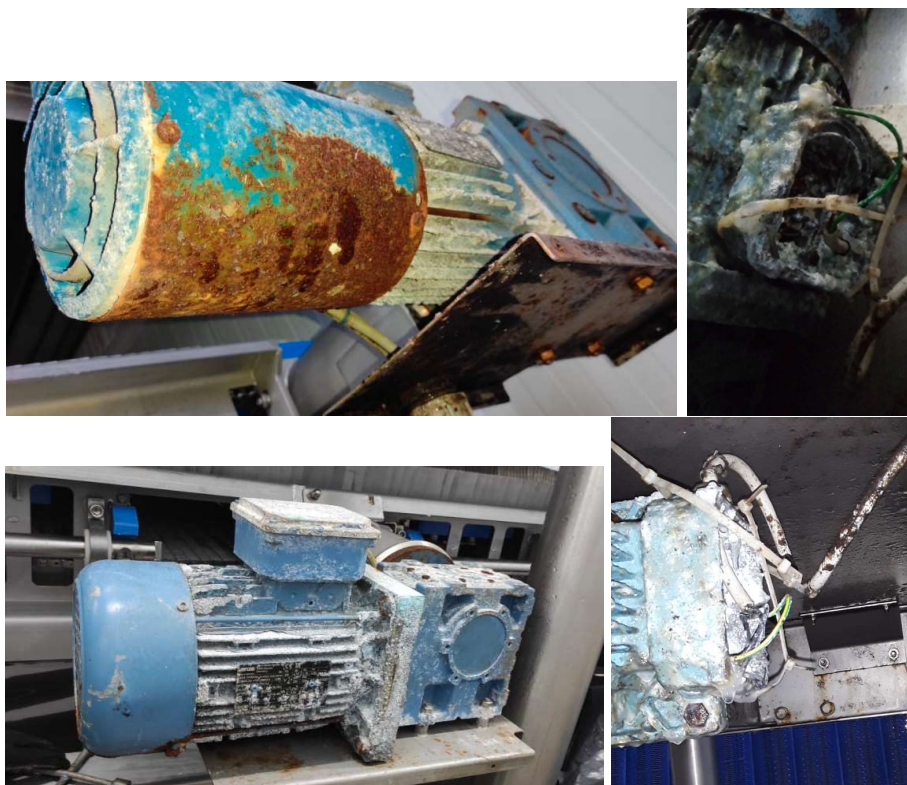


Figura 3.36 Estructura de motores de proceso en mal estado
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

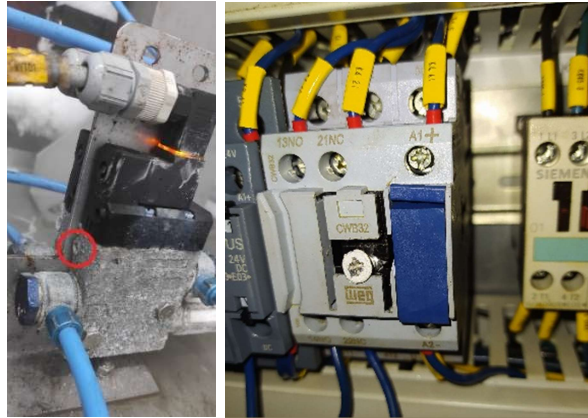


Figura 3.37 Dispositivos de activación en mal estado
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)



Figura 3.38 Boquillas de aspersión con presencia de suciedad
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)



Figura 3.39 Protectores de acrílico en mal estado
(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)



Figura 3.40 Cortinas de entrada y salida no funcionales

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)



Figura 3.41 Piñones helicoidales de sacrificio gastados

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)



Figura 3.42 Suciedad en cardanes de elevación de túnel

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)



Figura 3.43 Daño en tuberías de extracción

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)



Figura 3.44 Daño en estructura perimetral de túneles

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

Con la evidencia recolectada se planifica los trabajos de mejora para las próximas cuatro semanas, en las cuales se usarán dos días por semana para cada túnel en acuerdo con personal de Durán. Para esto se debe realizar las siguientes tareas:

- Cambio de paradas de emergencia por un modelo con característica de protección IP66 o superior. Se realiza compra de paradas de emergencia tipo industrial disponible en el mercado local para recepción inmediata.



Figura 3.45 Reemplazo de todas las paradas de emergencia

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

- Cambio de interruptores de arranque de túnel que se encuentran en mal estado. Serán reemplazados con material que se tiene en bodega.



Figura 3.46 Reemplazo de interruptores de arranque

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

- Secado del interior de los tableros principales de control, retiro de las manchas de oxidación y desgaste, sello de la estructura metálica buscando todas las posibles entradas de agua como agujeros o conectores eléctricos en mal estado. Se realiza sello con soldadura TIG, tapones de acero inoxidable y conectores eléctricos para uso en industrias alimenticias.
- Para evitar el ingreso de humedad a través del cable de alimentación principal y la suciedad que se forma por químicos y grasa de camarón en la chaqueta del cable, se lo instalará dentro

de una acometida de acero inoxidable grado alimenticio que facilite la limpieza externa.



Figura 3.47 Mejora de filtración y limpieza tableros

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

- Cambio de sensores de presencia de válvula de cierre de LIN con repuestos obtenidos en el mercado local un elemento equivalente al instalado.



Figura 3.48 Reemplazo de todos los sensores de presencia

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

- Retiro de sensores de posición de túnel para establecer si no han sido afectados por las condiciones de desgaste a la que fueron

sometidos. En caso de ser así se cambiará el sensor y/o el cable de señal según sea el caso.



Figura 3.49 Reemplazo de sensores de posición de túnel

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

- Retiro de motores que se encuentran en mal estado físico, eléctrico y mecánico para realizar mantenimiento correspondiente de cada uno en taller. Se intercambian con los motores adquiridos para dar la solución sin afectar producción, como se explica en el punto 3.3.2.



Figura 3.50 Mantenimiento en taller de grupo motores

(Fuente: Taller electromecánico)

- Limpieza de interior de extractores y retiro de basura. Se deberán enviar las turbinas y motores a mantenimiento para revisar alineación del grupo rotativo.



Figura 3.51 Mantenimiento y limpieza extractores

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

- Cambio de solenoides neumáticas debido a que existen desgaste y fugas de LIN en los sellos de los cuerpos. Estos equipos se encuentran en el mercado nacional y se compra para instalación ASAP.



Figura 3.52 Cambio de solenoides completos

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

- Cambio de contactores y disyuntores que se encuentran forzados y puenteados. Se debe asegurar que el sistema de control eléctrico y electrónico trabaje según diseño de fábrica.



Figura 3.53 Estandarización de componentes eléctricos

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

- Limpieza de colector de boquillas rociadoras de LIN. Se sacarán las líneas que distribuyen el nitrógeno y las boquillas rociadoras para asegurar limpieza interna.



Figura 3.54 Limpieza interna de rociadores LIN

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

- Se rectifican los acrílicos protectores de motores y de HMI para subsanar los cortes y rupturas presentes. De esta forma se asegura mayor tiempo de vida de los equipos que protegen.



Figura 3.55 Recuperación de cobertores

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

- Cambio de piñones helicoidales y acoples de teflón que permiten la transmisión mecánica generada por los motores a los elementos de operación de los túneles. Todos estos repuestos se encuentran en bodega de Criogenia. Se usa material de estos elementos con la mayor durabilidad experimentada hasta el momento.

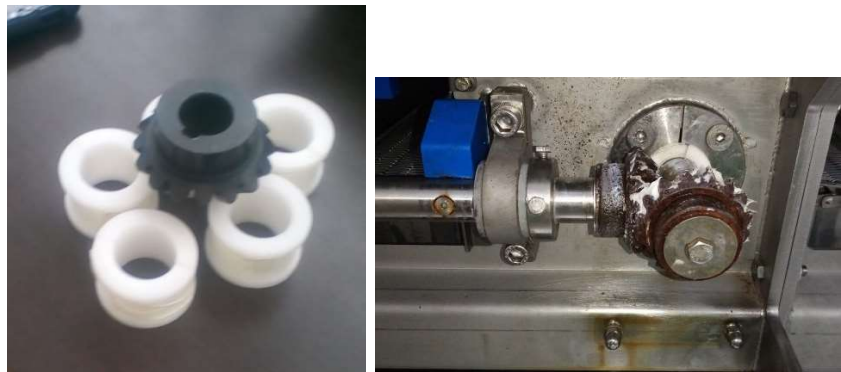


Figura 3.56 Reemplazo de piñones, bocine y acoples

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

- Limpieza de elementos del sistema de elevación de túnel por cardán, y lubricación de caja de engranajes. Todo el sistema se encuentra debajo del túnel.



Figura 3.57 Limpieza y lubricación de cardán

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

- Desmontaje de tramos de tuberías de extracción que se encuentran en mal estado para reemplazo.



Figura 3.58 Reemplazo de tramos de tubería de extracción

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

- Se corrigen todas las deformidades que se encuentran en la estructura del túnel implementando el uso de herramientas para devolver la forma estructural de los equipos.
- Existen ciertos hilos de soldadura que se encuentran rotos. Con el uso de soldadura TIG se reponen los hilos y la estructura de los túneles.



Figura 3.59 Correcciones en estructura de túneles

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

- Colocar orden de compra al fabricante debido a que no existe elemento de similares características en el mercado nacional. Tiempo de espera 75 días.
 - transmisor para sensor magnético
 - cortinas de entrada y salida de túnel
 - interruptor de arranque por reposición
 - piñones helicoidales por reposición
 - acoples de teflón por reposición

3.5.3. Seiketsu (Control) y Shitsuke (Disciplina)

La implementación de las cinco S se la realiza con el fin de generar una cultura de trabajo que perdure en el tiempo. Con la implementación de control en los equipos, se desea marcar una referencia para que el funcionamiento de estos sea óptimo. Mandariaga Neto (2019) nos indica los siguientes puntos a implementar para realizar un control visual del funcionamiento de los equipos:

- Delimitar los rangos de funcionamiento como presión, amperaje, temperatura, etc.
- Identificar los tipos de lubricantes a utilizar
- Cámaras de inspección para elementos internos

Los túneles de congelamiento poseen pantallas donde se pueden configurar parámetros de funcionamiento, y sólo tienen permiso de entrada a las mismas personal de Criogenia, tal como se visualiza en la Figura 3.60. Luego de una reunión con la gerencia de DVA, se llega al acuerdo de ajustar los parámetros de arranque de los túneles de congelamiento. En esta pantalla se ajustan los valores de velocidades de motores, valores PID de control de temperatura, alarmas por temperaturas y/o presiones fuera de rango, entre otras variables. Luego, como se observa en la Figura 3.61, se procede a parametrizar los valores máximos y mínimos posibles para la operación del túnel. De esta forma se asegura menores pérdidas de producto y de tiempos de operación.

Parameter	Value	Unit
Fixed speed exhaust speed	60	%
Lag speed exhaust following the cryogenic valve	5	seg
Min. speed exhaust speed	40	%
Max. speed exhaust speed	100	%
Gradiente de enfriamiento	5,0	°C/min
Impulsos de descongelación	0,5	seg
Pausa entre impulsos de descongelamiento	15	seg
Tiempo total descongelación	3	min
Valor de Aviso medición de presión aire comprimido	2,5	bar
Valor de alarma medición de presión aire comprimido	1,5	bar
Valor de Aviso medición de presión LN/CO2	2,5	bar
Valor de alarma medición de presión LN/CO2	1,5	bar
Length of audible signal when temperature deviates freeze	0	seg

Navigation buttons: Datos Básicos, Valores Inicio, Valores arranque, Tendencia, Alarmas, Parámetro, Volver, Página de inicio.

Figura 3.60 Valores iniciales de arranque de túneles

(Fuente: Archivos Criogenia)

	Nivel mínimo	Nivel máximo
Tiempo de retención	0,5 min	60,0 min
Temperatura de arranque	-100 °C	30 °C
Velocidad del ventilador del congelador	20 %	120 %
Relación entre banda adicional y banda del módulo básico	-50 %	50 %
Gases de salida	90 %	120 %
Velocidad del retardo de la solda de gases	1 mm	60 mm
Gradiente de enfriamiento	3,0 °C/min	20,0 °C/min
Velocidad del ventilador módulo 1	20 %	120 %
Velocidad del ventilador módulo 2	20 %	120 %
Velocidad del ventilador módulo 3	20 %	120 %

Figura 3.61 Valores límites superiores e inferiores permisibles

(Fuente: Archivos Criogenia)

Es necesario realizar la lubricación de ciertas partes motrices del túnel. El grupo de investigación llegó a la conclusión de que la grasa debe tener las siguientes propiedades: soportar temperaturas criogénicas, grado alimenticio, resistente al agua. Se negocia con un proveedor local la existencia en sus bodegas del producto por al menos los próximos dos años con el compromiso de compra de una cantidad mínima anual.

Otra acción de mejora es acondicionar las cámaras de inspección de los piñones helicoidales, donde se realizan ajustes para que quepan precisas sin que afecten en la apertura y cierre de los túneles debido a posible contaminación que genere la grasa lubricante. Como se aprecia en la Figura 3.62 los piñones helicoidales cubiertos ahora con el lubricante, se los protegen dentro de una cámara donde se permite la inspección del estado de cada uno y con material apropiado para la industria alimenticia.

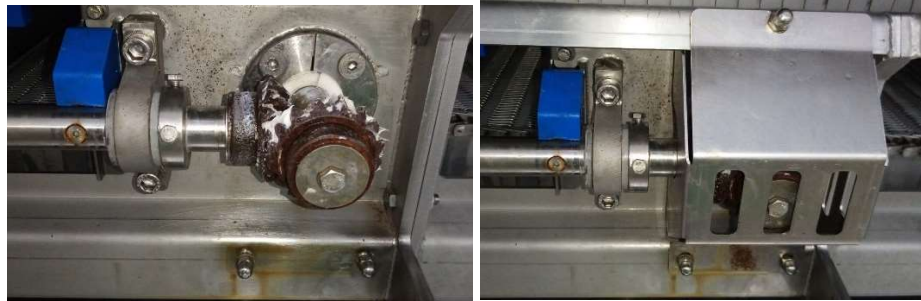


Figura 3.62 Acople de piñones para generación de olas

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

“La disciplina consiste en mantener los estándares establecidos en los cuatro pasos anteriores. La tarea de esta fase se ciñe a la realización de auditorías periódicas y acciones correctoras para asegurarnos de que se alcanza y mantiene el nivel de cinco S deseado” según lo mencionado por (Mandariaga Neto, 2019).

Para lograr con este cometido, se deben incluir tareas de inspección, lubricación, y manutención del estado de los elementos de los túneles de congelamiento como rutina del servicio de mantenimiento.

3.6. Mantenimiento Autónomo

Luego de establecer el punto de partida de los túneles de congelamiento, como se mencionó en el punto 3.2, el pilar del TPM a aplicar para la búsqueda de solución del problema a continuación es el Mantenimiento Autónomo. “El propósito del mantenimiento autónomo es enseñar y transferir a los operarios de producción tareas sencillas, frecuentes e importantísimas del mantenimiento preventivo —limpieza, inspección, ajuste y lubricación— que en la fábrica tradicional no se realizan, algo que se debe, en parte, al desconocimiento, y en parte a que el personal especializado de mantenimiento, generalmente escaso, se encuentra ocupado en «apagar fuegos».” (Mandariaga Neto, 2019).

“La idea del mantenimiento autónomo es que cada operario sea capaz de diagnosticar y prevenir fallos que se den en el equipo que maneja, prolongando de esta forma la vida útil del equipo y disminuyendo gastos en averías. No se pretende con ello que el encargado de manejar la máquina asuma el mantenimiento completo de la misma. Debido al largo tiempo que el operario pasa con el equipo, será el más indicado para detectar una variación en el funcionamiento adecuado y para hacer operaciones de mantenimiento

sencillas, como mantener sus equipos por medio de la realización de chequeos diarios, reposición de elementos, reparaciones y otras tareas de mantenimiento, incluida la detección temprana de anomalías.” (Calvo Rollé & Lago Dopico, 2004)

La solución del problema del proyecto se fundamenta en este pilar debido a que se requiere que personal involucrado en la producción del cliente Durán, sea el primer filtro para reconocimiento de fallos de los túneles de congelamiento y ejecuten posibles acciones de corrección.

Se requiere que los operadores de los equipos sean capaces de realizar inspecciones rutinarias en los cuales puedan detectar anomalías previo a cada puesta de producción, con el fin de evitar paradas inesperadas durante el proceso, mejorando los índices del cliente. Adicional, el operario será capaz de al detectar una anomalía en los equipos y podrá tomar una decisión como ejecutar una solución de forma inmediata en caso de ser posible, o reportar al personal de mantenimiento de Durán y/o Criogenia el fallo detectado para que el equipo sea habilitado de forma más rápida posible. En ambos casos se acortaría los tiempos de habilitación de los equipos y por ende aumentaría la disponibilidad de estos para producción.

Para la implementación del mantenimiento autónomo, se realizaron los siguientes pasos:

- Limpieza inicial
- Eliminar fuentes de contaminación
- Inspección general
- Inspección autónoma

3.6.1. Limpieza inicial

Como se describió en el punto 3.5, durante la implementación de las cinco S tuvo una duración de 6 semanas en las cuales al tener que trabajar en los tres túneles de congelamiento, en días distintos, todo el personal operario de Durán y todo el personal de mantenimiento de túneles de Criogenia participaron en las diferentes actividades donde adquirieron el conocimiento necesario para identificar el estado óptimo de operación de los equipos.

3.6.2. Eliminar fuentes de contaminación

En el punto 3.5 se observó que la humedad y los químicos afectan a los componentes eléctricos y electrónicos de control de los túneles de congelamiento ubicados dentro de los paneles. Luego de la limpieza general, en donde se consiguió el secado del interior de los tableros de control, la hermeticidad de este y la incorporación de elementos todos funcionales, Criogenia en conjunto con Durán buscan soluciones para que esto se mantenga en el tiempo.

Criogenia procede a buscar en el mercado local soluciones para combatir estos problemas. Se encuentran los siguientes elementos que, incorporados en conjunto, garantizan una mayor protección de los equipos eléctricos y electrónicos:

- Gel de sílice para absorción de humedad
- Removedor de humedad para piezas eléctricas
- Barniz no conductor para piezas eléctricas
- Protector ionizante para equipos eléctricos



Figura 3.63 Adquisición de protectores de tableros de control

(Fuente: Bodegas de Criogenia)

El gel de sílice se deposita dentro del panel en bolsas donde permita la absorción de la humedad que se pueda generar al interior del tablero. Por las dimensiones, se colocan 4 bolsas de 25g según lo indicado por fabricante. Con los túneles de congelamiento apagados, se coloca removedor de humedad a todos los dispositivos eléctricos en las partes conductoras, y luego de 25 minutos que el removedor ha ejercido su trabajo, se procede a aplicar el barniz para ejercer protección a los

dispositivos eléctricos y electrónicos. Una hora después de aplicado el barniz, los túneles pueden ser encendidos nuevamente. Finalmente se colocan cápsulas generadoras de iones que se aferran al material por donde transita señales eléctricas formando una capa de protección adicional. Todo este procedimiento se lo observa en la Figura 3.64.



Figura 3.64 Implementación de protectores en tableros

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

Por parte de Durán, se comprometen a tener los tableros de control protegidos y cubiertos con material plástico por la parte externa con el fin de mejorar la hermeticidad tal como se observa en la Figura 3.65.



Figura 3.65 Cubrimiento plástico en tableros de control

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

La limpieza de los equipos se los realiza previo al comienzo de cada producción, que sucede al inicio de jornada semanal o posterior de un cambio de producto. Por esta razón, como el túnel trabaja con material criogénico, el interior de la cámara de congelación al finalizar producción se encuentra con temperaturas por debajo de los -50°C y pueden causar

una pega mecánica al querer abrir inmediatamente la cámara del túnel para limpiarla. El daño que se puede causar es de gran significancia y se debe tener como procedimiento el correcto descongelamiento del interior de la cámara del túnel de congelamiento.

En la capacitación especificada en el punto 3.4.1 se menciona que los túneles de congelamiento, una vez terminen su ciclo de producción, no deben ser abiertos hasta que la temperatura dentro de la cámara interna sea superior a 0°C y que se espere al menos 30 minutos con la cámara cerrada y la producción parada.

3.6.3. Inspección General

Calvo Rollé & Lago Dopico (2004) mencionan en su artículo que “La finalidad de este paso es instruir a los operarios en los aspectos comunes de los diferentes equipos y en las peculiaridades de cada uno.”

Como fue explicado en la capacitación, según como se mencionó en el punto 3.4.1, existen niveles de usuarios los cuales tienen acceso para realizar distintos tipos de trabajo. Existe un tipo de usuario llamado SERVICE el cual tiene permisos para realizar pruebas para tipo de mantenimiento. Se toma la decisión de otorgar los permisos de este usuario a los operarios para que realicen actividades de revisión de todos los motores previo al arranque de cada túnel de congelamiento. El fin de esta decisión es que los operadores puedan revisar el trabajo de las partes de los equipos previo a entrar a producción, y así realizar una revisión visual del estado de las piezas para conocer de antemano si existe algún desperfecto que pueda interrumpir con la producción.

Realizar este procedimiento previo al comienzo de la producción, ayuda a determinar si existe problemas en los motores principales tales como Movimiento de la Banda, Generador de Olas, Ventiladores Internos, Extractores de Entrada y Salida. En la inspección se realizará un chequeo del estado de cada uno, por movimiento y trabajo deseado, por correcta transferencia mecánica de movimiento entre los motores y actuadores, por sonidos extraños, entre otros. En la Figura 3.66 se observa las bondades que la pantalla Servicio presta para la revisión de los operadores.

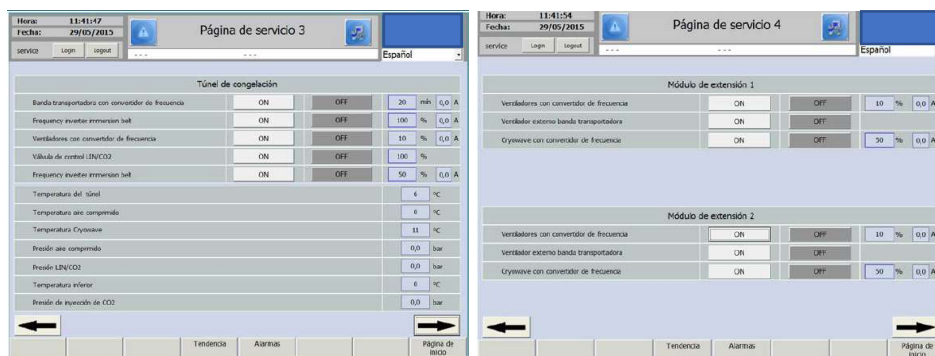


Figura 3.66 Pantalla Servicio de túneles de congelamiento

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

Cabe señalar que este proceso lo realiza personal de mantenimiento de Criogenia cada vez que atiende los túneles de congelamiento con el fin de determinar la operación de las funcionalidades principales. Al otorgarle esta actividad a personal de operación, estarán en la capacidad de:

- Observar fallas y averías de forma recurrente
- Prevenir defectos en equipos
- Mejorar la disponibilidad de trabajo de los túneles

En la capacitación se revisó capítulos donde se trataron las condiciones eléctricas y mecánicas de funcionamiento de los túneles de congelamiento, donde se explicó sobre los dispositivos mayores y menores descritos en el punto 2.2.1, su ubicación y estado de funcionamiento con el fin de aclarar ciertos fallos que los operadores observan en ciertas ocasiones durante la operación, como se refleja en la Figura 3.67. Estos fallos paralizan la operación y personal operativo de Durán desean restaurar para continuar con el procesamiento. En la Tabla 23 se observa ejemplos de errores comunes que se generan en el túnel y como deben ser atacados según se conversó en las capacitaciones.

Fecha	Hora	Estado	Texto	Grupo	Tipo
09/05/2015	11:40:21	C	Pressure monitoring tunnel exhaust deactivated	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	11:40:22	C	Pressure monitoring tunnel exhaust deactivated	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	11:40:32	CAO	Pressure monitoring tunnel exhaust deactivated	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	11:40:52	CAO	Pressure monitoring tunnel exhaust deactivated	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	11:39:59	CAO	Comprobación de fase	Módulo térmico	Fallo
09/05/2015	11:39:58	CAO	Protección del motor ventilador 3 Q401	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	11:39:58	CA	Comprobación de fase	Módulo térmico	Fallo
09/05/2015	11:39:58	CA	Pressure monitoring tunnel exhaust deactivated	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	11:39:58	CA	Pressure monitoring tunnel exhaust deactivated	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	11:39:02	CAO	Protección del motor ventilador 3 Q401	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	11:34:54	C	Protección del motor ventilador 3 Q401	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	11:34:54	C	Comprobación de fase	Módulo térmico	Fallo
09/05/2015	11:30:07	C	Pressure monitoring tunnel exhaust deactivated	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	11:30:07	C	Pressure monitoring tunnel exhaust deactivated	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	9:57:49	C	Pressure monitoring tunnel exhaust deactivated	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	9:57:40	C	Pressure monitoring tunnel exhaust deactivated	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	9:57:39	CAO	Pressure monitoring tunnel exhaust deactivated	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	9:57:39	CAO	Pressure monitoring tunnel exhaust deactivated	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	9:49:20	CAO	Comprobación de fase	Módulo térmico	Fallo
09/05/2015	9:49:20	CAO	Protección del motor ventilador 3 Q401	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	9:49:20	CA	Comprobación de fase	Módulo térmico	Fallo
09/05/2015	9:44:25	CAO	Protección del motor ventilador 3 Q401	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	9:41:25	C	Protección del motor ventilador 3 Q401	Módulo térmico	Advertencia
09/05/2015	9:41:09	C	Comprobación de fase	Módulo térmico	Fallo
09/05/2015	9:33:23	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 1	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 2	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 3	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 4	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 5	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 6	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 7	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 8	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 9	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 10	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 11	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 12	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 13	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 14	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 15	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 16	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 17	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 18	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 19	Fallo
09/05/2015	9:33:22	CAO	Profibus Cryovoxer U450	Módulo 20	Fallo

Figura 3.67 Pantalla de alarmas de túnel criogénico

(Fuente: Archivos Criogenia)

Tabla 23 Listado de alarmas de túneles criogénicos

Alarm message (example)	Background	Possible solution
Motor protection fan 1 Q410 Motor protection	Trip Signal from motor protection switch received	Check switch and related motor, check setting of motor protector, possibly increase current setting, exchange motor or switch, check defrost settings
Fuse defrost solenoid valve F10	Trip signal from a circuit breaker received	Check circuit breaker, if reason is clear -> reset
Frequency inverter conveyor belt U450	Failure message from VFD received, VFD is blocked and all circulation fans not running	Check failure message from VFD with supplied key pad. See manual of VFD for possible failure messages
Profibus fans U450	No Profibus communication from PLC to connected VFD	Check circuit breaker of VFD, check Profibus module of VFD, check Profibus station address

(Fuente: Archivos Criogenia)

3.6.4. Inspección Autónoma

Se deben plantear procedimientos donde se detallen las actividades y pasos que los responsables de los túneles de congelamiento realizarán para que mantengan el estado de limpieza y operación que fueron desarrollados en el punto 3.5.

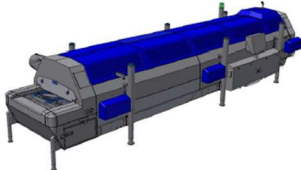
Existen actividades que se realizan de forma constante durante la producción de congelamiento del camarón, por esta razón se toma la decisión que la información de estos procedimientos deberá estar en un lugar de fácil acceso para los operarios, supervisores y personal de limpieza. La herramienta seleccionada para que se cumpla con estos requisitos, es el uso de Lección de un Punto. El desarrollo de estos archivos se muestra en la Figura 3.68 correspondiente al proceso de descongelamiento de los túneles luego de una producción como se explicó en el punto 3.6.2 y en la Figura 3.69 correspondiente al proceso de pruebas de arranque de túnel previo al inicio de una producción como se explicó en el punto 3.6.3.

Una vez aprobada por personal de Criogenia, se entrega esta información al departamento de Mejora Continua de Durán. Lo colocan en los formatos de procedimientos propios de la empresa y proceden a ubicarlos en los lugares claves donde todos los interesados tengan acceso a su información. En la Figura 3.70 se aprecia la instalación de estas guías dentro de la cámara de producción de los túneles de congelamiento.


LECCIÓN DE UN PUNTO (LUP / OPL)

TÍTULO	Procedimiento para procesos de descongelamiento de cámara interna de túnel	Número de LUP		02-20	
		Fecha de implementación		ago-20	
CLASIFICACIÓN	<input checked="" type="checkbox"/> Conocimiento Básico <input type="checkbox"/> Caso de Mejora <input type="checkbox"/> Caso de Problema	Elaborado	Revisado	Aprobado	Responsable
		Jorge Bonilla			Operador de Congelación

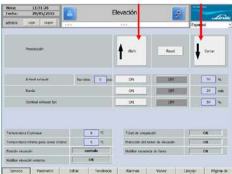
1. El descongelamiento de la cámara interna de los túneles de congelamiento se lo debe realizar siempre luego de cada final de proceso producción. No importa el tiempo de duración del proceso de producción realizado.




2. Al finalizar la corrida de producción, se debe pausar la operación del túnel de congelamiento. Presionar el botón PARAR de la pantalla de producción.




3. El túnel pasará automáticamente a la pantalla de Elevación. En esta pantalla se indica la temperatura interna de la cámara de producción. No se puede abrir túnel a temperatura menor de 0°C por programa.



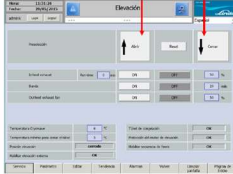
4. A abrir puertas laterales recolectoras de nieve, manteniendo el resto del equipo cerrado. Cuidado con la nube de nitrógeno que sale al abrir la puerta.



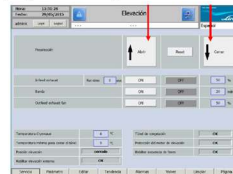
5. Con un recogedor, retirar la nieve que se creó al interior de la cámara que se accede por las puertas laterales. Al derretirse se convertirá en agua.



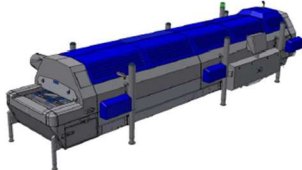
6. En la pantalla elevación, encender la extracción de entrada, extracción de salida y el movimiento de la banda. Hay que esperar al menos 30 minutos de esta forma y asegurarse que la temperatura del túnel permanezca por arriba de los 0°C.




7. Una vez cumplida las condiciones, apagar los tres motores y presionar el botón ABRIR para proceder con la apertura del túnel.



8. El operador debe revisar todo el perímetro del túnel y la parte de arriba del equipo en caso de que exista algún material que pueda caer durante el proceso de apertura.



9. Con la operación de dos personas, proceder a presionar los botones para apertura del equipo. Se debe mantener presionado los botones durante toda la operación. Tiempo estimado de esta operación alrededor de 90 segundos.



10. Verificar en la pantalla de elevación que la posición cambio al estado ABIERTO. En este modo el túnel está listo para el procedimiento de limpieza.


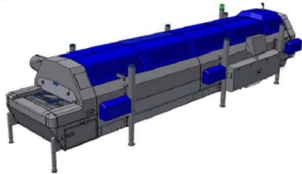


Figura 3.68 LUP Descongelamiento interno túneles Criogenia
(Fuente: Archivos Criogenia)

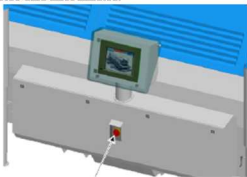
LECCIÓN DE UN PUNTO (LUP / OPL)

TÍTULO	Procedimiento para arranque de túneles de congelamiento Lín de para comprobar posibles fallos previo proceso	Número de LUP		01-20	
		Fecha de implementación		ago-20	
CLASIFICACIÓN	<input checked="" type="checkbox"/> Conocimiento Básico <input type="checkbox"/> Caso de Mejora <input type="checkbox"/> Caso de Problema	Elaborado	Revisado	Aprobado	Responsable
		Jorge Bonilla			Operador de Congelación

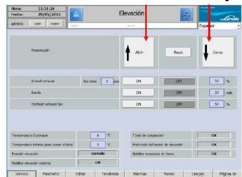
1. Inspección física del túnel criogénico para revisión de partes faltantes como cobertores de motores, cortinas de entrada y salida, protectores de HMI, protectores de botonera principal, protectores de paradas de emergencia, tuberías de extracción, motores de operación, etc.




2. Encender el túnel. Antes de encender el túnel de congelación, compruebe que todos los interruptores de PARADA DE EMERGENCIA están desbloqueados. Al cabo de un minuto aparece la pantalla de inicio. Este proceso dura cinco minutos.




3. Abrir el túnel. En el HMI seleccione la opción elevación. Presione abrir en la pantalla y con la ayuda de dos operadores se procede a presionar los botones de elevación simultáneamente verificando la seguridad en el proceso. Esta actividad durará alrededor de un minuto y medio.



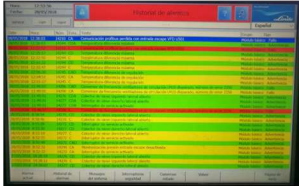
4. Inspección visual de estado de piñones para generación de olas de motores Cryowave. Anunciar a personal de supervisión en caso de observar desgastes.




5. Inspección física del interior del túnel criogénico para revisión de partes faltantes como ventilador interno, barras de generación onda, boquillas de nitrógeno, Piñones para generación de ondas. Adicional revisión de estado de banda transportadora.




6. Revisión de alarmas del sistema. En el HMI seleccione la opción Alarmas para proceder a comprobar si existe alguna alarma encendida al momento. En caso de existir un problema corregido según las recomendaciones de Linde o llamar al supervisor en cargado.




7. Colocar el túnel en estado servicio. En el HMI seleccione la opción Servicio para proceder a comprobar el funcionamiento de las entradas y salidas en vacío. Comprobar funcionamiento de motores de banda, extractores, cryowaves, ventiladores internos. Comprobar funcionamiento de válvulas de control. Comprobar funcionamiento de sensores de temperatura.



8. Cerrar el túnel. En el HMI seleccione la opción elevación. Presione cerrar en la pantalla y con la ayuda de dos operadores se procede a presionar los botones de elevación simultáneamente verificando la seguridad en el proceso. Esta actividad durará alrededor de un minuto y medio.



9. Abrir válvulas de tanques criogénicos y comprobar que presiones de trabajo sean cercanas a las ideales. Presión líquida alrededor de 4bar y presión de gas alrededor de 7 bar.



10. Colocar el túnel en estado operación. En el HMI seleccione la opción Operación para verificar que no existe problemas. Pula botón Valores para visualizar todos los parámetros. Presionar Arranque para verificar que el túnel pasa a estado de producción. En caso contrario verificar problema y/o comunicar a supervisor correspondiente.

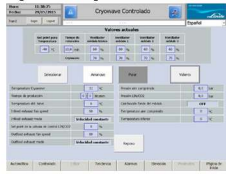


Figura 3.69 LUP Arranque de túneles Criogenia
(Fuente: Archivos Criogenia)



Figura 3.70 Instalación de LUP descongelación de túneles

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

Adicional, el cliente Durán establece parámetros con respecto a consumos operativos en cada proceso dependiendo del tipo de producto a procesar. Hasta la fecha cada operador colocaba los parámetros de operación según su experiencia personal, sólo guiándose con los datos de enfriamiento y de calidad solicitados en la producción. Los supervisores de producción y de calidad revisaron los históricos de los últimos tres meses de cada tipo de producto y la persona a cargo del proceso. De esto se encontró que existía una tendencia marcada donde un operador siempre presentaba mejores índices de consumo de nitrógeno versus cantidad camarón procesado para diferentes tipos de productos.

En conjunto los supervisores de Durán y de Criogenia durante dos semanas, tomaron la decisión de pedir a los operadores realizar la operación de los túneles de congelamiento donde obtienen sus mejores índices de producción, actividad que fue realizada sin el conocimiento de estos. Luego de las dos semanas, se comparó las variables establecidas versus los parámetros mencionados en la capacitación capítulo Optimización de Producción donde se obtuvieron datos como se observa en la Tabla 24. Al finalizar la comparación y realizar ajustes mínimos, la siguiente semana se pidió a los mismos operadores ejecutar la producción incluyendo los cambios acordados. Los resultados que tuvieron mejoras fueron establecidos como procedimiento y los que no fueron desechados. A la final se terminó con la Tabla 25 que se colocó en cada túnel para garantizar acceso de información a todos los involucrados.

Tabla 24 Factores para optimizar producción

Pos.	Finalidad	Solución
1.	Aumentar la eficiencia ⇒ Menor consumo de refrigerante	Carga de la cinta transportadora y tiempo de retención: Asegúrese de que la cinta transportadora se utiliza a su máxima capacidad; para ello, debe recubrirlo lo máximo posible, o dicho de otro modo, debe reducir el espacio entre los productos que cargue. Si no puede ajustarse la entrada de productos para incrementar la carga, la velocidad de la cinta puede reducirse. Esto no reducirá la capacidad. Es más conveniente que la cinta funcione a una velocidad menor con una buena carga que a mayor velocidad con poca carga. La carga de la cinta debe ser, siempre que sea posible, del 95 % como máximo. También se deben evitar, en la medida de lo posible, las pausas de producción.
2.	Aumentar la eficiencia ⇒ Menor consumo de refrigerante	Temperaturas: Además de una cobertura óptima de la cinta, el siguiente parámetro importante es la temperatura de funcionamiento. Debe comprobarse regularmente la temperatura (equilibrada) de salida de los productos. Una temperatura demasiado baja 10,5 °C (-13 °F) se puede corregir subiendo la temperatura de funcionamiento; por ejemplo, de -54 °C (-130 °F) a 44 °C (-112 °F). Una temperatura demasiado alta (por ejemplo, 15 °C [5 °F]) se puede corregir bajando la temperatura de funcionamiento; por ejemplo, de -54 °C (-130 °F) a
3.	Aumentar la eficiencia ⇒ Menor consumo de refrigerante	Manipulación tras la salida del túnel de congelación: Como resultado de la congelación criogénica, en la mayoría de los casos, los productos están mucho más fríos por fuera que por dentro. Para que no pierdan el frío, los productos se deben llevar de inmediato a la siguiente fase de procesamiento (por ejemplo, el envasado), puesto que si permanecen durante demasiado tiempo en un entorno cálido, el frío no puede penetrar en el interior y, en lugar de ello, se disipa en la atmósfera.

(Fuente: Archivos Criogenia)

Tabla 25 Receta de producción por producto

TALLA	TALLA REFERENCIA	GLASEO	Temperatura túnel	Tiempo de proceso	Velocidad (Banda entrada)	Velocidad glaseo	Temperatura Producto	Libras/ Hora Estimado	INDICE (Mejor Hora)	Consumo Lbs Nitrogeno Teorico / hora
PEQUEÑO	71-90	8-10%	-60	9	20%	30%	-18	1,100.00	1.80	1,425.00
	71-90	20%	-75	11	15%	30%	-18			
	61-70	30%	-85	13	15%	8%	-19	1,100.00	1.90	1,700.00
MEDIANO	31-60	8-10%	-60	9	20%	38%	-18	1,100.00	1.20	1,425.00
	41-50	30%	-85	13	20%	8%	-19	864.00	2.4	2,075.00
GRANDE	16-40	10%	-60	10	20%	50%	-18	1,348.00	1.08	1,217.68
	26-30	10%	-75	13	15%	30%	-18	1,180.00	2.1	2,373.00
	36-40	30%	-85	15	15.0%	8%	-18	648.00	1.5	912.00
ENTRERO	31-40	8-8%	-60	9	14.0%	30%	-18	1,284.00	1.3	1,385.00

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

3.7. Mejoras Enfocadas

Salazar López (2019) nos menciona en su artículo que “Las mejoras enfocadas son actividades desarrolladas con el propósito de mejorar la eficiencia global de los equipos, operaciones y del sistema en general. Dichas mejoras, incrementales y sostenibles, se llevan a cabo a través de una metodología específica, orientada al mantenimiento y a la eliminación de las limitantes de los equipos.”

De la Tabla 8 se establecen los siguientes puntos a mejorar:

- Calidad de energía del cliente Durán
- Tablero de control del equipo Durán 1

Al realizar el análisis de estos dos puntos se busca atacar las pérdidas por disponibilidad que “son aquellas producidas por falta de operación de la máquina en el tiempo que está disponible. Por disponibilidad se entiende el periodo de tiempo en el cual la máquina debería estar en funcionamiento aun estando parada” (Calvo Rollé & Lago Dopico, 2004). Esto se refiere al tiempo que se encuentra en fallo los equipos, que no es posible solucionar de forma autónoma como se explicó en el punto 3.6, por lo tanto, requieren la intervención de personal de mantenimiento de Criogenia, dando como resultado, el aumento de valores por trabajos no planificados realizados de mantenimiento.

Como se mencionó en el punto 3.5.1, existen problemas de energía eléctrica en la planta Durán que producen paradas inesperadas en la producción de los túneles de congelamiento de Criogenia. Adicional, estos problemas eléctricos ocasionan constantes daños a los dispositivos internos de los tableros de control de los equipos.

En la Figura 3.21 se evidencia los cambios realizados el túnel Durán 1, donde se realizó la instalación de un UPS para el sistema de control de 24VDC. Esta implementación ayudó a la protección de equipos de control, pero los equipos eléctricos que trabajan a 440VAC como los variadores de los motores, seguían presentando daños de forma esporádica. Como se observa en los ANEXOS A, en el año 2018 por repuestos de retiro desde bodega en general del túnel Durán 1 se gastó USD \$12.300,16 y luego de la implementación, en el año 2019 se gastó USD \$9.169,86.

Esta solución no fue implementada en los túneles Durán 2 y Durán 3, debido a que sus versiones tuvieron mejoras en fábrica con respecto a los tableros de control, y la implementación de equipos eléctricos y electrónicos son más

robustos, por ende, los equipos soportan de mejor forma los problemas eléctricos constantes. Aun así, en ciertas ocasiones presentaban daños a sus componentes internos de los tableros de control, presentando costos por repuestos de bodega en el año 2019 de USD \$4.559,14 para ambos equipos.

A los costos de repuestos se debe sumarle la mano de obra que se necesitó para realizar los análisis de fallos presentados y el cambio de partes que resultaron no operativas. Por este motivo Criogenia, toma la decisión de obtener permisos del cliente Durán para realizar un análisis de calidad de la energía eléctrica en los puntos donde se encuentran conectados los equipos.

Se contrata una compañía que realiza el servicio mencionado y durante 15 días se deja un analizador de energía conectado al alimentador principal de 440AC de los túneles de Criogenia. De este modo nos aseguramos de obtener los datos más cercanos a la realidad de la calidad de energía eléctrica a la cual están expuestos los equipos de Criogenia. Los resultados del estudio se encuentran mostrados en los ANEXOS C. Se observa en conclusiones del reporte los siguientes resultados “Con respecto a los parámetros eléctricos se puede concluir que los voltajes de operación del Túnel están fuera de los rangos de operación, se recomienda revisar los niveles de voltajes de la alimentación principal” y además “Se observa presencia de Distorsión por Armónicos tanto de voltaje como de corriente por que se recomienda la instalación de un supresor de dichos armónicos”.

El documento es compartido con el cliente Durán para sus registros, y Criogenia toma la decisión de buscar una solución a este problema. Como se observa en la Figura 3.71, los modelos de los túneles instalados en el cliente Durán son CW1250-8 por tal motivo tienen un consumo eléctrico de 9KW en plena carga. Con esta información se considera instalar un UPS rectificador trifásico donde la entrada de voltaje será de 450VAC y salida de 460VAC y de carga 10KVA.

Type		CW1250-5	CW1250-8	CW1250-11	CW1250-14
Electrical power	kW	6	9	12	15
Electrical connection		380 - 500 V /32A			380 - 500 V /63A

Figura 3.71 Datos carga eléctrica túneles Criogenia

(Fuente: Archivos Criogenia)

Se conversa con el personal de mantenimiento de Durán para que las fuentes de los equipos UPS de los túneles sean desde los tableros principales de los

cuartos máster de control eléctrico. En la Figura 3.72 se muestra el proceso de instalación de los equipos de protección eléctrica para los túneles de Criogenia.



Figura 3.72 Instalación de UPS rectificador para túneles Criogenia

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

Con la puesta en marcha de estos equipos, los túneles son protegidos eléctricamente desde la fuente principal. Esto nos permite realizar una acción correctiva al tablero de control principal de control del túnel Durán 1, deshabilitando el UPS de 220VAC que sirve para proteger sólo el circuito interno de 24VDC. Se desinstala la fuente convertidora 220VAC a 24VDC y se instala nuevamente la fuente convertidora de 440VAC a 220VDC como se

observa en la Figura 3.73. Con esta acción, se devuelve al estado inicial de fábrica el tablero del túnel Durán 1, como se observa en la Figura 3.21.



Figura 3.73 Vuelta a estado inicial 24VDC túnel Durán 1

(Fuente: Planta de Proceso Empresa Durán)

3.8. Mantenimiento Planificado

Venkatesh (2007) nos explica que con el mantenimiento planificado se quiere pasar de un método reactivo de trabajo a uno proactivo de parte del equipo humano encargado. Para llegar a este objetivo se debe tener un personal

entrenado por parte de los involucrados de Criogenia y del personal operario del equipo del cliente Durán.

Como se observó en la Tabla 14 los costos de mantenimiento actuales corresponden a seis revisiones al año, que por el régimen de trabajo que están expuestos los equipos dentro del cliente Durán, no es suficiente para garantizar su adecuado funcionamiento.

En este nuevo contrato se han creado tres tipos de revisiones o mantenimientos preventivos, que se diferencian en las actividades y alcance de partes por revisar. Los tipos de mantenimiento son los siguientes:

- Mantenimiento preventivo tipo 1: trabajos de frecuencia mensual donde se realiza lo siguiente:
 - Revisión del estado interno de los tableros de control principal y módulo de extensión
 - Revisión del conexionado de los tableros de control principal y módulo de extensión
 - Verificación de funcionamiento de los motores principales de los equipos
- Mantenimiento preventivo tipo 2: trabajos de frecuencia trimensual donde se realiza lo siguiente:
 - Revisión y adecuación del estado interno de los tableros de control principal, del módulo de extensión y caja de conexiones
 - Revisión y adecuación del conexionado de los tableros de control principal, del módulo de extensión y caja de conexiones
 - Verificación de funcionamiento y, estado interno y externo de los motores principales del equipo, sistema de olas y sistema de elevación de túnel
 - Verificación de funcionamiento de sensores y paradas de seguridad de túnel de congelamiento
 - Verificación de estado de las piezas mecánicas que conforman el túnel

- Cambio de las piezas que sufren desgaste por operación normal del equipo
- Mantenimiento preventivo tipo 3: trabajos de frecuencia anual donde se realiza lo siguiente:
 - Revisión y adecuación del estado interno de los tableros de control principal, del módulo de extensión y caja de conexiones
 - Revisión y adecuación del conexionado de los tableros de control principal, del módulo de extensión y caja de conexiones
 - Verificación de funcionamiento y, estado interno y externo de los motores principales del equipo, sistema de olas y sistema de elevación de túnel
 - Verificación de funcionamiento de sensores y paradas de seguridad de túnel de congelamiento
 - Verificación de estado de las piezas mecánicas que conforman el túnel
 - Cambio de las piezas que sufren desgaste por operación normal del equipo
 - Verificación de funcionamiento y estado interno y externo de válvulas principales, sensores y paradas de seguridad de túnel de congelamiento

Con los costos que se establecieron en el nuevo contrato de mantenimiento que se observa en la Tabla 13, se puede establecer los nuevos costos de cada tipo de mantenimiento a realizar que se incluyen en el alcance del contrato de servicios de mantenimiento. En la Tabla 26 se observa cómo se determinaron los costos de cada mantenimiento tipo planificado.

Tabla 26 Costos por contrato de mantenimientos planificados

Descripción de mantenimiento	Personal	Cant.	Hora Hombre	Cantidad de horas estimadas	Costo total
Mantenimiento Preventivo Tipo 1	Electrico Senior	1	\$ 26,78	1,0	\$ 40,17
	Ayudante Técnico	1	\$ 13,39	1,0	
Mantenimiento Preventivo Tipo 2	Electrico Senior	1	\$ 26,78	4,0	\$ 267,80
	Mecánico Senior	1	\$ 26,78	4,0	
	Ayudante Técnico	1	\$ 13,39	4,0	
Mantenimiento Preventivo Tipo 3	Electrico Senior	1	\$ 26,78	8,0	\$ 642,72
	Mecánico Senior	1	\$ 26,78	8,0	
	Ayudante Técnico	2	\$ 13,39	8,0	

(Fuente: Archivos Criogenia)

Se observa disminución significativa de los costos unitarios por trabajo planificado. Con esto se puede aumentar el número de actividades de revisión por año y así obtener un costo estimado anual de mantenimientos planificados por túnel instalados en el cliente Durán como se observa en la Tabla 27.

Tabla 27 Tabla de costos de mantenimiento planificado actual

N°	Cliente	CANTIDAD FINAL			Costo anual
		MP1	MP2	MP3	
EC-TC 020	Durán 1	13,00	3,00	1,00	\$ 887,86
EC-TC 030	Durán 2	13,00	3,00	1,00	\$ 887,86
EC-TC 040	Durán 3	13,00	3,00	1,00	\$ 887,86

(Fuente: Archivos Criogenia)

Con el contrato anterior, como se observa en la Tabla 14 se realizaban 6 mantenimientos anuales por cada túnel a un costo de USD \$3.412,00 y con las modificaciones obtenidas en la negociación del nuevo contrato se realizarán anualmente 17 mantenimientos planificados anuales por equipo a un costo de USD \$887,86. La diferencia radica que en el contrato anterior sólo se realizaban 6 mantenimientos con alcance a los mantenimientos tipo 2 actuales, pero a un mayor costo.

A la final se realiza el calendario de mantenimiento planificado de los equipos instalados en el cliente Durán como se observa en la Tabla 28.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN DE TPM

4.1. Reporte de costos del año 2020

Durante el año 2020 se realizó la implementación del TPM con el fin de alcanzar la reducción de costos por el servicio de mantenimiento de los tres túneles de congelamiento criogénico instalados en la empresa Durán y cumplir con el presupuesto anual asignado.

A continuación, se muestra en la Tabla 29 los costos generados por el servicio de mantenimiento del año 2020. Los costos por servicio se refieren a los generados por mano de obra y, los de repuestos corresponden a los equipos y partes que se instalaron en los túneles de congelamiento.

Tabla 29 Resumen de costos mantenimiento Durán 2020

Cliente	Total por Servicio	Total por Repuestos	Total Anual	Carga %
Durán 1	\$ 20.978,06	\$ 12.887,92	\$ 33.865,98	51%
Durán 2	\$ 16.328,67	\$ 3.219,94	\$ 19.548,61	29%
Durán 3	\$ 8.224,84	\$ 5.271,03	\$ 13.495,87	20%
TOTAL CIERRE			\$ 66.910,45	

(Fuente: Archivos Criogenia)

Este fue un año atípico debido a los problemas de salud que se presentaron por la aparición del COVID-19, el cual ocasionó que el cliente tenga un nivel de producción por debajo de lo normal durante el segundo trimestre del año. Durante este tiempo las restricciones de movilidad y de concentración de personas en sitios cerrados, ocasionaron que el cliente no pueda trabajar con los tres túneles al mismo tiempo, dando como resultado una baja en su nivel de producción. Por esta razón se puede observar en la Tabla 30 y Tabla 31 valores a la baja en costos generados en los meses mencionados en el año.

Tabla 30 Resumen mensual de costos por mano de obra en mantenimiento 2020

	Túnel Durán 1			Túnel Durán 2			Túnel Durán 3			Cliente Durán
	Mantenimiento Correctivo	Mantenimiento Planificado	Total Parcial	Mantenimiento Correctivo	Mantenimiento Planificado	Total Parcial	Mantenimiento Correctivo	Mantenimiento Planificado	Total Parcial	Total
Enero	\$ 4.055,91	\$ 514,50	\$ 4.570,41	\$ 642,55	\$ 3.314,00	\$ 3.956,55	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 8.526,96
Febrero	\$ 2.945,89	\$ 690,00	\$ 3.635,89	\$ 1.077,47	\$ 270,00	\$ 1.347,47	\$ 1.064,08	\$ -	\$ 1.064,08	\$ 6.047,44
Marzo	\$ 1.634,77	\$ 690,00	\$ 2.324,77	\$ 542,13	\$ 690,00	\$ 1.232,13	\$ 341,36	\$ -	\$ 341,36	\$ 3.898,26
Abril	\$ -	\$ 690,00	\$ 690,00	\$ 1.275,00	\$ -	\$ 1.275,00	\$ -	\$ 690,00	\$ 690,00	\$ 2.655,00
Mayo	\$ 682,72	\$ -	\$ 682,72	\$ 1.465,70	\$ -	\$ 1.465,70	\$ -	\$ 514,00	\$ 514,00	\$ 2.662,42
Junio	\$ 880,34	\$ 354,38	\$ 1.234,72	\$ 1.303,61	\$ 354,38	\$ 1.657,99	\$ -	\$ 354,38	\$ 354,38	\$ 3.247,08
Julio	\$ 1.383,92	\$ 419,63	\$ 1.803,55	\$ 301,11	\$ 419,63	\$ 720,74	\$ 742,73	\$ 999,63	\$ 1.742,36	\$ 4.266,65
Agosto	\$ 1.799,05	\$ 371,25	\$ 2.170,30	\$ 495,36	\$ 371,25	\$ 866,61	\$ 91,27	\$ 371,25	\$ 462,52	\$ 3.499,43
Septiembre	\$ 524,68	\$ 505,63	\$ 1.030,31	\$ 1.111,03	\$ 505,63	\$ 1.616,66	\$ 349,67	\$ 505,63	\$ 855,30	\$ 3.502,26
Octubre	\$ 789,15	\$ 542,17	\$ 1.331,32	\$ 173,52	\$ 442,17	\$ 615,69	\$ 273,08	\$ 442,17	\$ 715,25	\$ 2.662,25
Noviembre	\$ 86,76	\$ 424,45	\$ 511,21	\$ 115,26	\$ 424,45	\$ 539,71	\$ 563,58	\$ 424,45	\$ 988,03	\$ 2.038,95
Diciembre	\$ 171,28	\$ 821,59	\$ 992,87	\$ 116,86	\$ 917,57	\$ 1.034,43	\$ -	\$ 497,57	\$ 497,57	\$ 2.524,88
			\$ 20.978,06			\$ 16.328,67			\$ 8.224,84	\$ 45.531,57

(Fuente: Archivos Criogenia)

Tabla 31 Resumen mensual de costos por repuestos en mantenimiento 2020

	Túnel Durán 1			Túnel Durán 2			Túnel Durán 3			Cliente Durán
	Compra Directa	Pedido de Bodega	Total Parcial	Compra Directa	Pedido de Bodega	Total Parcial	Compra Directa	Pedido de Bodega	Total Parcial	Total
Enero	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1.830,19	\$ 1.830,19	\$ 1.830,19
Febrero	\$ 1.470,00	\$ 1.664,16	\$ 3.134,16	\$ -	\$ 126,28	\$ 126,28	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.260,44
Marzo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 490,00	\$ 490,00	\$ 490,00
Abril	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mayo	\$ -	\$ 735,00	\$ 735,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 735,00
Junio	\$ -	\$ 735,00	\$ 735,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 735,00
Julio	\$ -	\$ 1.005,51	\$ 1.005,51	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1.005,51
Agosto	\$ 845,46	\$ 1.860,60	\$ 2.706,06	\$ 320,43	\$ 389,25	\$ 709,68	\$ 320,43	\$ -	\$ 320,43	\$ 3.736,17
Septiembre	\$ 550,00	\$ -	\$ 550,00	\$ 550,00	\$ -	\$ 550,00	\$ 550,00	\$ -	\$ 550,00	\$ 1.650,00
Octubre	\$ 1.008,95	\$ -	\$ 1.008,95	\$ 969,95	\$ -	\$ 969,95	\$ 1.008,95	\$ -	\$ 1.008,95	\$ 2.987,85
Noviembre	\$ 276,89	\$ -	\$ 276,89	\$ 276,89	\$ 183,34	\$ 460,23	\$ 404,52	\$ 63,14	\$ 467,66	\$ 1.204,77
Diciembre	\$ 403,80	\$ 2.332,55	\$ 2.736,35	\$ 403,80	\$ -	\$ 403,80	\$ 403,80	\$ 200,00	\$ 603,80	\$ 3.743,95
			\$ 12.887,92			\$ 3.219,94			\$ 5.271,03	\$ 21.378,88

(Fuente: Archivos Criogenia)

El nuevo contrato entró en vigor en el mes de julio y esta es la razón por la que se observa en la Tabla 30 y Tabla 31 cuatro zonas de consumo marcadas.

- El primer cuartil del año muestra un consumo por mano de obra con valores elevados, debido a los costos por la vigencia del contrato anterior.
- El segundo cuartil muestra una disminución de trabajos en los tres túneles debido a que en estos equipos no se realiza mantenimiento por la baja producción del cliente. En este periodo existieron las mayores restricciones para el trabajo normal y de exportación de productos por la pandemia.
- El tercer cuartil presenta un alza en los costos de mantenimiento ya que el cliente Durán vuelve a niveles de exportación normales de su producto. En este tiempo entra en vigor el nuevo contrato de mantenimiento de Criogenia. Existe un alza en costo de mano de obra debido a la curva de aprendizaje en el servicio de mantenimiento de túneles de congelamiento del nuevo personal a cargo, y los costos por el personal de Criogenia durante las jornadas de capacitaciones hacia personal de Durán. Adicional se observa un alza en el consumo de repuestos debido a los trabajos de adecuación de túneles. Todo esto se refleja en el CAPÍTULO 3 por el arranque de la implementación del TPM.
- El cuarto cuartil muestra una baja en los costos por mano de obra de mantenimiento, lo que muestra una estabilización por el aprendizaje del personal de Criogenia y Durán. Adicional se observa que las implementaciones de mantenimiento autónomo generan menos costos por asistencia de personal de Criogenia. Los mantenimientos planificados se mantienen porque son generados por la implementación del TPM. Se sigue con los trabajos de adecuación de los tres túneles con inversiones en repuesto menores al cuartil anterior.

Como resumen se puede llegar a la conclusión que la implementación del TPM marca una tendencia en los costos del servicio de mantenimiento. El nuevo contrato reduce los costos por mano de obra, y las acciones tomadas para obtener mejores precios en la adquisición de repuestos generada por el análisis de costos permiten que se realicen inversiones para poner a punto los equipos de Criogenia en Durán.

4.2. Análisis de soluciones brindada por implementación de TPM

En los puntos 2.4.1 y 2.5 se exponen los problemas que se encontraron en el levantamiento de información inicial del servicio de mantenimiento que se prestaba a los túneles de congelamiento instalados en el cliente Durán. Luego de la implementación del TPM, se debe analizar las mejoras obtenidas, y si estas fueron capaces de atacar a las causas raíz encontradas para brindar una solución a los costos del servicio prestado. Cada una de las causas serán expuestas para conocer cómo fueron atacadas y qué resultados brindaron para el objetivo general del proyecto.

4.2.1. Análisis de calidad de energía eléctrica

El problema por analizar era la constante parada de los túneles de congelamiento debido a problemas con el suministro eléctrico en la fuente de los túneles de congelamiento. Estos problemas eran los causantes de daños de equipos eléctricos y electrónicos al interior de los paneles de control, los cuales ocasionaban el incremento de asistencias de personal y alta frecuencia de cambio de repuestos, lo que ocasiona mayores costos por material a instalar y mayor inventario por mantener el stock en la bodega de repuestos de la demanda solicitada.

Debido a que el cliente no puede brindar una solución a corto plazo, Criogenia decide realizar las acciones correspondientes como fue declarado en el punto 3.7. En la Tabla 32 se visualiza los daños de elementos internos dentro de los tableros de control de los tres túneles, los cuales debieron ser cambiados de forma inmediata para devolver el estado operativo de los equipos de Criogenia en el cliente.

A finales del mes de noviembre del 2020 llegan los equipos UPS y se realiza el montaje según como se explicó en la Figura 3.72. La adquisición de estos equipos, incluido materiales para instalación y mano de obra tuvieron un costo cercano a los USD \$25.000,00. Esto no sólo implica que, según las proyecciones de años anteriores, los equipos estarían pagados en algo más de tres años, ya que el 75% de los elementos mostrados en este listado debieron ser reemplazados por fallos eléctricos.

Tabla 32 Resumen de costos de repuestos 2019 y 2020

Fecha requerida	Descripción repuesto	Cantidad Requerida	Costo Total	Equipo Afectado
9/1/2019	CRYOWAVE DRIVE	1	\$ 1.222,85	Túnel Durán 1
9/1/2019	Safetyrelay 24VDC	1	\$ 459,25	Túnel Durán 1
25/1/2019	DRIVE EXHAUST FAN	1	\$ 1.092,80	Túnel Durán 1
27/9/2019	DRIVE CONVEYOR BELT	1	\$ 725,80	Túnel Durán 1
27/9/2019	DRIVE INNER FANS	2	\$ 3.362,94	Túnel Durán 1
27/9/2019	DRIVE EXHAUST FAN	2	\$ 3.062,63	Túnel Durán 1
27/9/2019	Circuit Breaker UL 489; 70A; 3 pol	1	\$ 394,63	Túnel Durán 1
27/9/2019	DRIVE COMM Function Module	6	\$ 2.812,87	Túnel Durán 1
27/9/2019	Analog Input Siemens	1	\$ 573,91	Túnel Durán 1
21/10/2019	Simatic S7-300 Digital Output	1	\$ 472,58	Túnel Durán 1
10/2/2020	CRYOWAVE DRIVE	1	\$ 1.444,48	Túnel Durán 1
13/7/2020	CRYOWAVE DRIVE	1	\$ 1.444,48	Túnel Durán 1
12/7/2020	Profibus communication module	1	\$ 368,41	Túnel Durán 1
23/8/2020	CRYOWAVE DRIVE	1	\$ 1.444,48	Túnel Durán 1
25/8/2020	DRIVE EXHAUST FAN	1	\$ 1.125,60	Túnel Durán 1
11/4/2019	Inverter i550 Power unit 3 Kw	1	\$ 947,65	Túnel Durán 2
27/6/2019	Module AI SIEMENS	1	\$ 724,19	Túnel Durán 2
15/8/2020	Module AI SIEMENS	1	\$ 845,15	Túnel Durán 2
25/8/2020	Inverter i550 Power unit 0,75 kW	1	\$ 389,25	Túnel Durán 2
12/11/2020	Profibus plug 90°	1	\$ 120,20	Túnel Durán 2
8/1/2020	Inverter i550 Power unit 1,5 Kw	2	\$ 1.573,44	Túnel Durán 3
8/1/2020	Inverter i550 PROFIBUS	1	\$ 256,75	Túnel Durán 3
			\$ 24.864,35	

(Fuente: Archivos Criogenia)

4.2.2. Actualización de panel de control de túnel Durán 1

Como se explicó en el punto 3.7, luego de la conexión del sistema principal de energía de alimentación de los túneles de congelamiento, el túnel Durán 1 queda con dos alimentaciones independientes para los equipos del panel de control principal. Los elementos de control de 24VDC tienen una fuente de 220VAC que proviene de un tablero eléctrico dentro del galpón de producción cercano al túnel y, los elementos de fuerza de 440VAC están conectados a la alimentación proveniente del nuevo UPS rectificador. Como se puede observar en la Tabla 32, durante los últimos dos años, cambios de elementos de 24VDC son muy pocos en comparación a los elementos de fuerza. El trabajo del UPS de 220VAC fue de gran ayuda para la preservación de los equipos, pero afectó al diseño original de fábrica.

Como se observa en la Tabla 32, en el mes de septiembre del año 2019 sucede un problema a gran escala en el galpón de producción del túnel Durán 1. Debido a una mala maniobra en los patios de Durán, el cable de alimentación de 440VAC es cortado y todos los equipos que estaban conectados a este sistema reciben el corte energético abrupto. Cuando el cliente logró recuperar la energía del galpón, se procedió a encender el túnel Durán 1, y se observó la presencia de alarmas y fallos en el HMI. Cuando personal de Criogenia asistió a la revisión se encontró que varios elementos dentro del panel se encontraban fuera de operación debido a daño por cortocircuito interno.

Al implementar el TPM, y ofreciendo las condiciones eléctricas ideales necesarias al túnel Durán 1, se decide retirar la fuente eléctrica externa de 220VAC y devolver el túnel a su condición inicial donde todo el sistema se alimenta a 440VAC desde una sola fuente, la cual ahora se encuentra soportada por el UPS.

Se debe considerar que la versión del túnel Durán 1 por su antigüedad es diferente a la de los túneles Durán 2 y Durán 3, donde las diferencias radican en el sistema de fuerza de 440VAC de variadores de control de motores y el sistema de lógica de 24VDC. Debido a permisos del diseñador y protección de la propiedad intelectual de Criogenia, no se puede cambiar la programación de control para así, reemplazar los dispositivos conectados y actualizarlos por unos más accesibles al mercado. Esta desventaja obliga a tener un stock de partes exclusivo para este túnel diferente a los otros dos, que tienen la misma arquitectura eléctrica y electrónica, lo que incrementa la cantidad de ítems en bodega y costo de inventario.

Al retirar la fuente de 220VAC se obtiene las siguientes ventajas:

- Personal de mantenimiento tiene menos equipos a cargo por revisar durante los trabajos de mantenimiento del túnel Durán 1.
- Reducción de cantidad de repuestos que se deben considerar para el stock de bodega.

4.2.3. Hermeticidad de tableros de control

Como se explicó en el CAPÍTULO 3, otro de los factores de daños a los equipos internos dentro de los tableros de control de los túneles de congelamiento es la presencia de exceso de humedad y de químicos que ingresan desde el ambiente externo.

De los elementos listados en la Tabla 32 el 25% de estos debieron ser reemplazados por presencia de sulfatación en sus pistas eléctricas u oxidación de partes conductivas.

Las tareas realizadas consistieron en sellar los tableros con tapones de acero inoxidable, mejorar los puntos de suelda con daños, mejorar los conectores de las entradas de cables hacia el tablero, medidas que derivaron en una inversión significativamente baja frente al daño de equipos eléctricos que tienen costos superiores a los USD \$1.000,00 y al cual se debe sumar el tiempo en el que estaría el túnel criogénico no disponible y la inconformidad del cliente.

Al ejecutar esta actividad y la instalación de los equipos UPS rectificador en cada uno de los túneles, se protege de forma integral a los elementos internos de los tableros de control. Estas acciones otorgan la seguridad de disminución de posibles fallos de los elementos internos de los tableros, por tal motivo el forecast de estos equipos en el archivo de bodega deberá reducirse. Estos equipos que en su mayoría eran del Tipo A pueden pasar al Tipo B y en el futuro, cuando se consuma lo que se encuentra en stock, obtener una disminución de inventario.

Como se explicó en el punto 3.3.2 correspondiente a Mejora en manejo de inventario, no es posible la reducción de costos por medios sustitutivos, por lo tanto, la reducción de costos de inventario se la debe realizar reduciendo la probabilidad de fallo de estos en la operación.

4.2.4. Fijación de procedimientos de tareas rutinarias

Luego de las entrevistas con los usuarios de los túneles de congelamiento y los encargados de la planeación, se detectaron que ciertas actividades son de tipo rutinario y, que en algunas ocasiones varían la forma en que se realizan debido a la persona a cargo de la operación. Luego de la

capacitación y revisión de los historiales de producción, en conjunto con el cliente, se logró establecer procedimientos base y fijos para las actividades rutinarias. En la Figura 3.68, la Figura 3.69 y la Tabla 25 se ven los trabajos mencionados los cuales fueron ubicados en puntos estratégicos de los galpones de producción de los tres túneles de congelamiento para fácil acceso a todos los involucrados como se observa en la Figura 3.70. El fin de esto es recordarles las mejores prácticas para lograr los objetivos de producción y que sean medidos bajo las mismas condiciones todos los operarios.

Los procedimientos que se mejoraron y establecieron como claves para la producción dando un fácil acceso a los interesados por medio de LUP son:

- Procedimientos para descongelación de túneles
- Procedimientos de revisión previo a puesta de producción
- Recetas de productos para congelación con túneles de Criogenia

4.2.5. Metodología de selección de repuestos

En el análisis de valor realizado en el punto 2.5, se detectaron los repuestos y piezas que causan un gran impacto en la operación de mantenimiento de túneles de congelamiento. El ejercicio de buscar materiales sustitutivos que mejoren los costos por el servicio prestado y que al mismo tiempo ofrezcan al menos la misma calidad y tiempo de vida útil se detalló en el punto 3.3.2.

Estos repuestos se lo dividieron en los siguientes grupos para buscar la solución según su origen, disponibilidad en mercado local y material de diseño:

- Componentes eléctricos y electrónicos de control y fuerza: debido a que el fabricante tiene el ingreso a la programación restringida por términos de propiedad intelectual y además la ubicación de su fábrica en Europa, los elementos utilizados son de este origen y en el mercado latinoamericano es complicado encontrarlos. Se acuerda en Criogenia seguir adquiriéndolos desde fábrica debido

a que ellos tienen en stock y el tiempo de entrega de 3 semanas. Por esto para reducir costos por factores de importación y adicionales generados por tiempos de llegada, se realizará compras anuales donde se ajuste según a la necesidad de inventario determinadas por el forecast planteado. Para el 2021 no se realiza compra de estos artículos porque gracias a la implementación del TPM, se espera reducir el cambio de partes y repuestos, y en bodega se tiene el suficiente stock con los nuevos valores esperados. Estos componentes son:

- Variadores de motores
 - PLC y esclavos
 - Relés de seguridad
 - Red de comunicación
 - Sensores
 - Transductores
- Componentes eléctricos de protección: los componentes instalados originales de fábrica son de origen europeo. El trabajo de estas piezas es de absorber fallas eléctricas e interrumpir el paso del fallo hacia el resto del sistema. En el mercado local se pueden conseguir equipos equivalentes en otras marcas, que en comparación de costos con los importados de fábrica no varía más allá del 5% y se pueden conseguir en cuestión de horas. La ganancia que se tiene de estos elementos es que se pueden categorizar como Tipo C en la bodega de repuestos, reduciendo así la cantidad de artículos en inventario necesitados. Estos componentes son:
 - Breaker principal
 - Botonera principal
 - Válvulas solenoides
 - Botoneras de paro de emergencia
- Partes mecánicas propias del fabricante: son piezas diseñadas y elaboradas por la fábrica para la estructura del túnel. Debido a que el constructor fabrica piezas en serie para los túneles que oferta

a nivel mundial, sus costos son inferiores a los que se puede encontrar en el mercado local. Estas piezas deben ser importadas obligatoriamente desde el fabricante. Estos componentes son:

- Banda transportadora
 - Cobertores plásticos para motores
 - Aspas de ventiladores
 - Barras de ejes para generador de olas y banda
 - Vinchas y colgadores de banda
 - Sistema cardán
- Partes mecánicas de desgaste: En estos elementos se concentró el plan de mejora financiera a corto plazo. En el pasado debido a los tiempos de entrega del fabricante, se investigó en el mercado local talleres que puedan construir manguitos de acoplamiento para realizar pedidos cuando eran necesarias y no tener necesidad de almacenar un gran número en bodega. La desventaja es que los costos de estos elementos eran elevados, y no se tenía control de entrada y salida de ellos hasta que se realizaba la auditoría financiera a la cuenta de gastos del servicio. Con el control de inventario, se demostró que adquiriendo un mayor stock para bodega se obtiene un ahorro significativo a largo plazo. Al contrario, debido a que en el mercado local no existe el material PE-UHUF, se siguió importando los piñones que tienen una vida útil de 500 horas que representan a cerca de un mes de trabajo en el cliente Durán. Se experimentó con varios materiales que sean más débiles al acero inoxidable 316L para que se fabriquen piñones en el mercado local. El elemento más duradero que se encontró es el acero negro con tratamiento que brinda una vida útil de alrededor de 2000 horas a los piñones. En la Tabla 33 se observa la cantidad de elementos de desgaste que tienen cada uno de los túneles de congelamiento, con esto se desea comparar los costos de mantenimiento con el plan que se ha incorporado desde la implementación del TPM. En la Tabla 34 tenemos los valores de estos elementos previo al análisis de valor de componentes y, en la Tabla 35 se muestran los valores después de la implementación del proyecto. En la Tabla 36 y Tabla 37 se muestran los costos anuales de los elementos en ambos casos.

Con la estimación realizada se observa que a largo plazo existirá una reducción de costos en el mantenimiento planificado de un poco más de USD \$10.000,00.

Tabla 33 Tabla de cantidad de partes de desgaste

Cantidad					
Piñones Helico	Conector Banda	Conector Cryo	Conector Eleva	Bocines Transv	Bocines eje
8,00	1,00	2,00	1,00	4,00	20,00
8,00	1,00	2,00	1,00	4,00	20,00
8,00	1,00	2,00	1,00	4,00	20,00

(Fuente: Archivos Criogenia)

Tabla 34 Tabla de costos unitarios previo análisis

Costos					
Piñones Helico	Conector Banda	Conector Cryo	Conector Eleva	Bocines Transv	Bocines eje
\$ 86,64	\$ 125,00	\$ 135,00	\$ 185,00	\$ 76,50	\$ 76,50
\$ 86,64	\$ 125,00	\$ 135,00	\$ 185,00	\$ 76,50	\$ 76,50
\$ 86,64	\$ 125,00	\$ 135,00	\$ 185,00	\$ 76,50	\$ 76,50

(Fuente: Archivos Criogenia)

Tabla 35 Tabla de costos unitarios posterior análisis

Costos					
Piñones Helico	Conector Banda	Conector Cryo	Conector Eleva	Bocines Transv	Bocines eje
\$ 120,00	\$ 17,52	\$ 17,52	\$ 23,36	\$ 42,77	\$ 42,77
\$ 120,00	\$ 17,52	\$ 17,52	\$ 23,36	\$ 42,77	\$ 42,77
\$ 120,00	\$ 17,52	\$ 17,52	\$ 23,36	\$ 42,77	\$ 42,77

(Fuente: Archivos Criogenia)

Tabla 36 Resumen de costos previo análisis

Costos						Costos Totales
Piñones Helico	Conector Banda	Conector Cryo	Conector Eleva	Bocines Transv	Bocines eje	
\$ 8.317,20	\$ 125,00	\$ 270,00	\$ 185,00	\$ 306,00	\$ 1.530,00	\$ 10.733,20
\$ 8.317,20	\$ 125,00	\$ 270,00	\$ 185,00	\$ 306,00	\$ 1.530,00	\$ 10.733,20
\$ 8.317,20	\$ 125,00	\$ 270,00	\$ 185,00	\$ 306,00	\$ 1.530,00	\$ 10.733,20
\$ 24.951,60	\$ 375,00	\$ 810,00	\$ 555,00	\$ 918,00	\$ 4.590,00	\$ 32.199,60

(Fuente: Archivos Criogenia)

Tabla 37 Resumen de costos posterior análisis

Costos						Costos Totales
Piñones Helico	Conector Banda	Conector Cryo	Conector Eleva	Bocines Transv	Bocines eje	
\$ 3.840,00	\$ 17,52	\$ 35,05	\$ 23,36	\$ 171,08	\$ 855,40	\$ 4.942,41
\$ 3.840,00	\$ 17,52	\$ 35,05	\$ 23,36	\$ 171,08	\$ 855,40	\$ 4.942,41
\$ 3.840,00	\$ 17,52	\$ 35,05	\$ 23,36	\$ 171,08	\$ 855,40	\$ 4.942,41
\$ 11.520,00	\$ 52,57	\$ 105,14	\$ 70,08	\$ 513,24	\$ 2.566,20	\$ 18.028,09

(Fuente: Archivos Criogenia)

4.2.6. Control de inventario de bodega de repuestos

Una vez que se realizaron los trabajos de mejora del sistema eléctrico que alimenta a los equipos de Criogenia en la empresa Durán, y que se generó el análisis financiero donde se identificó las fortalezas y debilidades de los repuestos y proveedores, con el fin de mejorar la calidad del servicio de mantenimiento y alargar la vida útil de los repuestos, se procede a actualizar el programa que se utiliza para el control de inventario.

Lo primero que se hizo fue revisar el stock de lo que se tenía a la fecha de establecer el problema y, según los cambios logrados con la implementación del TPM, establecer un forecast con las nuevas condiciones del servicio de mantenimiento. Luego se adquieren las partes y repuestos que se manejaron en la mejora del sistema como son los motores y piezas consumibles.

Con respecto al inventario, aparecieron dos escenarios. Por un lado, se tuvieron que crear nuevos ítems en bodega para la adquisición de nuevas partes, elevando el costo de inventario. Pero también se logró la ventaja que, al superar el problema en la fuente eléctrica de los túneles, el forecast de las piezas eléctricas y electrónicas varió disminuyendo la cantidad esperada. Ahora se tiene en ciertas piezas un número mayor lo cual soporta la adquisición del 2021 debido a que la inversión esperada en repuestos del año será mucho menor.

Adicional como se explicó, la adquisición de motores se lo realiza para facilitar la logística de cambio de partes en mantenimientos. Por lo tanto, son equipos que se irán sacando durante el año 2021 mientras sea

necesario y serán piezas que estarán en una bodega paralela que servirá para trabajos de taller.

Se categorizó todas las partes y repuestos que se encuentran en la bodega desde el Tipo A hasta el Tipo C como se explicó en el punto 3.3.2.

En ANEXOS A se puede observar los pedidos de stock y consumos de los años 2018, 2019 y 2020. En los años 2018 y 2019 se aprecia que se maneja un stock cercano a USD \$70.000,00 y al final del año se consume alrededor de USD \$22.000,00. A diferencia que en el año 2020, existe un incremento en el stock de bodega hasta USD \$87.000,00 y se observa un consumo menor de menos de USD\$15.000,00.

Con esto se espera una proyección del 2021 de disminución de consumo de repuestos y por ende disminución en adquisición de partes para stock.

4.2.7. Mejora en plan de mantenimiento rutinario

La clave para encontrar el resultado en el proyecto, bajando los costos de mantenimiento para alcanzar el presupuesto anual designado, fue por adaptar el mantenimiento planificado acorde a la demanda de trabajo que tiene el cliente. Esto no hubiese sido posible realizar sin las mejoras otorgadas por el TPM con la cual se encontró cambios en los tableros de control de los túneles de congelamiento, la calidad de los repuestos a usar, en especial los elementos de desgaste y, conseguir un nuevo contrato por servicios con una compañía que cumple con los requerimientos de calidad que Criogenia ofrece a sus clientes finales mejorando la relación costo beneficio en cada una de las intervenciones que se deberán realizar.

En la Tabla 38 se ven los costos proyectados por año correspondiente al mantenimiento planificado del servicio de túneles de congelamiento en el cliente Durán. Para este tiempo existían dos túneles instalados y con los costos por contrato y partes de cambio debido a desgaste normal, se tenía un valor de USD \$32.145,00 lo que correspondía al 62% del presupuesto del año 2019 como se detalló en el punto 1.2. Si se proyectan los costos para 3 túneles, el costo del año 2020 estimado debió ser USD \$48.217,50 correspondiente al 63,78% del presupuesto que fue de USD \$75.600,00.

Con los resultados mostrados en la Tabla 39, los costos por el servicio de mantenimiento planificado para tres túneles de congelamiento mejoran a un costo de USD \$27.835,08 que corresponde al 37% del presupuesto del año 2020 correspondiente sólo a trabajos operativos.

Adicional comparando las dos tablas, se puede observar que en el nuevo contrato se tiene un número mayor de actividades planificadas a realizar por año, lo que significa que se podrá asegurar de mejor forma la disponibilidad de los equipos y de esta forma disminuir los costos por mantenimientos correctivos.

4.3. Proyección de costos del año 2021

Luego de realizar el análisis de las mejoras individuales de cada uno de los pilares implementados durante el TPM, se sacan los valores esperados a obtener durante el año 2021. Para esto se debe obtener los siguientes valores esperados:

- Costos de mantenimiento preventivo, planificado, incluye repuestos
- Costos de mantenimiento correctivo, no planificado
- Costos por repuestos de mantenimiento correctivo

De las proyecciones obtenidas en la Tabla 39, al año se necesitará un capital de USD \$27.835,08 para ejecutar el mantenimiento planificado en los tres túneles ubicados en el cliente Durán. Estos mantenimientos incluyen los cambios de piezas y mantenimientos en taller proyectados.

Adicional a este costo de mantenimiento planificado, durante el 2021 se acuerda en el departamento de SIC incorporar a un ingeniero junior que se ocupe del control y seguimiento del TPM ejecutado. Será la persona encargada de controlar el cumplimiento del cronograma de mantenimientos preventivos, de la ejecución de mantenimientos no planificados que se den como acciones de mejora o emergencia solicitados por el cliente, cumplimiento del stock de bodega necesario para la ejecución normal del servicio de mantenimiento. Esta persona ingresará como un proveedor externo, ajeno a la compañía contratista para que exista independencia de funciones. Se acuerda pagar un mensual de USD \$1.050,00 por sus funciones. Por esta razón, la suma total de mantenimiento planificado que se proyecta en el año por parte de Criogenia en el servicio de mantenimiento de túneles de congelamiento es de USD \$40.435,08.

Para la proyección de los trabajos correctivos, se tomarán los costos registrados en el año hasta el cierre del mes de febrero. Se asumirá un consumo de forma lineal, lo que significa que se estima que no tendrá una variación de forma brusca durante el periodo de evaluación. En la Tabla 40 se visualizan los repuestos pedidos por trabajos no planificados y en la Tabla 41 están registrados los costos por servicios de mantenimientos correctivos, ambos con cierre financiero de la empresa Criogenia al mes de febrero.

La proyección obtenida de la Tabla 40 para todo el 2021 a partir de los datos reales generados en los meses enero y febrero sería USD \$2.709,90, que corresponden a los pedidos de bodega que se realizan de forma no planificada. De las actividades de mejora desarrolladas en el TPM, la disminución de costos de repuestos con valores elevados, como los de carácter eléctrico o electrónico, debería disminuir considerablemente.

Los valores por proyectar de la Tabla 41 corresponden a mano de obra por servicios de mantenimiento no planificados que son de USD \$33.596,16, que se calculan a partir de los costos reales generados en los meses de enero y febrero del año 2021.

Tabla 40 Costos repuestos planificados y correctivos en 2021

	Túnel Durán 1			Túnel Durán 2			Túnel Durán 3			Cliente Durán
	Compra Directa	Pedido de Bodega	Total Parcial	Compra Directa	Pedido de Bodega	Total Parcial	Compra Directa	Pedido de Bodega	Total Parcial	Total
Enero	\$ 213,47	\$ 278,67	\$ 492,14	\$ 213,47	\$ 109,84	\$ 323,31	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 815,45
Febrero	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 347,82	\$ 63,14	\$ 410,96	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 410,96
Marzo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 94,56	\$ -	\$ 94,56	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 94,56
Abril	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mayo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Junio	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Julio	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Agosto	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Septiembre	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Octubre	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Noviembre	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Diciembre	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
			\$ 492,14			\$ 828,83			\$ -	\$ 1.320,97

(Fuente: Archivos Criogenia)

Tabla 41 Costos por servicios planificados y correctivos en 2021

	Túnel Durán 1			Túnel Durán 2			Túnel Durán 3			Cliente Durán
	Mantenimiento Correctivo	Mantenimiento Planificado	Total Parcial	Mantenimiento Correctivo	Mantenimiento Planificado	Total Parcial	Mantenimiento Correctivo	Mantenimiento Planificado	Total Parcial	Total
Enero	\$ 2.088,57	\$ 247,20	\$ 2.335,77	\$ 611,41	\$ 247,20	\$ 858,61	\$ 258,51	\$ 247,20	\$ 505,71	\$ 3.700,09
Febrero	\$ 1.002,88	\$ 580,61	\$ 1.583,49	\$ 1.526,74	\$ 484,63	\$ 2.011,37	\$ 111,25	\$ 484,63	\$ 595,88	\$ 4.190,73
Marzo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Abril	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mayo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Junio	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Julio	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Agosto	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Septiembre	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Octubre	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Noviembre	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Diciembre	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
			\$ 3.919,26			\$ 2.869,98			\$ 1.101,59	\$ 7.890,82

(Fuente: Archivos Criogenia)

Los valores que fueron calculados a partir de las proyecciones del año 2021, se tiene un costo final de USD \$76.741,14 esperado. Como se declaró en el punto 1.2, el presupuesto por mantenimiento anual asignado a los túneles de congelamiento instalados en el cliente Durán es de USD \$75.600,00 con un 5% de desviación aceptable. De esta forma se espera cumplir con el presupuesto del 2021, y se tiene un rango de USD \$2.600,00 como un valor permisible en caso de alguna emergencia de carácter mayor.

4.4. Mejoras por implementar

Como parte de la mejora continua en el servicio de mantenimiento de túneles de congelamiento propiedad de la compañía Criogenia instalados dentro de los galpones de producción de la empresa Durán, se tiene una segunda fase de implementación de dos puntos que son parte del TPM. No se la realizó durante la ejecución de este proyecto debido a que se necesitan aprobaciones y adquisiciones regionales, además de inversiones del cliente que dependen de trabajar directamente con DVA y el departamento de finanzas de Durán para demostración de los beneficios a largo plazo.

4.4.1. Cambio de túnel Durán 1

Esta actividad se la desarrollará como parte del pilar de Mejoras Enfocadas. Como se explicó en los puntos 1.1 y 2.2, los túneles de congelamiento se encuentran instalados dentro de Durán en calidad de comodato, por tal razón Criogenia es el responsable de su mantenimiento. Al mismo tiempo estos túneles provienen de Criogenia Alemania en calidad de alquiler. Para que Criogenia Alemania envíe un túnel a otra localidad, en este caso Ecuador, se debió firmar un contrato de alquiler donde Criogenia Ecuador se compromete con la custodia del equipo. La duración del contrato es de 5 años, luego de los cuales Criogenia Ecuador debe tomar la decisión de:

- Devolver el túnel a Criogenia Alemania
- Extender el contrato por dos años más sin costo alguno
- Compra del equipo a precio de devaluación de 5 años

- Cambio del equipo por un modelo del año del pedido sin costo adicional. Criogenia Ecuador debe absorber costos operativos de importación y exportación de los equipos.

En noviembre del 2021 se cumplen los 5 años de contrato de alquiler del túnel Durán 1. Criogenia Ecuador expone el caso a la gerencia de Durán y debido a la proyección que tiene el cliente en su mercado, en conjunto se toma la decisión de realizar el intercambio del equipo por uno de tecnología actualizada.

Para tomar esta decisión, SIC Ecuador evaluó las condiciones constructivas de las versiones actuales de los túneles. Se revisó que la estructura mecánica es en un 95% similar a los túneles Durán 2 y Durán 3, y que las partes eléctricas y electrónicas siguen la misma lógica de los túneles que están instalados en el cliente, tanto en funcionamiento y marcas de partes y piezas usadas, logrando así con este cambio una homologación en los repuestos para planificación de stock de bodega. Además, el sistema de protección de fuente de alimentación eléctrica es la misma por tal razón la inversión será solo en desconectar el equipo saliente y conectar el nuevo.

La desventaja será que los repuestos que sirven sólo para el túnel Durán 1 no serán útiles para el servicio de mantenimiento posterior al cambio proyectado. Se tendrá que dar de baja y retirarlos del stock de la bodega. Como plan para absorción de este impacto, SIC y compras se encuentran en conversación para encontrar una solución viable en donde al menos una parte de estos repuestos sean vendidos, tal vez directamente al proveedor Criogenia Alemania, alguna sucursal de Criogenia a nivel mundial, o algún proveedor o cliente de Criogenia Ecuador interesado que trabaje en el mercado electrónico.

En la Tabla 42 se encuentra el listado de los equipos que saldrían del stock de bodega, dando una reducción inmediata del mismo. La disminución se da por dos situaciones, la primera es el retiro de 18 ítems de bodega debido a obsolescencia, y la segunda, si el retiro se diera a la fecha de hoy, la disminución de al menos USD \$17.000,00 de inventario.

Tabla 42 Repuestos exclusivos de túnel Durán 1

Codigos Bodega	Descripción de repuesto	UNID AD	Costo Unitario	Cantidad actual	Costo Total
ECRR661764	Safety relay 24VDC; FK INSTANT.: 4NO, PL: E	und	\$ 426,70	1	\$ 426,70
ECRR661765	Safety relay 24VDC; FK INSTANT.: 2NO, 0,5...30s	und	\$ 491,41	1	\$ 491,41
ECRR661766	Safety relay 24VDC; FK INSTANT.: 2NO, 2, 0,5...300s	und	\$ 498,10	1	\$ 498,10
ECRR661767	SIMATIC S7-300, central unit with MPI/DP and Eth	und	\$ 3.594,47	1	\$ 3.594,47
ECRR661770	Module DI SM321, 16 DI, 16 DI, DC 24V, 20 pole	und	\$ 198,25	1	\$ 198,25
ECRR661771	Front Connector screw Contacts, 20 pin	und	\$ 177,15	4	\$ 708,60
ECRR661772	Module DI SM321, 32 DI, DC 24V, 40 pole	und	\$ 256,04	1	\$ 256,04
ECRR661774	Module DO SM322, 16 DO, DC 24V, 0.5A, 20 pole	und	\$ 160,60	1	\$ 160,60
ECRR661778	Module AO SM332, 2 AO, U/I; 11/12 bit, 20 pole	und	\$ 973,60	1	\$ 973,60
ECRR661780	E82EV751K4C LENZE U604 CONVEYOR BELT	und	\$ 1.182,57	1	\$ 1.182,57
ECRR661781	E82EV302K4C LENZE U410 INNER FANS	und	\$ 1.592,36	0	\$ -
ECRR661782	E82EV152K4C LENZE U480 CRYOWAVE DRIVE	und	\$ 1.445,48	2	\$ 2.890,96
ECRR661783	E82EV222K4C LENZE U501-U502 EXHAUST FAN	und	\$ 1.259,32	2	\$ 2.518,64
ECRR661784	Profibus communication module for Lenze	und	\$ 405,90	4	\$ 1.623,60
ECRR661785	INDUCTIVE PROXIMITY SENSOR	und	\$ 202,93	1	\$ 202,93
ECRR661786	ET200L 16DI/16DO 24VDC 0.5A	und	\$ 1.001,04	1	\$ 1.001,04
ECRR661790	Safety-Sensor EX BNS 33; IP67; PL e; with 5m cable	und	\$ 87,07	3	\$ 261,21
ECRR661791	Actuator for BNS 33	und	\$ 16,28	4	\$ 65,12
				TOTAL	\$ 17.053,84

(Fuente: Archivos Criogenia)

4.4.2. Seguridad en el trabajo

Como parte de protocolo de seguimiento de las instalaciones que Criogenia tiene en todos sus clientes, el departamento de SSO realiza visitas anuales para conocer si los equipos y productos son utilizados correctamente por el usuario final.

En el caso de Durán con los equipos de congelamiento que se alimentan con LIN, cuando este producto se transforma en gas, corre el peligro de salir del interior del túnel de congelamiento.

Instituto de Investigación Hospital Universitario La Paz (2015) nos describe al nitrógeno de la siguiente forma:

“En una sala criogénica, la evaporación natural de los recipientes, su llenado y la manipulación de las muestras almacenadas provocan una vaporización de nitrógeno líquido. El nitrógeno como todos los gases neutros es inodoro. Si la sala no está suficientemente ventilada, la

emanación de nitrógeno gaseoso puede provocar un empobrecimiento de la atmósfera de oxígeno. Por eso, una medida de prevención óptima es una correcta ventilación de los lugares de trabajo. Los riesgos asociados a la anoxia (agotamiento en el nivel de oxígeno) aparecen cuando el contenido de oxígeno se encuentra por debajo de aproximadamente el 18 %. Los síntomas pueden variar de un individuo a otro y van desde la debilidad, mareo, náuseas, disminución de los reflejos..... hasta la pérdida del conocimiento. La exposición a atmósferas que contengan una cantidad de oxígeno menor al 10% puede causar pérdida del conocimiento sin dar aviso y tan rápidamente que el individuo no tendrá tiempo de protegerse, con movimientos convulsivos, colapso respiratorio, lesiones graves o muerte.”

Debido a que Durán es una empacadora de camarón y por temas de inocuidad no es factible el ingreso de aire desde el exterior de una forma no controlada a las cámaras de producción por el riesgo de contaminación biológica. Los valores de concentración de oxígeno en una cámara cerrada y sus efectos en el ser humano se visualizan en la Tabla 43.

Tabla 43 Efectos por nivel de oxígeno en ser humano

% de oxígeno en el aire	Efectos negativos
>23.5	Desorientación, dificultad de respiración y visión,
19.5	Mínimo nivel soportado.
15-19	Poca coordinación, disminuye la capacidad de trabajo efectivo.
10-14	Hiperventilación, labios azules.
8-10	Fallos mentales, desmayos, náuseas, vómitos e inconciencia.
6-8	8 minutos de exposición a este nivel es fatal, hasta 4 minutos de exposición indica posible recuperación.
4-6	Estado de coma en 40 segundos y muerte en 3 minutos.

(Fuente: Archivos Criogenia)

Aunque en las visitas al cliente Durán el personal de Criogenia lleva consigo monitores de concentración de oxígeno, los cuales nunca han marcado menos de 17%, se debe mantener un monitoreo constante en cada una de las cámaras de producción donde están ubicados los túneles de Criogenia.

Criogenia está preparando una campaña para revisión de los puntos de seguridad dentro de las cámaras de producción de los túneles de congelamiento con nitrógeno y junto al cliente elaborar un plan de acción donde se ataquen los hallazgos encontrados. Dentro de estos hallazgos se encuentra la medición de concentración de oxígeno en los puntos donde el personal se ubica para realizar sus labores. Se propondrá una solución como la que se muestra en la Figura 4.1 donde el concentrador de oxígeno al detectar deficiencia de este da la orden para que un ventilador ingrese aire a la cámara desde otra diferente anexa la cual no tenga conexión con el exterior y al mismo tiempo encienda otro ventilador que retira la nube de nitrógeno hacia el exterior de preferencia fuera de la planta.



Figura 4.1 Sistema de monitoreo de oxígeno

(Fuente: Archivos Criogenia Costa Rica)

Este sistema tiene el fin de precautelar la seguridad de todo el personal que participa de forma directa o indirecta con la operación de los túneles de congelamiento de Criogenia. Al ser Criogenia proveedor del producto que podría causar una lesión laboral, se convierte en responsable indirecto del mismo, por esta razón se planteó el compromiso que, a mediados del 2021, evaluará la instalación de los equipos mencionados en conjunto con personal del cliente Durán.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Una vez ejecutado el proyectado presentado en este trabajo, se analiza si se cumplió con el objetivo general planteado de disminuir los costos del servicio de mantenimiento para no sobrepasar el valor presupuestado a inicio de año.

En el año 2020 se logró el objetivo debido a que el presupuesto anual fue de USD \$75.600,00 y los costos de mantenimiento ejecutados reales al corte financiero fueron de USD \$66.910,45. Los resultados del año 2020 no son tomados como definitivos o de total veracidad, debido a que existió un periodo donde los equipos trabajaron a muy baja capacidad debido a la emergencia global por la pandemia que ocasionaron restricciones de movilidad y trabajo que derivó en la disminución de asistencias por mantenimiento.

Para obtener un dato más real de si la implementación del TPM lograría el objetivo planteado, se realiza una proyección del año 2021 con datos de los trabajos planificados que son costos fijos, y datos proyectados a partir de los costos reales de los dos primeros meses que han sido registrado a la base de control de mantenimiento. Al realizar este ejercicio se cumple con el presupuesto anual de USD \$75.600,00, debido a que se proyecta invertir en mantenimiento de túneles de congelamiento instalados en el cliente Durán un valor de USD \$76.741,14 que representa al 101,5% lo cual está dentro del rango permisible de Criogenia.

Las herramientas de DMAIC aplicadas fueron Diagrama Causa Efecto, Matriz Causa Efecto, Cinco Por Qué, y la implementación de un análisis de valor de los componentes de los túneles de congelamiento brindaron un análisis de los errores y fallas presentes en el servicio de mantenimiento de Criogenia. La ejecución del proyecto dio a Criogenia la oportunidad de descubrir falencias en el servicio de mantenimiento como la calidad de trabajo del contratista ejecutante, excesivos costos que se pagaban en recursos y repuestos, plan de mantenimiento no ajustado a la realidad del proceso.

La implementación del TPM por medio del Mantenimiento Autónomo ayudó a descubrir que el personal de Durán tenía las ganas de aprender a operar con el equipo en una forma más especializada, y al involucrarlos en las acciones de mejora, los animó a operar los túneles de forma más responsable y eficiente. Adicional, la implementación de este pilar otorgó a Criogenia reducir costos en mantenimientos correctivos que fueron atacados antes de presentarse, y costos de mano de obra por acciones de intervención inmediata de los operadores para corrección de fallas menores.

Acciones de Mejoras Enfocadas en buscar soluciones en el servicio de mantenimiento y problemas energéticos de la fuente de los túneles permitieron conseguir disminución de costos operativos. Se logró un mejor contrato donde se exige una calidad integral del servicio a la altura que el cliente esperaba, dando como resultado la disminución de servicios de mantenimiento correctivos y no planificados. Con el estudio energético realizado se pudo encontrar la causa raíz de los problemas de cambio constante de repuestos de alto valor económico para la operación. Con esta modificación se redujo la cantidad de mantenimiento no planificado por falla de elementos eléctricos y electrónicos, y disminución de inventario en bodega de repuestos.

El desarrollo de Actividades Administrativas de control de inventario por medio de la categorización de las partes y piezas aterrizó los consumos esperados que serán controlados por un forecast ajustado a raíz de la implementación de los pilares de TPM ya explicados. En el año 2021 no se debió realizar una compra anual de repuestos, sin incluir los consumibles en mantenimientos planificados, debido a que repuestos que previo a la implementación del TPM se consideraban como Tipo A, ahora se consideran como Tipo B ocasionando que exista en stock una cantidad más que suficiente de estos. De igual forma, sucedió con repuestos que eran considerados tipo B y posterior al TPM, pasaron a categoría tipo C.

Con la implementación de todos los pilares del TPM anteriores explicados, se mejoró el plan de mantenimiento preventivo anual a uno ajustado a la realidad del cliente que asegura que los equipos sean intervenidos de forma más frecuente durante fechas establecidas y acordadas con producción logrando de esta forma la disminución de paradas por fallos. La implementación de este pilar baja costos al reducir mantenimientos correctivos por falla operativa de equipo y de partes del sistema.

5.2. Recomendaciones

Existen acciones por implementar a futuro que darán resultados al ser implementadas. Al lograrse el cambio del túnel Durán 1, se reducirá el costo del inventario debido a que repuestos serán dado de baja ya que solo sirven para este túnel. Este rubro al final del año 2020 se encuentra elevado debido a la inversión inicial necesaria para implementación de mejoras en el servicio de mantenimiento como se explicó en el proyecto.

Con la implementación de las medidas de seguridad que se presentarán a la gerencia de Durán, se tendrá a personal del cliente en mejores condiciones de trabajo, de tal forma se puede lograr que el personal operador mejore en su trabajo de manejo de los equipos al sentir el respaldo de Criogenia. De esta forma se intenta lograr que el compromiso de los operadores de los equipos sea a largo plazo para conseguir que el beneficio de la implementación del TPM sea duradera a lo largo de la relación comercial entre las dos empresas.

BIBLIOGRAFIA

- Calvo Rollé, J. L., & Lago Dopico, V. J. (2004). *Importancia del mantenimiento productivo total en la automatización de procesos*. 5. <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/12/40/a40.pdf>
- Cárcel Carrasco, F. J. (2015). *Análisis del sector del mantenimiento en relación a estudios sectoriales*. 4, 159–174.
- Díaz-contreras, C. A., Catari-vargas, D. A., Murga-villanueva, C. D. J., & Quezada-lara, G. A. D. V. F. (2020). *EFECTIVIDAD GENERAL DE EQUIPOS (OEE) AJUSTADO POR COSTOS*. 45(March), 158–165.
- Directiva del Consejo. (1989). artículo 1 podrán llevar las denominaciones previstas en los. *Aproximación de Las Legislaciones de Los Estados Miembros Sobre Los Alimentos Ultracongelados Destinados a La Alimentación Humana (89 / 108 /CEE)*, 1988, 34–37.
- Fonseca-Junior, M., Holanda-Bezerra, U., Cabral-Leite, J., & Reyes-Carvajal, T. L. (2015). Programa de gestión de mantenimiento a través de la implementación de herramientas predictivas y de TPM como contribución a la mejora de la eficiencia energética en plantas termoeléctricas. *DYNA (Colombia)*, 82(194), 139–149. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n194.47642>
- García Palencia, O. (1998). *La esencia del Mantenimiento Productivo Total*.
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). Lean Manufacturing, Conceptos, técnicas e implantación. In *Human Systems Management* (Vol. 12, Issue 1). <https://doi.org/10.3233/HSM-1993-12106>
- Instituto de Investigación Hospital Universitario La Paz. (2015). *Riesgos en la manipulación de Nitrógeno Líquido*. 1–9. [https://www.idipaz.es/ficheros/files/Quees/2015/RIESGOS POR MANIPULACIÓN DE NITROGENO LIQUIDO\(1\).pdf](https://www.idipaz.es/ficheros/files/Quees/2015/RIESGOS POR MANIPULACIÓN DE NITROGENO LIQUIDO(1).pdf)
- Kumar Gupta, A., & Garg, R. K. (2012). OEE Improvement by TPM Implementation: A Case Study. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences ResearchXplore International Research Journal Consortium*, 1(1), 2319–4413.
- Mandariaga Neto, F. (2019). Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos. *Creative Commons*, 2.2, 282.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Edición en Español* (industrial P. Inc. (ed.); Segunda). Aladon Ltd.
- Salazar López, B. (2019). *Mantenimiento Productivo Total (TPM)*. Ingeniería Industrial Online. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>

Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), 129–149. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00108-0](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00108-0)

Singh Rajput, H., & Jayaswal, P. (2012). A Total Productive Maintenance (TPM) Approach To Improve Overall Equipment Efficiency. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER) Www.Ijmer.Com*, 2(6), 4383–4386. www.ijmer.com

Venkatesh, J. (2007). An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM). *The Plant Maintenance Resource Center*, 3–20.

ANEXOS

ANEXO A

CONTROL DE COSTOS DE CUENTAS DE MANTENIMIENTO DE TÚNELES DE CONGELAMIENTO

RESUMEN DE RESULTADOS DEL AÑO 2018

Mano de obra utilizada

Cliente	Total por Servicio	Carga %
Preventivo	\$ 6.741,63	10%
Durán 1	\$ 28.124,28	40%
Durán 2	\$ 16.922,46	24%
Pedernales	\$ 6.776,83	10%
Guayaquil	\$ 6.820,17	10%
Chongón	\$ 4.708,40	7%
TOTAL	\$ 70.093,77	100%

Compra de repuestos directo

Cliente	Total por Repuestos	Carga %
Stock de Bodega	\$ 72.923,11	89%
Durán 1	\$ 3.900,00	5%
Durán 2	\$ 4.025,57	5%
Pedernales	\$ 1.436,00	2%
Guayaquil		0%
Chongón		0%
TOTAL	\$ 82.284,68	100%

Retiro de bodega

Cliente	Total por Repuestos	Carga %
Stock de Bodega	\$ 72.923,11	100%
Durán 1	\$ 12.300,16	17%
Durán 2	\$ 4.827,54	6%
Pedernales	\$ 4.792,80	6%
Guayaquil	\$ 520,00	1%
Chongón	\$ 1.378,00	2%
TOTAL	\$ 49.104,61	31%

RESUMEN DE RESULTADOS DEL AÑO 2019

Mano de obra mantenimiento preventivo

Cliente	Total por Preventivo	Carga %
Durán 1	\$ 4.866,78	37%
Durán 2	\$ 5.170,08	39%
Pedernales	\$ 838,36	6%
Guayaquil	\$ -	0%
Chongón	\$ 2.385,38	18%
TOTAL	\$ 13.260,60	100%

Mano de obra mantenimiento correctivo

Cliente	Total por Correctivo	Carga %
Durán 1	\$ 18.229,16	48%
Durán 2	\$ 8.397,86	22%
Pedernales	\$ 5.433,70	14%
Guayaquil	\$ 5.533,60	15%
Chongón	\$ -	0%
TOTAL	\$ 37.594,32	100%

Compra de repuestos directo

Cliente	Total por Repuestos	Carga %
Stock de Bodega	\$ 21.757,71	65%
Durán 1	\$ 7.161,13	21%
Durán 2	\$ 4.602,00	14%
Pedernales	\$ -	0%
Guayaquil	\$ -	0%
Chongón	\$ -	0%
TOTAL	\$ 33.520,84	100%

Retiro de bodega

Cliente	Total por Repuestos	Carga %
Stock de Bodega	\$ 70.862,32	100%
Durán 1	\$ 9.169,86	13%
Durán 2	\$ 4.559,14	14%
Pedernales	\$ 7.733,62	23%
Guayaquil	\$ -	0%
Chongón	\$ -	0%
TOTAL	\$ 49.399,70	50%

RESUMEN DE RESULTADOS DEL AÑO 2019

Mano de obra mantenimiento preventivo

Cliente	Total por Preventivo	Carga %
Durán 1	\$ 6.023,59	33%
Durán 2	\$ 7.709,07	42%
Durán 3	\$ 4.799,07	26%
Pedernales	\$ -	0%
Guayaquil	\$ -	0%
Chongón	\$ -	0%
TOTAL	\$ 18.531,72	100%

Mano de obra mantenimiento correctivo

Cliente	Total por Correctivo	Carga %
Durán 1	\$ 14.954,47	55%
Durán 2	\$ 8.619,60	32%
Durán 3	\$ 3.425,77	18%
Pedernales	\$ -	0%
Guayaquil	\$ -	0%
Chongón	\$ -	0%
TOTAL	\$ 26.999,84	106%

Compra de repuestos directo

Cliente	Total por Repuestos	Carga %
Stock de Bodega	\$ 37.963,84	80%
Durán 1	\$ 4.555,10	10%
Durán 2	\$ 2.521,07	5%
Durán 3	\$ 2.687,70	6%
Pedernales	\$ -	0%
Guayaquil	\$ -	0%
Chongón	\$ -	0%
TOTAL	\$ 47.727,70	100%

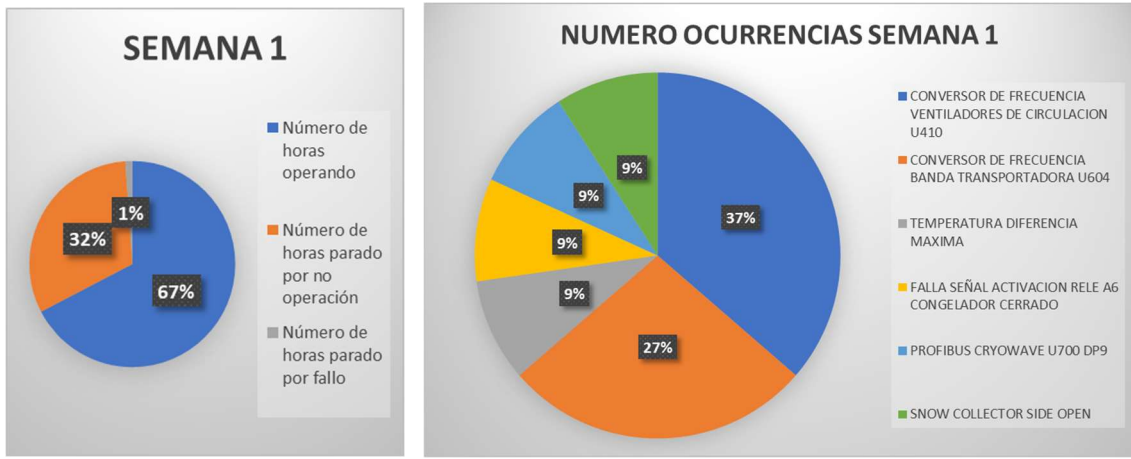
Retiro de bodega 2020

Cliente	Total por Repuestos	Carga %
Stock de Bodega	\$ 87.363,54	100%
Durán 1	\$ 8.332,82	10%
Durán 2	\$ 698,87	4%
Durán 3	\$ 2.583,33	5%
Pedernales	\$ -	0%
Guayaquil	\$ -	0%
Chongón	\$ -	0%
TOTAL	\$ 75.748,52	19%

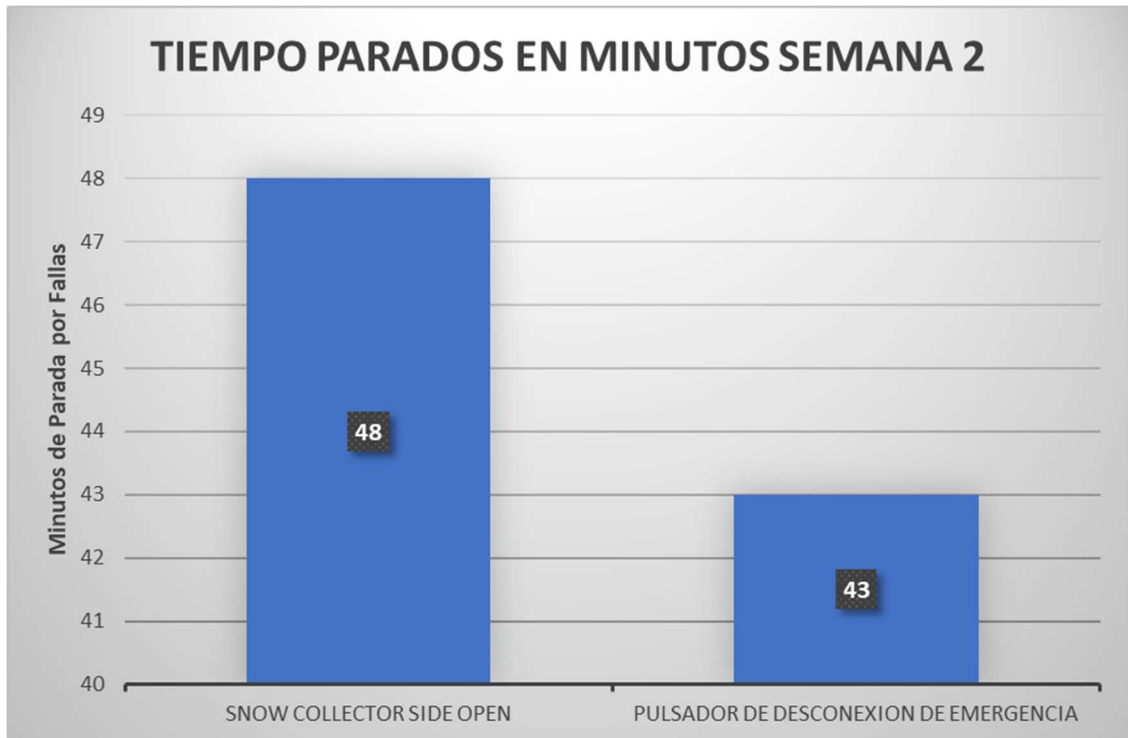
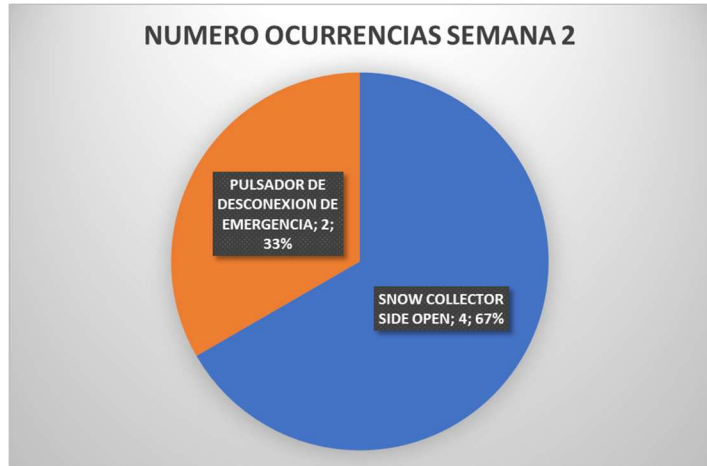
ANEXO B

RESUMEN DE HALLAZGOS DURANTE EVALUACIÓN DE SUPERVISOR DE CRIOGENIA

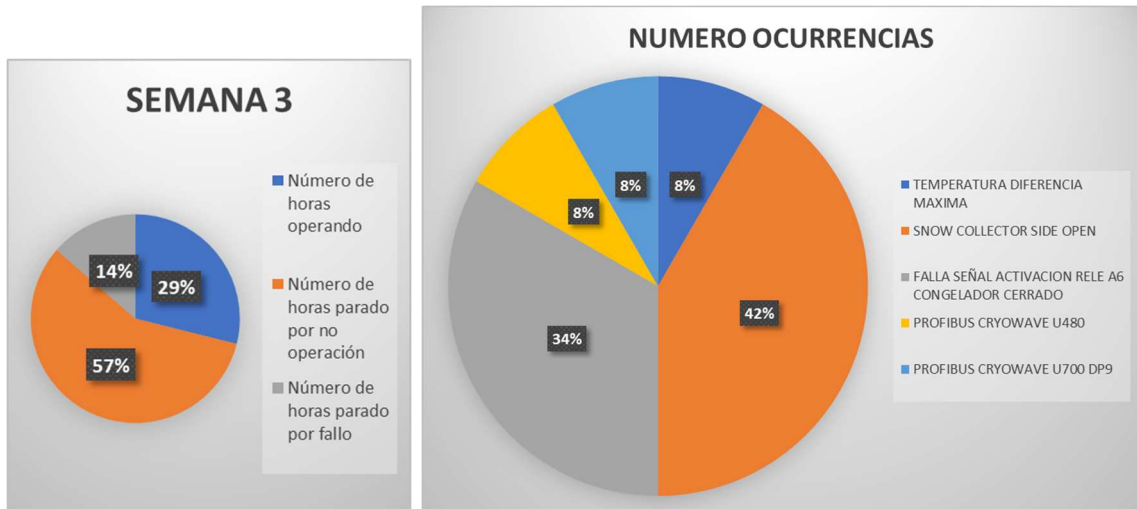
RESUMEN DE RESULTADOS DE LA SEMANA 1



RESUMEN DE RESULTADOS DE LA SEMANA 2



RESUMEN DE RESULTADOS DE LA SEMANA 3



Fecha: 16/07/20

De: Ing. Alejandro Zambrano C.

INFORME ORDEN DE SERVICIO EN [REDACTED]

Referencia: _____

Monitoreo de Túnel Criogénicos

Asunto:

Monitoreo a túneles criogénico 1 y 2 dentro de las instalaciones de [REDACTED]

Observaciones Túnel # 1:

- Presenta la falta de una aleta en lado izquierdo, así como algunas de ellas dobladas, producidas al final del túnel por lo que se ha observado que en veces se queda el producto atascado.
- Corrección de la tubería de extracción principalmente a la "Y" que presenta golpes.
- Corregir fuga existente en la extracción del extractor de inicio.
- Corregir base del sensor de las escotillas en ambos lados al inicio del proceso.
- Verificación del motoreductor del cryoware del tramo 2. Cryoware de este tramo no funciona.
- Verificar fuga de gas de Nitrógeno por los tres motoreductores dispuestos a lo largo de la máquina lado derecho.
- Instalar un extractor secundario para eliminar el exceso de Nitrógeno en el área de trabajo.

Observaciones Túnel # 2:

- Corregir algunas aletas que están dobladas, producidas al final del túnel por lo que se ha observado que en veces se queda el producto atascado.
- Corrección de la tubería de extracción principalmente a la "Y" que presenta golpes.
- Corregir el cryoware de inicio no funciona y la próxima semana se va a necesitar este equipo al 100% ya que una línea de producción va a parar.
- Verificar fuga de gas de Nitrógeno por los dos motoreductores dispuestos a lo largo de la máquina lado derecho.
- Corregir base del sensor de la escotilla lado derecho al inicio del proceso.
- Verificar y reparar dos ventiladores que no funcionan en el segundo tramo de la máquina.
- Comprobar las botonera de emergencia, presentaron alarma de disparo, sin haberlos accionado.
- Instalar un extractor secundario para eliminar el exceso de Nitrógeno en el área de trabajo.

Observaciones Generales:

- Capacitación al 100% de los operadores sobre el funcionamiento de los túneles y parámetros según tipo de producto.
- Contar con un kit de herramientas básicas para correcciones rutinarias.
- Dejar que los operadores operen sólo con la clave de usuario y NO con la clave del servidor.
- Que los operadores estén presente en el tiempo completo, en que se le da mantenimiento y/o descongelamiento del túnel.
- En lo posible mantener un estándar de operación según el tipo de producto si la máquina trabaja más de doce horas continuas. Lo que implica que el operador que toma la posta en la producción no debe variar los parámetros.

Atentamente,

ARCHIVO FOTOGRÁFICO



Aletas dobladas en ambos túnel.



Ventilador apagados en el túnel # 2.



Exceso de productos que se queda el inicio y final en la tina del túnel.

ARCHIVO FOTOGRÁFICO



Operador debe estar presente en la operación de los túneles.

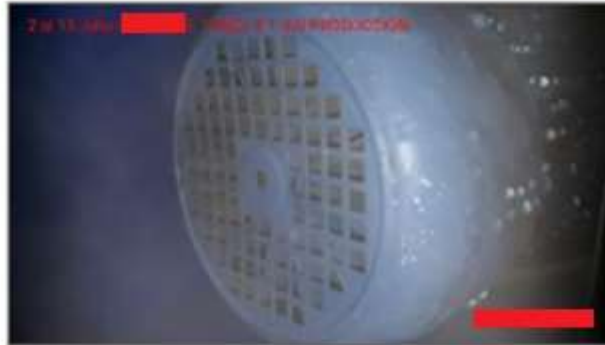


Sensor con problema en su base ya que se presenta doblada en ambos túneles.



Corregir la extracción en el túnel # 1.

ARCHIVO FOTOGRÁFICO



Motoreductor apagado en túnel # 1.



Producto que se queda atascado al final del túnel.



Exceso de productos que se queda al inicio y final en la tina del túnel.

ANEXO C

ANÁLISIS DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS

1. Introducción

Este informe detalla los trabajos realizados y muestra un resumen de los datos obtenidos de los equipos de medición desde el 26 de septiembre de 2020 hasta el 10 de octubre de 2020. Esta medición fue solicitada por LindeEcuador a fin de conocer los parámetros eléctricos de las cargas.

A continuación el detalle de la ubicación de las cargas:

Cliente: Linde del Ecuador

Sitio: Planta de Omarsa

Dirección: Lotización Industrial Al Rio Solar 3. Guayas - Durán, Ecuador

Carga 1 : Tanque de Nitrógeno , Rango de Operación de análisis 210 a 250 V AC 60 Hz.

Carga 2 : Túnel de Congelamiento , Rango de Operación de análisis 420 a 460 V AC 60 Hz.

De acuerdo a la Normativa ANSI C84.1 los rangos aceptables de voltajes se muestran en la siguiente tabla.

Rangos de Tensión permitidos según normativa ANSI C84.1

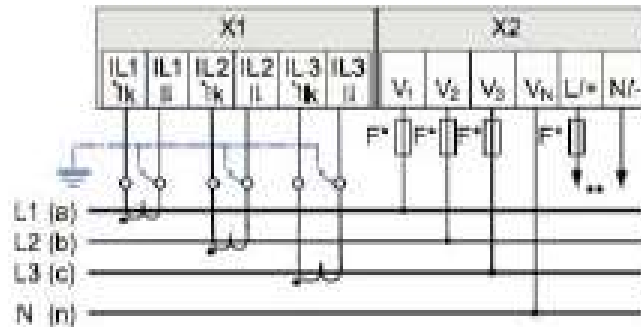
Tensión Nominal (V)	Rango Tolerable A (V)		Rango Tolerable B (V)	
	Min.	Max.	Min.	Max.
120	114	126	110	127
208	197	218	191	220
240	228	252	220	254
480	456	504	440	508

Rangos de Tensión permitidos según directrices para este estudio.

Tensión Nominal (V)	Rango Tolerable (V)	
	Min.	Max.
120	110	120
240	210	250
440	420	460

2. Objetivo

Obtener los parámetros eléctricos de la Carga 1 y Carga 2 con la siguiente configuración de conexionado



- Medición de Tensión L1-N
- Medición de Tensión L2-N
- Medición de Tensión L3-N
- Medición de Tensión L1-L2
- Medición de Tensión L2-L3
- Medición de Tensión L1-L3
- Medición de Intensidad de Corriente en L1
- Medición de Intensidad de Corriente en L2
- Medición de Intensidad de Corriente en L3
- Medición de Potencia Aparente
- Medición de Potencia Activa
- Medición de Potencia Reactiva
- Medición de Factor de Potencia
- Medición de Frecuencia
- Medición de Distorsión de Tensión por Armónicos THDV
- Medición de Distorsión de Corriente por Armónicos THDI
- Medición de Aislamiento de acometida
- Medición de Resistencia a Tierra

Carga 2:

La carga 2 es el Túnel de Congelamiento de Nitrógeno que está compuesto por un Panel de Distribución Eléctrico conformado por:

1 Breaker Trifásico de 440 V, 35 Amperios.

A este panel se midió:

- Resistencia a Tierra
- Aislamiento de Cables
- Parámetro Eléctricos por 7 días.
- Adquisición de Datos en línea a un computador.

Carga 2: Túnel de Congelamiento.

Medición de Tensión				
	Minima (V)	Máxima (V)	Promedio Máxima (V)	Observaciones
Medición Tensión L1-N	0	276,2	277,4	No cumple, el valor está fuera de rango de 210V-250V
Medición Tensión L2-N	0	311,6	277,4	No cumple, el valor está fuera de rango de 210V-250V
Medición Tensión L3-N	0	278	277,4	No cumple, el valor está fuera de rango de 210V-250V
Medición Tensión L1-L2	0	480,1	480,5	No cumple, el valor está fuera de rango de 420V-460V
Medición Tensión L2-L3	0	507,3	480,5	No cumple, el valor está fuera de rango de 420V-460V
Medición Tensión L3-L4	0	478,8	480,5	No cumple, el valor está fuera de rango de 420V-460V
Medición de intensidad de corriente				
	Minima (A)	Máxima (A)	Promedio Máxima (A)	Observaciones
Corriente L1	0	9,571	8,049	
Corriente L2	0	8,117	8,049	
Corriente L3	0	10,58	8,049	
Corriente N	NA	NA	1,15	
Medición de Potencia				

	Minima (KW)	Máxima (KW)	Promedio Máxima (KW)	Observaciones
Potencia Activa	0	4,471	NA	

	Minima (KVAR)	Máxima (KVAR)	Promedio Máxima (KVAR)	Observaciones
Potencia Reactiva	0	1,428	NA	

	Minima (KVA)	Máxima (KVA)	Promedio Máxima (KVA)	Observaciones
Potencia Aparente	0	6,133	NA	

Medición de Factor de Potencia

	Minima	Máxima	Promedio	Observaciones
Factor de Potencia	0,92	0,97	0,96	

Medición de Frecuencia

	Minima (Hz)	Máxima (Hz)	Promedio (Hz)	Observaciones
Frecuencia	59,6	60	60	

Medición de Tensión THD (Armónicos)

	Minima (%)	Máxima (%)	Promedio (%)	Observaciones
Distorsión de Tensión por Armónicos (1 al 31)	5	103	NA	No cumple

	Minima (A)	Máxima (A)	Promedio (A)	Observaciones
Distorsión de Corrientes por Armónicos (1 al 31)	10,55	0,117	NA	No cumple

5. 2 Mediciones de Aislamiento

	Carga 1 Test 250 V	Carga 2 Test 500 V	Resultado
Cables			
Fase R- S	2.7 GΩ	2.7 GΩ	OK
Fase S- T	2.14 GΩ	2.10 GΩ	OK
Fase R- T	2.16 GΩ	2.12 GΩ	OK
Tierra	2.18 GΩ	2.44 GΩ	OK

5. 3 Medición de Tierra

	Carga 1	Resultado
Resistencia a Tierra	No tiene tierra la carga, el tanque tiene tierra de 9,35 Ohmios.	No cumple

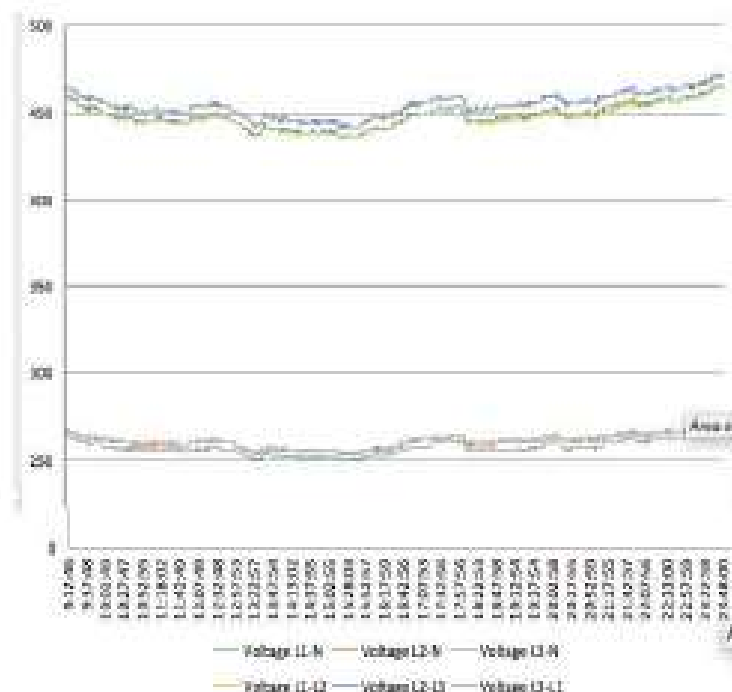
	Carga 2	Resultado
Resistencia a Tierra	18 ohmios.	No cumple

6.- Conclusiones y Recomendaciones

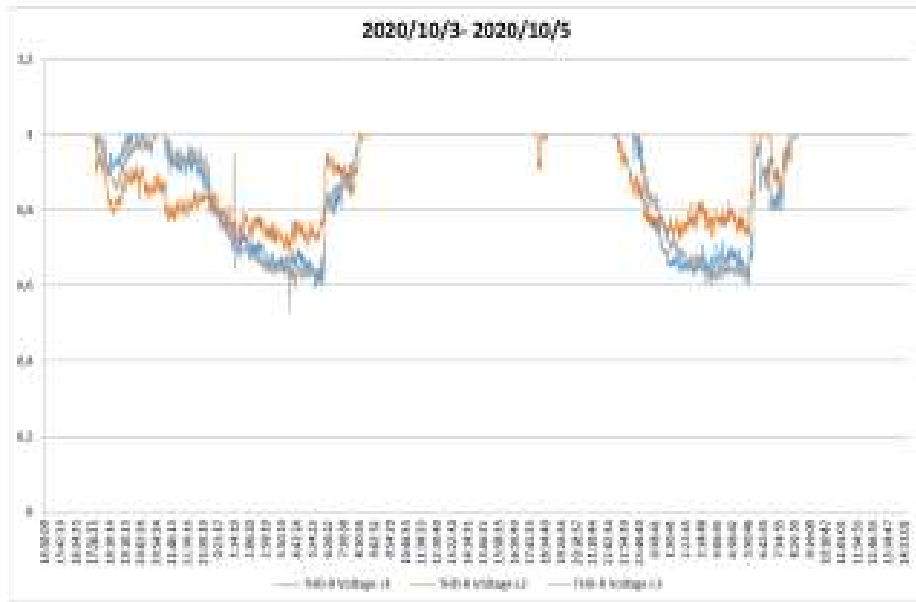
Con respecto al Sistema de Tierra se recomienda mejorar el sistema de tierra tanto en el Tanque de Nitrógeno como en el Túnel de Congelamiento. En el caso del Panel eléctrico ubicado en el Tanque de Nitrógeno se recomienda instalar un cable de tierra desde la toma eléctrica trifásica hasta la malla de tierra del tanque mismo, esta toma que sirve para conectar a la motobomba del Semitrailer en los llenados de productos por lo que representa actualmente un alto riesgo tanto para los equipos como para el personal que opera el Semitrailer. También se recomienda mejorar la resistencia a tierra del tanqueya que está en un valor 9,35 Ohmios, sugerimos una resistencia menor o igual a 5 Ohmios. En el caso del Túnel de Congelamiento, se recomienda mejorar la resistencia de tierra ya que actualmente mide 18 Ohmios, sugerimos una resistencia menor o igual a 5 Ohmios.

Con respecto al aislamiento de los cables, se pudo comprobar la integndad de estos ya que pasaron las mediciones de aislamiento tanto en las instalaciones del Tanque como en las del Túnel.

Con respecto a los parámetros eléctricos se puede concluir que los voltajes de operación del Tanque y del Túnel están fuera de los rangos de operación de la motobomba y del túnel respectivamente, se recomienda revisar los niveles de voltajes de la alimentación principal, realizando cambios en los taps o derivaciones de los transformadores.



Se observa presencia de Distorsión por Armónicos tanto de voltaje como de corriente por que se recomienda la instalación de un supresor de dichos armónicos, los parámetros para la selección del supresor



ANEXO D

ANÁLISIS DE VALOR DE COMPONENTES INDIVIDUALES DE TÚNELES

Tabla de valor de mecanismo de elevación de túneles Criogenia previo implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Motor principal	Control de apaertura y cierre de túnel	Mantenimiento	\$ 479,40	3,00	2,00	\$ 2.876,40	Alto
Cajas de lubricación	Cajas donde se realiza la lubricación con grasa para la transmisión de giro del motor	Reemplazo	\$ 23,00	9,00	1,00	\$ 207,00	Medio
Manguito de acoplamiento a sistema cardán	Manguito para acoplar el motor y el sistema de cardán para elevación de túnel	Reemplazo	\$ 185,00	3,00	1,00	\$ 555,00	Medio
Sistema Cardán	Sistema de cuerpos de cardanes que conectan el motor y las patas para la elevación del túnel	Mantenimiento	\$ 250,00	3,00	1,00	\$ 750,00	Medio
Patas de elevación	Patas que se encuentran conectadas a la caja superior del túnel y permite el cierre y la apertura del equipo	Mantenimiento	\$ 250,00	12,00	0,50	\$ 1.500,00	Alto
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 5.888,40	Alto

Tabla de valor de mecanismo de elevación de túneles Criogenia posterior implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Motor principal	Control de apaertura y cierre de túnel	Mantenimiento	\$ 260,00	3,00	1,00	\$ 780,00	Medio
Cajas de lubricación	Cajas donde se realiza la lubricación con grasa para la transmisión de giro del motor	Reemplazo	\$ 23,00	9,00	1,00	\$ 207,00	Medio
Manguito de acoplamiento a sistema cardán	Manguito para acoplar el motor y el sistema de cardán para elevación de túnel	Reemplazo	\$ 23,36	3,00	1,00	\$ 70,08	Bajo
Sistema Cardán	Sistema de cuerpos de cardanes que conectan el motor y las patas para la elevación del túnel	Mantenimiento	\$ 97,67	3,00	1,00	\$ 293,01	Medio
Patas de elevación	Patas que se encuentran conectadas a la caja superior del túnel y permite el cierre y la apertura del equipo	Mantenimiento	\$ 129,45	12,00	0,50	\$ 776,70	Medio
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 2.126,79	Medio

Se espera un recorte de costos de USD \$3.761,61.

Tabla de valor de mecanismo de movimiento de banda de túneles Criogenia previo implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Motor principal	Control de giro de la banda transportadora	Mantenimiento	\$ 479,40	3,00	2,00	\$ 2.876,40	Alto
Motor para ventilación	Ventilación de motor principal	Mantenimiento	\$ 259,70	3,00	1,00	\$ 779,10	Medio
Guarda plástica de motores	Protección externa de plástico de ambos motores	Reemplazo	\$ 700,00	3,00	-	\$ -	Bajo
Banda transportadora	Banda transportadora de eslabones de acero inoxidable con aletas laterales para no permitir caída de producto	Reemplazo	\$ 1.061,37	1,20	1,00	\$ 1.273,64	Alto
Colgadores de banda	Colgadores en acero inoxidable que sirven para colgar el túnel cuando se encuentra en posición abierto	Reemplazo	\$ 47,20	18,00	0,20	\$ 169,92	Medio
Engranajes tipo rueda dentada	Engranajes que enganchan en la banda y permiten el traslado de la misma	Reemplazo	\$ 120,00	3,00	-	\$ -	Bajo
Manguito de acoplamiento barra transversal	Manguito para acoplar el motor y la barra transversal para transmitir el movimiento en los extremos de la barra	Reemplazo	\$ 125,00	3,00	1,00	\$ 375,00	Medio
Barra transversal	Barra de acero inoxidable que atraviesa transversalmente la banda transportadora en el extremo de salida	Rectificación	\$ 1.200,00	3,00	-	\$ -	Bajo

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Sistema de templado	Sistema de temple de banda de tornillo en acero inoxidable en extremo de túneles	Reemplazo	\$ 120,00	6,00	-	\$ -	Bajo
Barras deslizantes	Barras de plástico que se ubican entre la banda superior e inferior para dar soporte	Reemplazo	\$ 65,30	120,00	0,01	\$ 78,36	Bajo
Cojinetes de plástico	Cojinetes de desgaste a lo largo de la barra transversal para evitar el desgaste de por fricción entre barra y banda	Reemplazo	\$ 76,50	12,00	6,00	\$ 5.508,00	Alto
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 11.060,42	Alto

Tabla de valor de mecanismo de movimiento de banda de túneles Criogenia posterior implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Motor principal	Control de giro de la banda transportadora	Mantenimiento	\$ 240,00	3,00	1,00	\$ 720,00	Medio
Motor para ventilación	Ventilación de motor principal	Mantenimiento	\$ 140,00	3,00	1,00	\$ 420,00	Medio
Guarda plástica de motores	Protección externa de plástico de ambos motores	Reemplazo	\$ 700,00	3,00	-	\$ -	Bajo
Banda transportadora	Banda transportadora de eslabones de acero inoxidable con aletas laterales para no permitir caída de producto	Reemplazo	\$ 1.061,37	1,20	1,00	\$ 1.273,64	Alto
Colgadores de banda	Colgadores en acero inoxidable que sirven para colgar el túnel cuando se encuentra en posición abierto	Reemplazo	\$ 47,20	18,00	0,20	\$ 169,92	Medio
Engranajes tipo rueda dentada	Engranajes que enganchan en la banda y permiten el traslado de la misma	Reemplazo	\$ 120,00	3,00	-	\$ -	Bajo
Manguito de acoplamiento barra transversal	Manguito para acoplar el motor y la barra transversal para transmitir el movimiento en los extremos de la barra	Reemplazo	\$ 17,52	3,00	1,00	\$ 52,56	Bajo
Barra transversal	Barra de acero inoxidable que atraviesa transversalmente la banda transportadora en el extremo de salida	Rectificación	\$ 1.200,00	3,00	-	\$ -	Bajo

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Sistema de templado	Sistema de temple de banda de tornillo en acero inoxidable en extremo de túneles	Reemplazo	\$ 120,00	6,00	-	\$ -	Bajo
Barras deslizantes	Barras de plástico que se ubican entre la banda superior e inferior para dar soporte	Reemplazo	\$ 65,30	120,00	0,01	\$ 78,36	Bajo
Cojinetes de plástico	Cojinetes de desgaste a lo largo de la barra transversal para evitar el desgaste de por fricción entre barra y banda	Reemplazo	\$ 42,77	12,00	4,00	\$ 2.052,96	Alto
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 4.767,44	Alto

Se espera un recorte de costos de USD \$6.292,98.

Tabla de valor de mecanismo de generación de olas de túneles Criogenia previo implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Motor principal	Control de giro generación de ondas	Mantenimiento	\$ 479,40	6,00	2,00	\$ 5.752,80	Alto
Guarda plástica de motores	Protección externa de plástico de ambos motores	Reemplazo	\$ 700,00	6,00	-	\$ -	Bajo
Manguito de acoplamiento barra transversal	Manguito para acoplar el motor y la barra transversal para transmitir el movimiento en ambos ejes laterales	Reemplazo	\$ 135,00	6,00	1,00	\$ 810,00	Medio
Puentes de elevación	Puentes de plástico que se ubican del lado de la banda y en conjunto con los pines que rotan producen las olas	Reemplazo	\$ 90,17	60,00	0,10	\$ 541,02	Medio
Vincha de sujeción de puentes	Vinchas en acero inoxidable que se colocan en la estructura del túnel y sirven de guía en la elevación de las olas	Reemplazo	\$ 22,50	60,00	0,25	\$ 337,50	Medio
Piñones helicoidales	Piñón para acoplar la barra transversal y las barras laterales	Reemplazo	\$ 88,64	12,00	12,00	\$ 12.764,16	Alto
Cojinetes de plástico	Cojinetes de desgaste a lo largo de la barra transversal para evitar el desgaste de por fricción entre barra y banda	Reemplazo	\$ 76,50	60,00	6,00	\$ 27.540,00	Alto
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 47.745,48	Alto

Tabla de valor de mecanismo de generación de olas de túneles Criogenia posterior implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Motor principal	Control de giro generación de ondas	Mantenimiento	\$ 240,00	6,00	1,00	\$ 1.440,00	Alto
Guarda plástica de motores	Protección externa de plástico de ambos motores	Reemplazo	\$ 700,00	6,00	-	\$ -	Bajo
Manguito de acoplamiento barra transversal	Manguito para acoplar el motor y la barra transversal para transmitir el movimiento en ambos ejes laterales	Reemplazo	\$ 17,52	6,00	1,00	\$ 105,12	Bajo
Puentes de elevación	Puentes de plástico que se ubican del lado de la banda y en conjunto con los pines que rotan producen las olas	Reemplazo	\$ 90,17	60,00	0,10	\$ 541,02	Medio
Vincha de sujeción de puentes	Vinchas en acero inoxidable que se colocan en la estructura del túnel y sirven de guía en la elevación de las olas	Reemplazo	\$ 22,50	60,00	0,25	\$ 337,50	Medio
Piñones helicoidales	Piñón para acoplar la barra transversal y las barras laterales	Reemplazo	\$ 120,00	12,00	4,00	\$ 5.760,00	Alto
Cojinetes de plástico	Cojinetes de desgaste a lo largo de la barra transversal para evitar el desgaste de por fricción entre barra y banda	Reemplazo	\$ 42,77	60,00	4,00	\$ 10.264,80	Alto
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 18.448,44	Alto

Se espera un recorte de costos de USD \$29.297,04.

Tabla de valor de mecanismo de ventilación interna de túneles Criogenia previo implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Motor principal	Motores para control de velocidad de ventiladores, incluye eje hasta cámara interna del túnel	Mantenimiento	\$ 380,00	36,00	2,00	\$ 27.360,00	Alto
Aspas de ventiladores	Aspas en acero inoxidable que generan el movimiento del gas dentro de la cámara del túnel	Reemplazo	\$ 36,00	36,00	-	\$ -	Bajo
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 27.360,00	Alto

Tabla de valor de mecanismo de ventilación interna de túneles Criogenia posterior implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Motor principal	Motores para control de velocidad de ventiladores, incluye eje hasta cámara interna del túnel	Mantenimiento	\$ 140,00	36,00	1,00	\$ 5.040,00	Alto
Aspas de ventiladores	Aspas en acero inoxidable que generan el movimiento del gas dentro de la cámara del túnel	Reemplazo	\$ 36,00	36,00	-	\$ -	Bajo
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 5.040,00	Alto

Se espera un recorte de costos de USD \$22.320,00.

Tabla de valor de mecanismo de extracción GAN de túneles Criogenia previo implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Motor principal	Motores para control de velocidad de extractores de GAN fuera de galpón de producción	Mantenimiento	\$ 259,70	6,00	2,00	\$ 3.116,40	Alto
Turbina	Conjunto de turbina que permite la extracción de GAN	Mantenimiento	\$ 235,00	6,00	1,00	\$ 1.410,00	Alto
Tubería de extracción	Tubería en acero inoxidable que conecta la salida del túnel criogénico y el extractor para transportar el GAN	Reemplazo	\$ 160,00	6,00	0,25	\$ 240,00	Medio
Cortinas de plástico	Cortinas de plástico que se instalan a la entrada y salida de túnel criogénico para encerrar el GAN dentro de la cámara del túnel	Reemplazo	\$ 450,00	6,00	1,00	\$ 2.700,00	Alto
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 7.466,40	Alto

Tabla de valor de mecanismo de extracción GAN de túneles Criogenia posterior implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Motor principal	Motores para control de velocidad de extractores de GAN fuera de galpón de producción	Mantenimiento	\$ 140,00	6,00	1,00	\$ 840,00	Medio
Turbina	Conjunto de turbina que permite la extracción de GAN	Mantenimiento	\$ 125,00	6,00	1,00	\$ 750,00	Medio
Tubería de extracción	Tubería en acero inoxidable que conecta la salida del túnel criogénico y el extractor para transportar el GAN	Reemplazo	\$ 160,00	6,00	0,25	\$ 240,00	Medio
Cortinas de plástico	Cortinas de plástico que se instalan a la entrada y salida de túnel criogénico para encerrar el GAN dentro de la cámara del túnel	Reemplazo	\$ 366,60	6,00	1,00	\$ 2.199,60	Alto
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 4.029,60	Alto

Se espera un recorte de costos de USD \$3.436,80.

Tabla de valor de mecanismo de panel principal de túneles Criogenia previo implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Módulo PLC (Durán 1)	PLC de control sólo para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 4.301,00	1,00	-	\$ -	Bajo
Módulo PLC (Durán 2 y 3)	PLC de control para los otros túneles	Reemplazo	\$ 3.228,50	2,00	-	\$ -	Bajo
Módulo DI 16 (Durán 1)	Módulo de entradas digitales para otros los túneles	Reemplazo	\$ 285,02	1,00	-	\$ -	Bajo
Módulo DI 32 (Durán 1)	Módulo de entradas digitales para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 596,76	1,00	1,00	\$ 596,76	Medio
Módulo DO 16 (Durán 1)	Módulo de salidas digitales para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 472,58	1,00	1,00	\$ 472,58	Medio
Módulo AI (todos túneles)	Módulo de entradas análogas para otros los túneles	Reemplazo	\$ 945,55	3,00	0,33	\$ 936,09	Alto
Módulo AO (Durán 1)	Módulo de salidas análogas para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 973,60	1,00	-	\$ -	Bajo
Relé de protección (Durán 1)	Relé de protección electrónica para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 491,41	1,00	-	\$ -	Bajo
Relé de protección (Durán 2 y 3)	Relé de protección electrónica para otros túneles	Reemplazo	\$ 545,59	2,00	-	\$ -	Bajo
Variador banda (Durán 1)	Variador de frecuencia de banda para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 1.182,57	1,00	1,00	\$ 1.182,57	Alto
Variador olas (Durán 1)	Variador de frecuencia de olas para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 1.445,48	1,00	1,00	\$ 1.445,48	Alto
Variador extracción (Durán 1)	Variador de frecuencia de extracción para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 1.259,32	2,00	1,00	\$ 2.518,64	Alto
Variador ventiladores (Durán 1)	Variador de frecuencia de ventiladores para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 1.592,36	1,00	1,00	\$ 1.592,36	Alto

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Tarjetas de comunicación (Durán 1)	Tarjetas de comunicación para cada variador con conexión profibus para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 405,90	5,00	1,00	\$ 2.029,50	Alto
Variador banda (Durán 2 y 3)	Variador de frecuencia de banda para otros túneles	Reemplazo	\$ 559,13	2,00	-	\$ -	Bajo
Variador olas (Durán 2 y 3)	Variador de frecuencia de olas para otros túneles	Reemplazo	\$ 786,72	2,00	0,50	\$ 786,72	Medio
Variador extracción (Durán 2 y 3)	Variador de frecuencia de extracción para otros túneles	Reemplazo	\$ 877,23	4,00	0,25	\$ 877,23	Alto
Variador ventiladores (Durán 2 y 3)	Variador de frecuencia de ventiladores para otros túneles	Reemplazo	\$ 1.059,04	2,00	0,25	\$ 529,52	Medio
Tarjetas de comunicación (Durán 2 y 3)	Tarjetas de comunicación para cada variador con conexión profibus para otros túneles	Reemplazo	\$ 201,73	10,00	0,10	\$ 201,73	Medio
Breaker principal (todos túneles)	Breaker principal de tablero	Reemplazo	\$ 619,09	3,00	-	\$ -	Bajo
Botonera principal (todos túneles)	Switch externo para encendido y apagado de túneles	Reemplazo	\$ 534,88	3,00	1,00	\$ 1.604,64	Alto
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 14.773,82	Alto

Tabla de valor de mecanismo de panel principal de túneles Criogenia posterior implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Módulo PLC (Durán 1)	PLC de control sólo para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 4.301,00	1,00	-	\$ -	Bajo
Módulo PLC (Durán 2 y 3)	PLC de control para los otros túneles	Reemplazo	\$ 3.228,50	2,00	-	\$ -	Bajo
Módulo DI 16 (Durán 1)	Módulo de entradas digitales para otros los túneles	Reemplazo	\$ 285,02	1,00	-	\$ -	Bajo
Módulo DI 32 (Durán 1)	Módulo de entradas digitales para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 596,76	1,00	1,00	\$ 596,76	Medio
Módulo DO 16 (Durán 1)	Módulo de salidas digitales para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 472,58	1,00	-	\$ -	Bajo
Módulo AI (todos túneles)	Módulo de entradas análogas para otros los túneles	Reemplazo	\$ 945,55	3,00	0,33	\$ 936,09	Alto
Módulo AO (Durán 1)	Módulo de salidas análogas para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 973,60	1,00	-	\$ -	Bajo
Relé de protección (Durán 1)	Relé de protección electrónica para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 491,41	1,00	-	\$ -	Bajo
Relé de protección (Durán 2 y 3)	Relé de protección electrónica para otros túneles	Reemplazo	\$ 545,59	2,00	-	\$ -	Bajo
Variador banda (Durán 1)	Variador de frecuencia de banda para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 1.182,57	1,00	1,00	\$ 1.182,57	Alto
Variador olas (Durán 1)	Variador de frecuencia de olas para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 1.445,48	1,00	0,50	\$ 722,74	Medio
Variador extracción (Durán 1)	Variador de frecuencia de extracción para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 1.259,32	2,00	0,50	\$ 1.259,32	Alto
Variador ventiladores (Durán 1)	Variador de frecuencia de ventiladores para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 1.592,36	1,00	0,50	\$ 796,18	Medio

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Tarjetas de comunicación (Durán 1)	Tarjetas de comunicación para cada variador con conexión profibus para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 405,90	5,00	0,20	\$ 405,90	Medio
Variador banda (Durán 2 y 3)	Variador de frecuencia de banda para otros túneles	Reemplazo	\$ 559,13	2,00	-	\$ -	Bajo
Variador olas (Durán 2 y 3)	Variador de frecuencia de olas para otros túneles	Reemplazo	\$ 786,72	2,00	0,50	\$ 786,72	Medio
Variador extracción (Durán 2 y 3)	Variador de frecuencia de extracción para otros túneles	Reemplazo	\$ 877,23	4,00	0,25	\$ 877,23	Alto
Variador ventiladores (Durán 2 y 3)	Variador de frecuencia de ventiladores para otros túneles	Reemplazo	\$ 1.059,04	2,00	0,25	\$ 529,52	Medio
Tarjetas de comunicación (Durán 2 y 3)	Tarjetas de comunicación para cada variador con conexión profibus para otros túneles	Reemplazo	\$ 201,73	10,00	0,10	\$ 201,73	Medio
Breaker principal (todos túneles)	Breaker principal de tablero	Reemplazo	\$ 619,09	3,00	-	\$ -	Bajo
Botonera principal (todos túneles)	Switch externo para encendido y apagado de túneles	Reemplazo	\$ 534,88	3,00	1,00	\$ 1.604,64	Alto
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 9.899,40	Alto

Se espera un recorte de costos de USD \$4.874,42.

Tabla de valor de mecanismo de panel módulo extensión de túneles Criogenia previo implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Módulo PLC 2 (Durán 1)	PLC de control sólo para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 1.001,04	1,00	-	\$ -	Bajo
Módulo PLC 2 (Durán 2 y 3)	PLC de control para los otros túneles	Reemplazo	\$ 782,82	2,00	-	\$ -	Bajo
Variador olas (Durán 1)	Variador de frecuencia de olas para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 1.445,48	1,00	1,00	\$ 1.445,48	Alto
Variador ventiladores (Durán 1)	Variador de frecuencia de ventiladores para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 1.592,36	1,00	1,00	\$ 1.592,36	Alto
Tarjetas de comunicación (Durán 1)	Tarjetas de comunicación para cada variador con conexión profibus para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 405,90	2,00	1,00	\$ 811,80	Medio
Variador olas (Durán 2 y 3)	Variador de frecuencia de olas para otros túneles	Reemplazo	\$ 786,72	2,00	1,00	\$ 1.573,44	Alto
Variador ventiladores (Durán 2 y 3)	Variador de frecuencia de ventiladores para otros túneles	Reemplazo	\$ 1.059,04	2,00	-	\$ -	Bajo
Tarjetas de comunicación (Durán 2 y 3)	Tarjetas de comunicación para cada variador con conexión profibus para otros túneles	Reemplazo	\$ 201,73	4,00	-	\$ -	Bajo
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 5.423,08	Alto

Tabla de valor de mecanismo de panel módulo extensión de túneles Criogenia posterior implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Módulo PLC 2 (Durán 1)	PLC de control sólo para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 1.001,04	1,00	-	\$ -	Bajo
Módulo PLC 2 (Durán 2 y 3)	PLC de control para los otros túneles	Reemplazo	\$ 782,82	2,00	-	\$ -	Bajo
Variador olas (Durán 1)	Variador de frecuencia de olas para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 1.445,48	1,00	0,50	\$ 722,74	Medio
Variador ventiladores (Durán 1)	Variador de frecuencia de ventiladores para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 1.592,36	1,00	0,50	\$ 796,18	Medio
Tarjetas de comunicación (Durán 1)	Tarjetas de comunicación para cada variador con conexión profibus para túnel Durán 1	Reemplazo	\$ 405,90	2,00	0,50	\$ 405,90	Medio
Variador olas (Durán 2 y 3)	Variador de frecuencia de olas para otros túneles	Reemplazo	\$ 786,72	2,00	0,50	\$ 786,72	Medio
Variador ventiladores (Durán 2 y 3)	Variador de frecuencia de ventiladores para otros túneles	Reemplazo	\$ 1.059,04	2,00	-	\$ -	Bajo
Tarjetas de comunicación (Durán 2 y 3)	Tarjetas de comunicación para cada variador con conexión profibus para otros túneles	Reemplazo	\$ 201,73	4,00	0,25	\$ 201,73	Medio
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 2.913,27	Alto

Se espera un recorte de costos de USD \$2.509,81.

Tabla de valor de mecanismo de control LIN y GAN de túneles Criogenia previo implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Válvula masoneilan LIN	Válvula proporcional que controla la apertura de LIN al túnel	Mantenimiento	\$ 350,00	3,00	1,00	\$ 1.050,00	Alto
Válvula bola de LIN	Válvula de seguridad ON/OFF para paso de LIN	Mantenimiento	\$ 235,00	3,00	1,00	\$ 705,00	Medio
Válvulas solenoides GAN	Válvulas de paso de GAN que abren en condiciones normales de los túneles	Reemplazo	\$ 75,00	9,00	0,20	\$ 135,00	Medio
Boquillas aspersoras	Boquillas de salida de LIN dentro de cámara de túnel	Mantenimiento	\$ 2,50	48,00	1,00	\$ 120,00	Medio
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 2.010,00	Medio

Tabla de valor de mecanismo de control LIN y GAN de túneles Criogenia posterior implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Válvula masoneilan LIN	Válvula proporcional que controla la apertura de LIN al túnel	Mantenimiento	\$ 109,10	3,00	1,00	\$ 327,30	Medio
Válvula bola de LIN	Válvula de seguridad ON/OFF para paso de LIN	Mantenimiento	\$ 109,10	3,00	1,00	\$ 327,30	Medio
Válvulas solenoides GAN	Válvulas de paso de GAN que abren en condiciones normales de los túneles	Reemplazo	\$ 75,00	9,00	0,20	\$ 135,00	Medio
Boquillas aspersoras	Boquillas de salida de LIN dentro de cámara de túnel	Mantenimiento	\$ 1,50	48,00	1,00	\$ 72,00	Bajo
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 861,60	Bajo

Se espera un recorte de costos de USD \$1.148,40.

Tabla de valor de sensores y transductores de túneles Criogenia previo implementación de TPM

Componente	Función	Acción en Servicio	Costo Unitario	Cantidad por Equipo	Frecuencia (# veces al año)	Costo Anual	Valor
Sensor Temperatura	Sensores de temperatura de cámara de túnel	Reemplazo	\$ 461,83	6,00	-	\$ -	Bajo
Sensor de Posición	Sensores inductivos montado en pata para indicar estado abierto o cerrado	Reemplazo	\$ 132,91	6,00	0,50	\$ 398,73	Medio
Sensor de cierre	Sensor inductivo para indicar que el túnel está cerrado	Reemplazo	\$ 202,93	3,00	-	\$ -	Bajo
Sensor de Puertas laterales	Sensor magnético para indicar si puertas de nieve están abiertas	Reemplazo	\$ 105,09	6,00	0,33	\$ 208,08	Medio
Sensor de concentración de Oxígeno en el ambiente	Sensor que indica si la proporción de oxígeno en el área de producción es la aceptable	Reemplazo	\$ 1.344,33	3,00	-	\$ -	Bajo
Paradas de emergencia	Botones de paradas de emergencia ubicadas en los costados del túnel	Reemplazo	\$ 110,00	14,00	2,00	\$ 3.080,00	Alto
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA						\$ 3.686,81	Alto