



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**AUMENTO DE LA EFICIENCIA EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN POR MEDIO DE LA
SUSTITUCIÓN DE TORRES DE ENFRIAMIENTO POR EQUIPOS OFC (SISTEMA ÓPTIMO
DE ENFRIAMIENTO), EN LA EMPRESA POLYTEC S.A.**

Lessli Mariana Hernández Pinto

Asesorado por el Ing. Hugo Leonel Alvarado de León

Guatemala, enero de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**AUMENTO DE LA EFICIENCIA EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN POR MEDIO DE LA
SUSTITUCIÓN DE TORRES DE ENFRIAMIENTO POR EQUIPOS OFC (SISTEMA ÓPTIMO
DE ENFRIAMIENTO), EN LA EMPRESA POLYTEC S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LESSLI MARIANA HERNANDEZ PINTO

ASESORADO POR EL ING. HUGO LEONEL ALVARADO DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobar Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguillar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Ismael Homero Jerez González
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocoj Barrientos
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

AUMENTO DE LA EFICIENCIA EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN POR MEDIO DE LA SUSTITUCIÓN DE TORRES DE ENFRIAMIENTO POR EQUIPOS OFC (SISTEMA ÓPTIMO DE ENFRIAMIENTO), EN LA EMPRESA POLYTEC S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 15 de febrero 2017



Lessli Mariana Hernandez Pinto

Guatemala, Agosto de 2018

Ingeniero

Juan José Peralta Dardón

DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería, Usac

Ingeniero Peralta

Por medio de la presente hago de su conocimiento que como Asesor de la estudiante Universitaria, Lessli Mariana Hernandez Pinto, con número de carné universitario 201114305, he tenido a la vista el trabajo de graduación **“AUMENTO DE LA EFICIENCIA EN EL AREA DE EXTRUSIÓN POR MEDIO DE LA SUSTITUCIÓN DE TORRES DE ENFRIAMIENTO POR EQUIPO OFC (sistema óptimo de enfriamiento) EN LA EMPRESA POLYTEC S.A”** el cual he revisado y aprobado.

En tal virtud, LO DOY POR APROBADO para darle el siguiente trámite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo


Ing. Hugo Leonel Alvarado de León

Colegiado No.5334

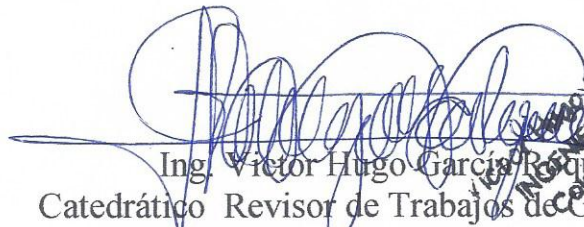
Hugo Leonel Alvarado de León
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 5334



REF.REV.EMI.139.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **AUMENTO DE LA EFICIENCIA EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN POR MEDIO DE LA SUSTITUCIÓN DE TORRES DE ENFRIAMIENTO POR EQUIPOS OFC (SISTEMA ÓPTIMO DE ENFRIAMIENTO), EN LA EMPRESA POLYTEC S.A.**, presentado por la estudiante universitaria **Lessli Mariana Hernández Pinto**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

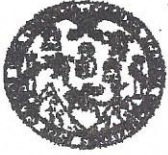
“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Victor Hugo Garcia Roque
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

INGENIERO INDUSTRIAL
Colegiado No. 5133

Guatemala, septiembre de 2018.

/mgp



REF.DIR.EMI.002.019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **AUMENTO DE LA EFICIENCIA EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN POR MEDIO DE LA SUSTITUCIÓN DE TORRES DE ENFRIAMIENTO POR EQUIPOS OFC (SISTEMA ÓPTIMO DE ENFRIAMIENTO)**, EN LA EMPRESA POLYTEC S.A., presentado por la estudiante universitaria **Lessli Mariana Hernández Pinto**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2019.

/mgp



DTG. 021.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **AUMENTO DE LA EFICIENCIA EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN POR MEDIO DE LA SUSTITUCIÓN DE TORRES DE ENFRIAMIENTO POR EQUIPOS OFC (SISTEMA ÓPTIMO DE ENFRIAMIENTO), EN LA EMPRESA POLYTEC S. A.**, presentado por la estudiante universitaria: **Lessli Mariana Hernández Pinto**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, enero de 2019

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme sabiduría y guiar mis pasos.
Universo	Por conspirar a mi favor.
Mis hermanas	Greysi y Gilma Hernández por ser un ejemplo para mi vida.
Mis primos	Carlos, Sergio y Brenda Laínez por quererme de manera incondicional.
Bertita Morales	Por ser luz en mi vida y hacer de mí la persona que soy.
Amiga	Delmi Lourdes López por compartir su infancia a mi lado y ser mi amiga incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme sabiduría, guiar mis pasos y poner a las personas correctas en mi camino.
Universo	Por conspirar a mi favor.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrir sus puertas y hacer de mí una profesional.
Familia	Carlos y Sergio Laínez por cuidarme, guiarme y estar en los momentos más difíciles de mi vida.
Bertita Morales	Por ser una madre, protegerme, cuidarme, guiarme, educarme y hacer de mí la persona que soy

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. La empresa.....	1
1.1.1. Historia.....	1
1.1.2. Ubicación.....	2
1.1.3. Misión	3
1.1.4. Visión.....	3
1.1.5. Políticas	3
1.1.6. Valores	4
1.2. Tipo de organización	4
1.2.1. Organigrama general de la empresa	4
1.2.2. Organigrama general de la planta de producción	6
1.2.2.1. Cantidad de personal.....	7
1.3. Eficiencia	8
1.3.1. Definición.....	8
1.3.2. Tipos de eficiencia	8
1.3.2.1. Eficiencia técnica	9
1.3.2.2. Eficiencia económica	10
1.3.2.3. Eficiencia dinámica	11

1.4.	Materias primas	11
1.5.	Proveedores	12
1.5.1.	Nacionales.....	13
1.5.2.	Internacionales	13
1.6.	Torres de enfriamiento	14
1.6.1.	Definición.....	14
1.6.2.	Características	14
1.6.3.	Tipos de torres de enfriamiento.....	15
1.6.3.1.	Torres de circulación natural	15
1.6.3.1.1.	Torres atmosféricas.....	16
1.6.3.1.2.	Torres de tiro natural	16
1.6.3.2.	Torres de tiro mecánico.....	18
1.6.3.2.1.	Torres de tiro inducido...	19
1.6.3.2.2.	Torres de tiro forzado	21
1.7.	Sistema de distribución y venta	22
2.	SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA POLYTEC S.A.	23
2.1.	Área de extrusión	23
2.2.	Descripción de los procesos productivos de la empresa.....	26
2.2.1.	Proceso de extrusión.....	26
2.2.2.	Análisis de personal	27
2.2.3.	Jornadas de trabajo.....	29
2.3.	Maquinaria y equipo	30
2.3.1.	Especificaciones técnicas.....	30
2.3.2.	Funcionamiento.....	31
2.4.	Tipo de maquinaria.....	34
2.4.1.	Extrusoras para plástico	35
2.4.2.	Coextrusoras de 3 capas.....	35
2.4.3.	Torres de enfriamiento	36

2.5.	Diagrama de operaciones.....	37
2.6.	Diagrama de flujo.....	38
2.7.	Diagrama de recorrido	40
2.8.	Distribuciones de planta	41
2.8.1.	Distribución de acuerdo al proceso.....	42
2.8.2.	Distribución de acuerdo al producto	42
2.9.	Descripción del producto actual.....	42
2.9.1.	Materia prima	43
2.9.1.1.	Polietileno (PE)	43
2.9.1.2.	Polipropileno	43
2.9.1.3.	Agente de deslizamiento.....	43
2.9.1.4.	Antibloqueo.....	44
2.9.1.5.	Antioxidante	44
2.10.	Diagnstico general del área de extrusión.....	44
2.10.1.	Defectos en el proceso de extrusión.....	45
2.11.	Accidentes laborales.....	46
2.12.	Análisis de desempeño.....	46
2.12.1.	Estándares técnicos	47
2.12.2.	Factores que afectan la producción.....	48
2.13.	Condiciones ambientales de la empresa	49
2.13.1.	Ambiente de trabajo mediante el método de causa y efecto.....	49
2.14.	Situación sobre la seguridad e higiene industrial.....	50
2.14.1.	Análisis de la seguridad e higiene industrial mediante el método causa y efecto	51
2.15.	Condiciones inseguras	52
2.15.1.	Actos inseguros	53
2.15.1.1.	Señalización Industrial.....	54
2.15.1.2.	Salida de emergencia	54

2.15.1.3.	Áreas del proceso que presentan mayor riesgo.....	55
3.	PROPUESTA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA.....	57
3.1.	Inventario de la maquinaria en el área de extrusión.....	57
3.1.1.	Codificación de la maquinaria	57
3.2.	Equipo de enfriamiento OFC (OptiChill Free Cooling).....	58
3.2.1.	Descripción del equipo OFC.....	59
3.2.2.	Principios de funcionamiento.....	59
3.2.3.	Rendimiento de equipo.....	61
3.3.	Determinación del tipo de mantenimiento a aplicar en la maquinaria.....	62
3.3.1.	Mantenimiento preventivo	63
3.3.1.1.	Importancia del mantenimiento preventivo.....	63
3.3.1.2.	Ventajas del mantenimiento preventivo.....	64
3.4.	Otros tipos de mantenimiento aplicados en la industria	64
3.4.1.	Mantenimiento correctivo	64
3.4.2.	Mantenimiento condicional o predictivo.....	65
3.5.	Personal encargado de operar la maquinaria.....	65
3.5.1.	Descripción de puestos	66
3.6.	Planeación de procesos	68
3.6.1.	Diagrama de operaciones	68
3.6.2.	Diagrama de flujo	68
3.6.3.	Diagrama de recorrido.....	70
3.6.4.	Distribución de la planta	71
3.7.	Recursos técnicos	72
3.7.1.	Recomendaciones del fabricante	72

3.7.2.	Recomendaciones de las otras máquinas similares.....	73
3.7.3.	Experiencia propia	74
3.7.4.	Documentación técnica	74
3.8.	Diagrama para el estudio de la eficiencia	76
3.8.1.	Diagrama causa y efecto	76
3.8.2.	Diagrama de Pareto.....	78
3.9.	Costos de operación.....	80
3.9.1.	Análisis financiero	80
3.9.2.	Valor presente neto	86
3.9.3.	Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE).....	87
3.9.4.	Tasa interna de retorno	88
3.9.5.	Evaluación de la propuesta.....	89
3.10.	Capacitación del personal	89
3.10.1.	Seminarios.....	91
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	93
4.1.	Plan de acción en el área de extrusión.....	93
4.1.1.	Implementación del plan en el área de extrusión....	97
4.1.2.	Entidades responsables	97
4.1.2.1.	Gerencia General.....	97
4.1.2.2.	Departamento de Producción	98
4.2.	Instalación del equipo OFC	98
4.3.	Adiestramiento y capacitaciones	106
4.3.1.	Reuniones de sensibilización.....	107
4.3.2.	Talleres.....	108
4.3.3.	Seminarios.....	110
4.3.4.	Capacitación constante	110
4.3.5.	Eficiencias mejoradas.....	111

4.4.	Definir encargados en ejecución de tareas	113
4.4.1.	Responsabilidad.....	113
4.4.2.	Autoridad a implementar	114
4.5.	Bitácora de actividades de maquinaria.....	115
4.5.1.	Planillas de control de horas maquinaria.....	116
4.5.2.	Registro de servicio de mantenimiento.....	117
4.6.	Evaluación del personal técnico encargado de la instalación del nuevo equipo	118
4.7.	Costos por la sustitución de torres de enfriamiento.....	118
4.7.1.	Mano de obra	118
4.7.2.	Insumos.....	119
4.7.3.	Repuestos	120
4.8.	Beneficios de la sustitución de torres de enfriamiento	123
4.9.	Control y monitoreo de los equipos OFC	123
4.10.	Verificación y cumplimiento de las tareas de mantenimiento	124
4.11.	Evaluación del proyecto de mantenimiento preventivo	124
4.12.	Compromiso y mejora continua.....	125
4.12.1.	Enfoque basado en el proceso.....	126
4.13.	Instalación del equipo OFC	127
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA	131
5.1.	Condiciones generales en el área de extrusión.....	131
5.2.	Resultados obtenidos para el aumento de la eficiencia	132
5.2.1.	Interpretación	134
5.2.2.	Aplicación.....	134
5.3.	Beneficios de mejoras en la sustitución de torres de enfriamiento.....	136
5.4.	Programa de salud y seguridad ocupacional.....	136
5.4.1.	Programas contra incendios.....	137

5.4.1.1.	Extintores.....	138
5.4.1.2.	Vías de evacuación.....	141
5.5.	Enfermedades profesionales	141
5.6.	Accidentes laborales.....	142
5.6.1.	Accidentes más frecuentes en la planta	142
5.7.	Equipo de protección personal	144
5.7.1.	Descripción del equipo a utilizar	144
5.7.2.	Equipo de protección personal utilizado en el área de extrusión	145
5.8.	Capacitación y motivación	146
5.8.1.	Capacitación a operadores y supervisores del área de extrusión	147
5.8.1.1.	Seminarios.....	147
5.8.2.	Motivación a operadores y supervisores del área de extrusión	148
5.8.2.1.	Talleres motivacionales	150
5.9.	Adiestramiento de los trabajadores	150
5.10.	Costos involucrados en el programa de salud y seguridad ocupacional	151
5.10.1.	Costos por accidentes y lesiones	151
5.11.	Ventajas y beneficios.....	152
5.12.	Acciones correctivas de capacitación	152
5.12.1.	Control del proceso.....	153
CONCLUSIONES		155
RECOMENDACIONES.....		157
BIBLIOGRAFÍA.....		159
ANEXOS		163

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación Polytec.....	2
2.	Organigrama general de la empresa	5
3.	Organigrama de producción	6
4.	Eficiencia técnica área de producción 2018	9
5.	Eficiencia económica.....	10
6.	Torre de enfriamiento circulación natural.....	15
7.	Torre de enfriamiento atmosférica.....	16
8.	Torre de tiro mecánico.....	17
9.	Torre de tiro natural	17
10.	Torre de tiro mecánico.....	18
11.	Torre de tiro inducido.....	20
12.	Torre tiro forzado	21
13.	Conformación por extrusión.....	27
14.	Fusión.....	33
15.	Proceso de enfriamiento.....	36
16.	Diagrama de proceso de extrusión	39
17.	Diagrama de recorrido proceso de extrusión.....	40
18.	Distribución de la planta industria Polytec	41
19.	Análisis de desempeño.....	47
20.	Diagrama de Ishikawa análisis de ambiente de trabajo.....	50
21.	Diagrama causas y efecto seguridad industrial	52
22.	Salida de emergencia planta	55
23.	Compresor tipo tornillo.....	60

24.	Doble circuito <i>free cooling</i>	61
25.	Diagrama de flujo proceso de extrusión	69
26.	Diagrama de recorrido proceso de extrusión	70
27.	Distribución de planta industria Polytec.....	71
28.	Diagrama causa efecto para el estudio de la eficiencia	78
29.	Diagrama de Pareto para el estudio de la eficiencia	79
30.	Ahorro mensual esperado por extrusora	84
31.	Área de instalación de chiller con <i>free cooling</i>	100
32.	Diseño de la instalación de chiller con <i>free cooling</i>	101
33.	Diseño preliminar	102
34.	Curvas de funcionamiento bomba KSB 40-200	103
35.	Curvas de funcionamiento bomba KSB 65-200	104
36.	Curvas de funcionamiento bomba KSB 50-250	105
37.	Bitácora de control de horas de máquina.....	116
38.	Costos de repuestos	121
39.	Costos de repuestos	122
40.	Diseño de la instalación de chiller con <i>free cooling</i>	128
41.	Diseño de la instalación de chiller con <i>free cooling</i>	129
42.	Formato de evaluación de instalaciones ante incendios	138
43.	Formato de inspección y registro de extintores.....	140
44.	Ficha de registro de accidentes	143

TABLAS

I.	Jefe de extrusión.....	28
II.	Resumen de riesgos que se presentan en producción	56
III.	Codificación de extrusoras	58
IV.	Descriptor de puesto técnico.....	67
V.	Diagrama de Pareto	79

VI.	Costos totales para la instalación del chiller	81
VII.	Tasa de interés bancaria actual.....	82
VIII.	Control de pagos de préstamo bancario.....	83
IX.	Flujo de caja de la instalación de chiller con <i>free cooling</i>	85
X.	Calculo de TREMA	86
XI.	Valor presente neto	87
XII.	Cálculo del CAUE	87
XIII.	Calculo de la TIR.....	88
XIV.	Mantenimiento de maquinaria y equipos de extrusión de materiales plásticos	90
XV.	Mantenimiento general de la extrusora	93
XVI.	Caudales según tamaño de chillers con <i>free cooling</i>	99
XVII.	Eficiencias mejoradas.....	111
XVIII.	Responsabilidad gerente general	113
XIX.	Responsabilidades gerente de producción.....	114
XX.	Bitácora de actividades de maquinaria.....	115
XXI.	Componentes necesarios para la instalación de chiller con <i>free cooling</i>	130
XXII.	Eficiencias mejoradas.....	133
XXIII.	Aumento de eficiencia por maquina	135
XXIV.	Tabla de detección de causas en acciones correctivas.....	153

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
m	Metro
mm	Milímetro
nm	Nanómetro

GLOSARIO

ABS	Terpolímero amorfo de acrilonitrilo-butadieno-estireno
Adhesivo	Cualquier material que se aplica a una o dos superficies para formar una unión entre ellas
Agente de expansión	Aditivo utilizado para generar gas al momento de la fusión del plástico, son fundamentales para la fabricación de espumas, telgopor entre otros.
Arrugas	Estado en el cual el sustrato presenta ondulaciones visibles en la impresión.
Bobina	Rollo de material continuo que es utilizado en los diferentes procesos
Boquilla de inyección	Pieza cilíndrica y hueca, generalmente presenta una extremidad externa en forma de esfera, por donde pasa el termoplástico al ser inyectado desde el cañón para dentro del molde.
Buje de inyección	Forma parte de un molde de inyección que está en contacto con la boquilla de inyección. El plástico fundido que llenará el molde sale de la boquilla de inyección y fluye a través de él.

Calandrado	Proceso de transformación de plásticos semejante a la laminación de metales. La resina en forma de masa o chapa espesas se forma mediante el paso de rodillos altamente pulidos, calentados y bajo gran presión. Es ideal para la producción de productos planos, tales como películas, toldos, cortinas, chapas para pisos, entre otros.
Cañón	Componente de la inyectora y extrusora. Se trata de un conducto por donde pasa el plástico que se va fundir y plastificar.
Cargas de refuerzo	Aditivos usados con el objetivo de aumentar la resistencia mecánica del plástico.
Cavidad	Espacio hueco en un molde donde se introduce el plástico fundido.
Deformación	Variación en la longitud que un cuerpo experimenta, si se delinea en una dirección por acción de una fuerza.
Dosis	Medición de las cantidades de los diversos componentes de la mezcla de plástico y sus respectivos aditivos (formulación).
Eficiencia	La eficiencia es hacer las cosas bien, en el menor tiempo posible, minimizando los recursos utilizados

Elastómero	Polímero que presenta alta elasticidad, es decir, presenta alta deformación bajo carga, retomando su forma original después de ser aliviada. A ejemplo de los termorrígidos, los elastómeros no se funden y no se disuelven totalmente en solventes.
Estabilizantes	Aditivos químicos que vuelven los plásticos resistentes a la acción nefasta de la radiación ultravioleta, radioactividad, calor, oxidación e intemperie.
Extrusión	Proceso de fabricación de un semimanufacturado continuo de plástico o elastómero. Este proceso ocurre en extrusoras, equipos y se constituye básicamente de un tubo que tiene un tornillo roscado. El plástico, en polvo o gránulos, se alimenta en la parte trasera del tubo, siendo conducido para la parte frontal del tubo por la rosca en rotación. Durante este recorrido, el plástico se calienta por acción de resistencias eléctricas y del roce con el tornillo. Al final del trayecto, el plástico deberá estar totalmente plastificado, siendo entonces comprimido contra una matriz que contendrá el dibujo del perfil que se aplicará al plástico. Al salir, el semimanufacturado se enfría y se bobina. Ideal para la fabricación de tubos, películas, placas, perfiles, entre otros.
Extrusora	Equipo semejante a un molidor de carne, utilizado en la extrusión de plásticos.

Fuerza de cierre	Fuerza ejercida por el conjunto cilindro de inyección/rosca sobre la pieza de plástico que se está solidificando dentro del molde de una inyectora, garantizando su alimentación con material adicional mientras ésta se contrae en función de la solidificación y enfriamiento.
Inyectora	Equipo utilizado en el proceso de inyección de los plásticos.
Matriz	Componente de la extrusora que confiere el formato final al semimanufacturado de plástico.
Módulo de Elasticidad	Relación constante entre tensión y deformación en la faja elástica de un material.
Molde	Forma hueca, bipartida, cuyo interior contiene la geometría de la pieza que se desea producir.
Montaje	Proceso de fijar las planchas sobre un cilindro en la posición adecuada para conservar el registro de colores
Patilla Eyectora	Patilla que tiene como objetivo desmoldar la pieza de plástico inyectada.
PC	Policarbonato.
PE	Polietileno.

PEAD	Polietileno de Alta Densidad.
PEBD	Polietileno de Baja Densidad.
PEBDL	Polietileno Baja Densidad Lineal.
Peso máximo de inyección	Peso máximo de plástico que puede inyectarse en solamente un ciclo en una inyectora. Normalmente se adopta el PS como estándar para expresar este parámetro, una vez que éste depende del plástico que se está procesando.
PET	Polietileno tereftalato.
Plástico	Una subdivisión de los polímeros. Se trata de una clase de material que presenta gran facilidad de asumir cualquier forma. Son generalmente sintéticos, presentan moléculas de gran tamaño a base de carbono. Poseen gran variedad de propiedades mecánicas y físicas.
Plastificante	Aditivo que tiene por meta volver al polímero más flexible. Usado principalmente para formulaciones de PVC y caucho.
PMMA	Polimetilmetacrilato (Acrílico).
PP	Polipropileno.

Pre Forma	Semimanufacturado de plástico específico para operaciones posteriores de moldeo por sopleo.
Presión de recaladura	Presión aplicada durante la solidificación de una pieza que se está inyectando. De esta manera, la contracción volumétrica de la pieza inyectada (similar al rechupe observado en la solidificación de los metales) se compensa durante el enfriamiento, obteniéndose una pieza con forma perfecta y con estructura compactada.
Punto de inmovilización	Instante en el que el polímero fundido se enfría en un canal debajo de cierta temperatura, y su desagüe se interrumpe.
Punto de inyección	Región de la superficie de la cavidad por donde se introducirá el plástico fundido.
PVC	Policloruro de vinilo.
Reciclaje	Reaprovechamiento de materiales, como plásticos.
Valor	Característica de un producto o servicio que es requerida por el cliente y está dispuesto a pagar por esta
Velocidad de inyección	Volumen de plástico descargado por segundo a través de la boquilla de inyección durante un ciclo normal de inyección. Él depende del plástico que se está procesando, de la presión de inyección,

temperatura, forma del molde y su sistema de alimentación, entre otros.

RESUMEN

Polímeros y Tecnología S.A., es una empresa dedicada a la fabricación de empaques flexibles para sectores específicos como alimentos, bebidas farmacéuticas, empaques de cultivo, toda clase de bolsas y empaques para comercio con o sin impresión. La planta de producción se encuentra distribuida por procesos, siendo estos: extrusión, impresión y sellado.

El estudio se realizó en el área de extrusión, que incluye el proceso de con el cual se pretende la mejora en el proceso productivo a través del aumento de la eficiencia, productividad y nivel de compromiso de los empleados con la empresa por medio de la instalación de un chiller con *free cooling*.

Los factores que se tomaron en consideración para el desarrollo de este proyecto son: la maquinaria (extrusoras), que es donde se realizar cada una de las actividades, teniendo como objetivo mejorar el proceso por medio de la disminución de paros por sobrecalentamiento de las maquinas, mejorando de esa manera condiciones del lugar y la verificación de controles que actualmente se realizan a través de lo cual se identificaron las oportunidades de mejora.

Para la realización de este proyecto se emplearon herramientas para medición del trabajo, determinación de los factores que influyen en la eficiencia y generación de desperdicio con el objetivo de establecer acciones de mejora que contribuyan al desarrollo sostenible de la empresa.

OBJETIVOS

General

Aumentar la eficiencia en el área de extrusión por medio de la sustitución de torres de enfriamiento por equipo OFC en la empresa Polytec.

Específicos

1. Reducir tiempos muertos en el área de extrusión causados por fallas debidas a calentamiento de la maquinas extrusoras.
2. Reducir costos por mantenimiento en las maquinas extrusoras.
3. Disminuir el consumo de agua en el área de extrusión utilizando un sistema cerrado.
4. Bajar costos en consumo energético en la producción de películas plásticas para empaques flexibles.
5. Aumentar el rendimiento en el proceso productivo de extrusión reduciendo tiempos improductivos y ajustes de formato.
6. Análisis técnico financiero de un sistema de enfriamiento OFC (sistema óptimo de enfriamiento) para evaluar la rentabilidad de la sustitución del equipo.

7. Corregir las causas principales que provocan el desperdicio de materia prima y la reducción de los porcentajes de los mismos.

INTRODUCCIÓN

Polímeros y Tecnología, Polytec, inició sus actividades en julio de 1989, con la idea de ofrecer al mercado una nueva alternativa en la fabricación de empaques plásticos flexibles. La idea principal era, como todavía lo es hoy, disponer de la tecnología más reciente, tanto en materiales como en maquinaria, y combinar estos recursos con una filosofía de profundo compromiso con el cliente, de manera que éste sea, en realidad, la razón de ser de la compañía.

Desde su fundación, El Grupo Polytec, pasó de una capacidad de 40 toneladas (cuando sólo existía Polytec) por mes a 1 850 actualmente (Polytec, Polytec Internacional y Geoplast), 750 de ellas impresas, que les permite alcanzar la nueva maquinaria en nuestras instalaciones. De cubrir originalmente solo el mercado guatemalteco, se ha pasado a exportar a toda Centroamérica, Panamá, México, el Caribe y Estados Unidos de América.

La calidad, versatilidad, flexibilidad y experiencia es lo que le permite a Polytec contar con clientes como: Grupo Alza, Alimentos Regia, Olmeca, Pepsi Cola, Procter & Gamble, Frito-Lay, INA, S.A., Coca Cola, Colgate Palmolive, Café Quetzal, Guatemala Candies, Del Monte Fresh Produce Co., Bimbo, Walmart, La Barata, Malher, Máquinas Exactas y Alimentos Kern's, entre otros.

En la actualidad se encuentran diversas empresas dedicadas a la elaboración de películas plásticas para empaques flexibles, lo cual provoca el aumento en la exigencia del cliente debido a la demanda.

La empresa Polytec busca marcar la diferencia en la elaboración de empaques plásticos flexibles y de esta manera garantizar al cliente excelencia en sus productos. Cuando se refiere de calidad en la fabricación del producto o servicio, directamente se basa la producción en mejora continua en cada uno de sus procesos productivos.

Polímeros y Tecnología se divide en 5 áreas: pre-prensa, extrusión, impresión, laminación y corte las cuales trabajan conjuntamente hasta obtener el producto terminado, cada una de estas áreas cuenta con diferentes formas de producción lo que conlleva a buscar soluciones acordes a cada problema.

Al aumentar la eficiencia en el área de extrusión se eliminan tiempos muertos, tiempos de ocio y el desperdicio producido, se analizaron las maquinas extrusoras e identificando las fallas frecuentes buscando soluciones alternas para cada uno de los problemas que se presentan.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La empresa

Por su amplia capacidad de producción la empresa Polytec ofrece sus diferentes productos a 3 sectores del mercado:

- Agroindustrial: creación de películas plásticas para la siembra, protección y empaque de cultivos como: banano, café, cardamomo, melón, flores y vegetales en general
- Comercial: todo tipo de bolsas, empaques para el comercio con y sin impresión.
- Industrial: creación de empaques plásticos flexibles para diferentes tipos de productos como: alimentos, bebidas, farmacéuticos, tanto en bolas como en películas para empacadoras automáticas, mono capa, multicapa laminada, películas termoencogibles y estirables impresas hasta con 8 colores.

1.1.1. Historia

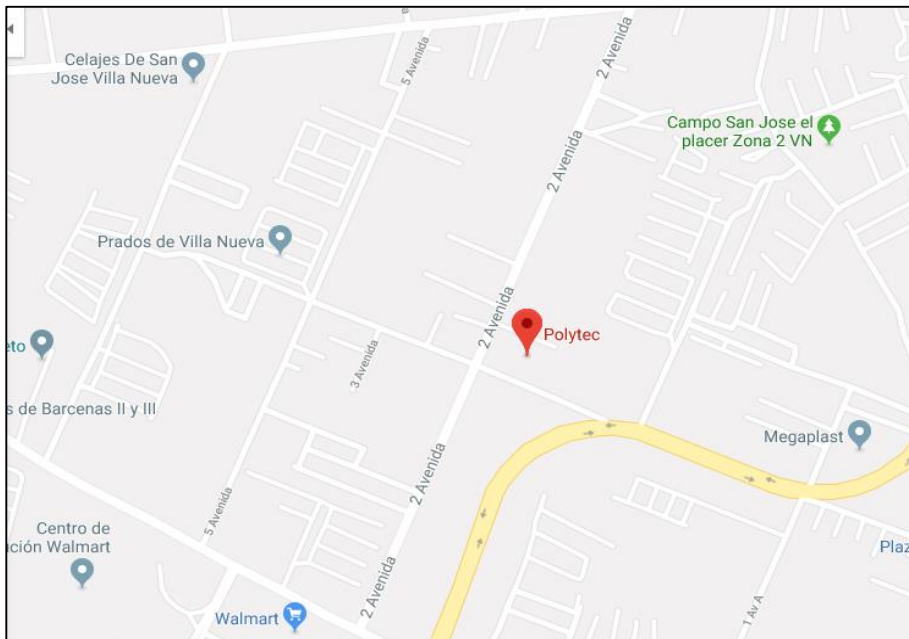
Polímeros y Tecnología S.A. (Polytec) inició sus actividades en julio de 1989, con la idea de ofrecer al mercado guatemalteco una nueva alternativa en la fabricación de empaques plásticos flexibles. El concepto principal era, como aún lo es hoy, disponer de la tecnología más reciente, tanto en materiales como en maquinaria, y combinar estos recursos con una filosofía de profundo

compromiso con el cliente, de manera que este sea, realmente, la razón de ser de la compañía; pasó de una capacidad de 40 toneladas por mes, hasta 1,000 toneladas actuales, este crecimiento se debe a que la empresa se rige por principios éticos que garantizan su seriedad y honestidad y que, aunados a una administración eficiente y flexible, le han permitido sobresalir en servicio, precio y calidad. Habiéndose enfocado inicialmente solo al mercado local, Polytec exporta en la actualidad a toda Centroamérica, Panamá, México, El Caribe y Estados Unidos de América.

1.1.2. Ubicación

Polytec se encuentra ubicada, calle 2-68, zona 2 colonia San José Villa Nueva, Guatemala

Figura 1. Ubicación Polytec



Fuente: Polytec. www.google.maps.com. Consulta junio 2018

1.1.3. Misión

Contribuir al éxito de nuestros clientes haciendo que los productos lleguen a sus consumidores de una manera segura, atractiva, eficiente y económica.

Entender sus diferentes necesidades a través de la tecnología, la mejora continua y la dedicación a la calidad, encontrar soluciones integrables a precios razonables que satisfagan sus requerimientos. Tenemos un compromiso con la satisfacción de nuestros clientes.¹

1.1.4. Visión

Ser la empresa de referencia en empaques flexibles en Centroamérica, México y el Caribe de la creación continua de valor para cada uno de sus clientes y accionistas y la creación de oportunidades de desarrollo para sus trabajadores.

1.1.5. Políticas

Estamos comprometidos en satisfacer las necesidades y requerimientos de nuestros clientes, a través del mejoramiento continuo de nuestros productos, procesos y servicios.

Valoramos y capacitamos a nuestro recurso humano y buscamos desarrollar relaciones a largo plazo con clientes y proveedores

¹ Polytec. Misión. <http://www.polytec.com.gt/es/nuestra-empresa>. Consulta: 10 de marzo 2018.

Aceptamos el compromiso de establecer y mantener un sistema de calidad certificado.

1.1.6. Valores

Los valores que rigen a Polytec son:

- Estamos centrados en el cliente
- Siempre damos la cara
- Nunca nos damos por satisfechos
- Nos preocupamos genuinamente por nuestra gente
- Lo que hacemos, lo hacemos con integridad².

1.2. Tipo de organización

Polímeros y tecnología es una organización privada con fines de lucro, con un grupo de 608 trabajadores, 122 administrativos y 486 operativos.

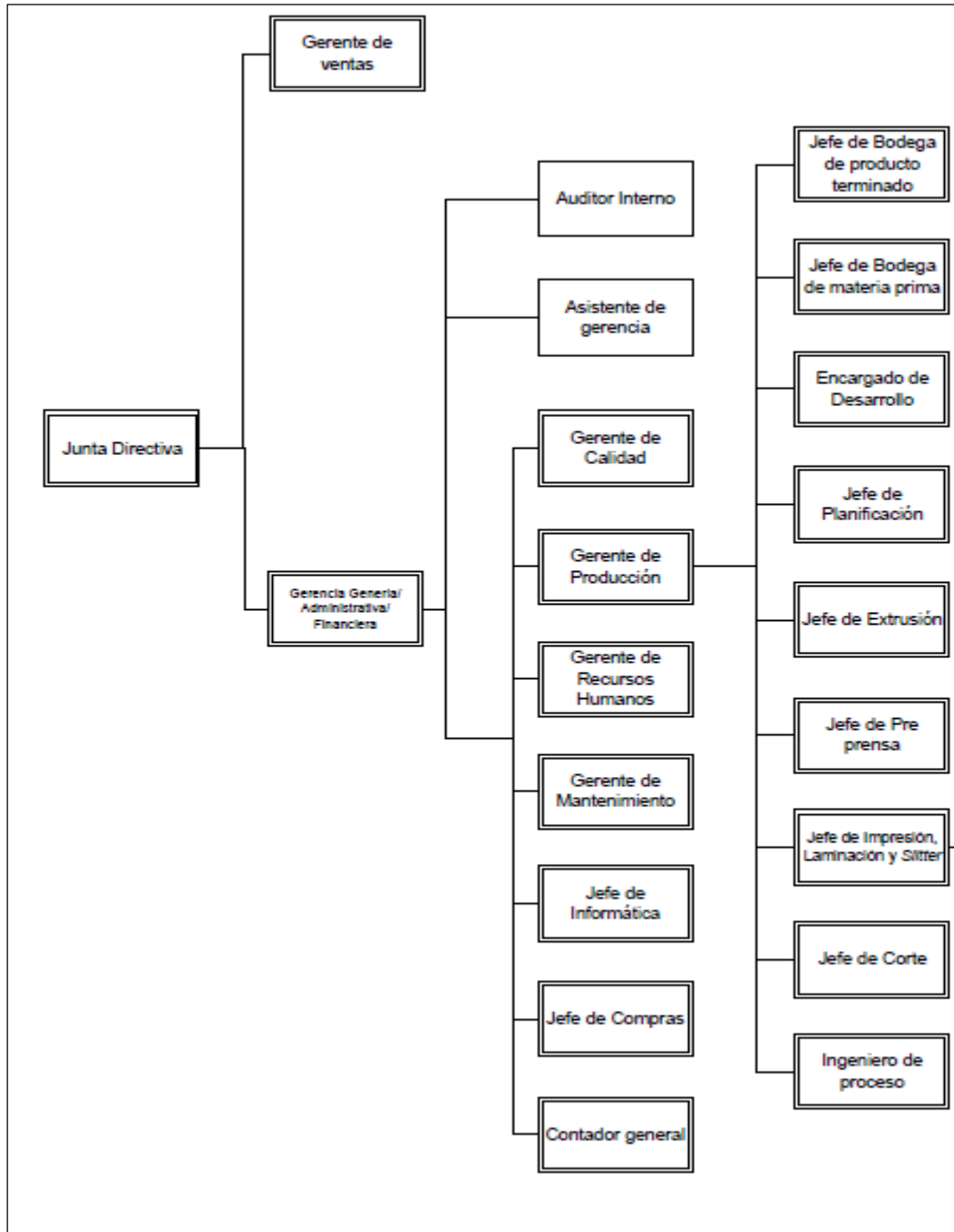
1.2.1. Organigrama general de la empresa

El organigrama de la empresa Polytec es una representación gráfica de la estructura de la empresa, en la cual se muestran las relaciones entre sus diferentes partes y el nombre de cada una de ellas.

La empresa en estudio utiliza un organigrama horizontal, esto se refiere a una organización sin mandos intermedios donde se le permite a los empleados tomar sus propias decisiones operativas del día a día. Grandes grupos de empleados reportan a menudo a un solo gerente

² Polytec. <http://www.polytec.com.gt/es/nuestra-empresa>. Consulta: 10 de marzo 2018.

Figura 2. Organigrama general de la empresa

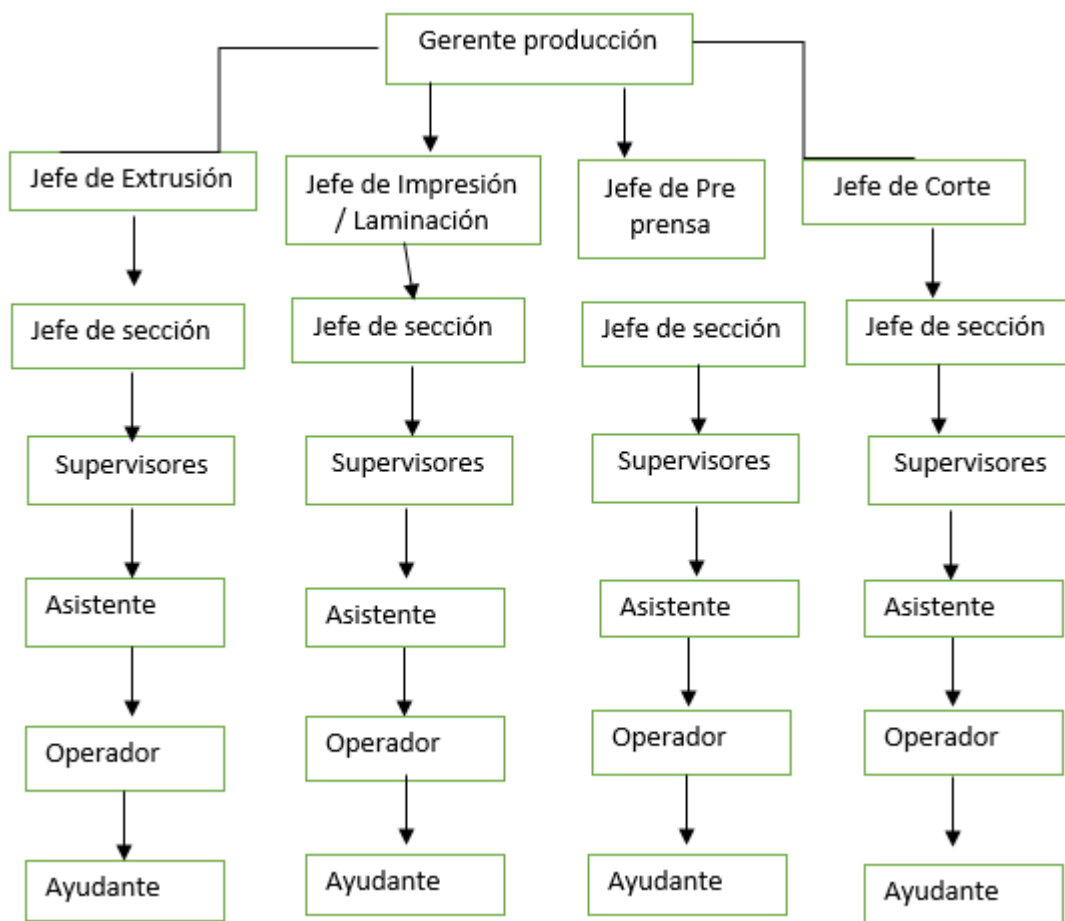


Fuente: empresa Polytec.

1.2.2. Organigrama general de la planta de producción

A continuación se presenta el organigrama del área de producción de la empresa en estudio.

Figura 3. Organigrama de producción



Fuente: elaboración propia.

1.2.2.1. Cantidad de personal

En el área de extrusión trabajan 145 personas, las cuales se encuentran distribuidas de la siguiente manera: jefe de área, jefe de sección, supervisor, asistente, operador y ayudante.

Por medio de la descripción de cada uno de los puestos de trabajo, analiza y se desarrollan las funciones y responsabilidades, las cualidades necesarias relativas a los cargos para ocuparlos, definiendo así el objetivo que cumple cada uno de ellos.

A continuación se presenta un perfil de cada puesto de trabajo del departamento de producción.

Jornadas de trabajo

Se planifican turnos rotativos de 12 horas, debido a la demanda de los productos en el departamento de producción se trabajan dos jornadas laborales.

La primera jornada es la diurna, 44 horas de trabajo semanal, equivalente a 48 horas para los efectos del pago salarial. Iniciando el primer turno a las 6:30 hrs y finalizando a las 18:30 hrs.

La jornada nocturna es de 6 horas diarias e inicia el segundo turno a las 18:30 hrs y finaliza a las 6:30 hrs.

1.3. Eficiencia

La eficiencia es un término muy utilizado en las industrias, sin embargo, muchas veces se utiliza de manera incorrecta debido a que se tiende a confundir con el concepto de la palabra eficacia o efectividad, o incluso con la productividad. Lo cual se sabe que son terminologías completamente diferentes pero relacionadas en casi todos los trabajos que se realizan. Los dos primeros son términos de eficacia o efectividad tienen un uso habitual en la ingeniería como la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.³

1.3.1. Definición

La eficiencia hace referencia a la realización de un trabajo en condiciones ideales, sin considerar los recursos empleados. Por otra parte, se puede mencionar que la eficiencia es un concepto relativo, que se obtiene de la comparación con otras alternativas disponibles, considerando los recursos empleados en consecuencia de los resultados.

1.3.2. Tipos de eficiencia

La eficiencia puede clasificarse de tres formas, cada empresa o persona tomara la que se asemeje a su tipo de trabajo.

- Eficiencia técnica
- Eficiencia económica
- Eficiencia dinámica

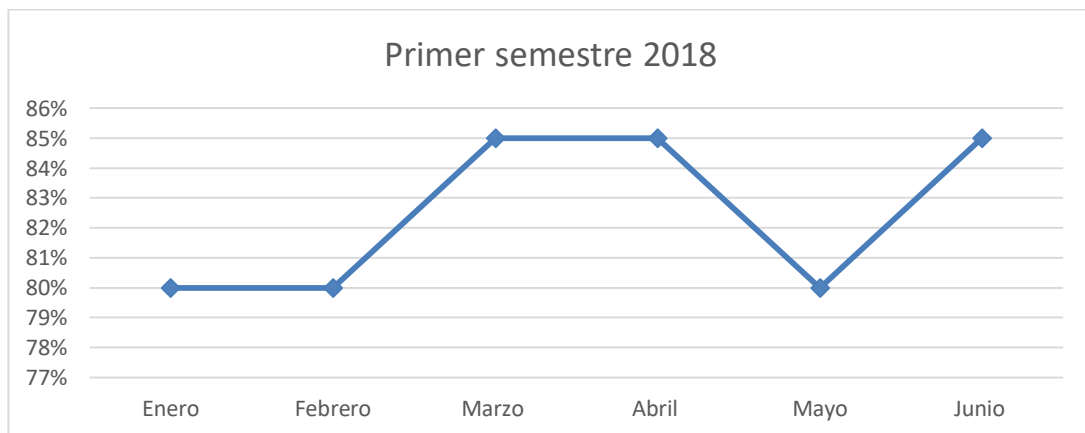
³ CACHANOSKY Albert. *Eficiencia técnica, eficiencia económica y eficiencia dinámica*, p.32

1.3.2.1. Eficiencia técnica

Este tipo de eficiencia no está ligado a ningún objetivo económico, debido a que se basa en el aprovechamiento de los recursos empleados. Es decir, si hay capacidad ociosa de los factores productivos o si están siendo usados al cien por cien.

Se define como eficiencia técnica a: el rendimiento de la actividad productiva de los hombres expresada por la correlación entre el gasto de trabajo de una empresa o de un solo trabajador y la cantidad de bienes materiales producidos (establecida en dinero o en especie) en una unidad de tiempo. ⁴

Figura 4. Eficiencia técnica área de producción 2018



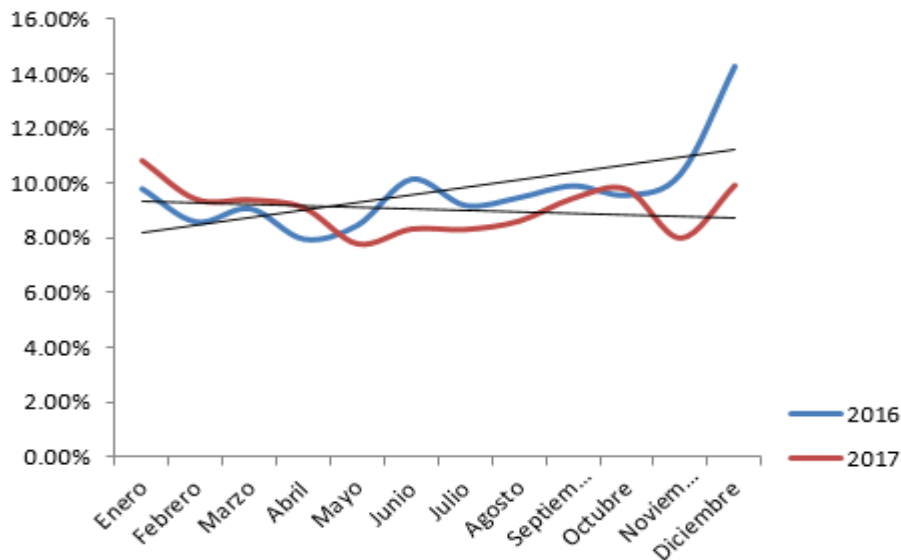
Fuente: Elaboración propia.

⁴ <http://www.eumed.net/cursecon/dic/bzm/p/productividad.htm>. Diccionario de Economía Política. Rusia. Consulta 15 de julio. 2018.

1.3.2.2. Eficiencia económica

La eficiencia económica se base en tener el menor costo posible en la realización de un producto, dicho de otra manera cuando el costo de producir un bien o servicio es lo más barato posible. Se tiene que tener presente que aquí se utiliza el mayor rendimiento de la maquinaria eliminando los tiempos muertos, la mayor utilización de los recursos, evitando desperdicio de materia prima o reproceso así como mano de obra calificada eliminando el tiempo de ocio.

Figura 5. Eficiencia económica.



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la empresa la variación de porcentaje de desperdicio durante los años 2016-2017.

1.3.2.3. Eficiencia dinámica

Conociendo la eficiencia técnica como el máximo aprovechamiento de los recursos y la eficiencia económica como la elaboración de los productos al menor costo, la eficiencia dinámica le da un giro total a las dos anteriores, debido a que su punto principal es aumentar tanto la eficiencia económica como la eficiencia técnica para crear la necesidad de los compradores y de esta manera producir más abarcando un mayor mercado. Dicho de otra manera, incentivar al cliente en la compra de sus productos.

1.4. Materias primas

El material utilizado es el área de extrusión para la creación de películas plásticas se dividen en:

- Materiales vírgenes: resinas que no han sido sometidas a uso ni a ningún tipo de proceso para la fabricación de películas plásticas y al cual no se le han añadido materiales reciclados.
- Materiales no vírgenes: pasa por el proceso de peletizado, que consiste en la elaboración de la materia reciclada, en forma de gránulos.
- Polietileno: se utiliza para mejorar características de resistencia a la abrasión e impermeabilidad al vapor de agua, presenta mayor impermeabilidad al oxígeno, grasas y aceites.⁵
- Polietileno de baja densidad: son fabricados a través de la polimerización a alta presión del gas etileno (50.000psi a 360°C) sus principales

⁵ Departamento de Ciencia de Polietileno, 2005.

propiedades son: sellabilidad al calor, barrera a la humedad y buena adherencia.

- Polietileno de alta densidad: se utiliza para mejorar características de resistencia a la abrasión e impermeabilidad al vapor de agua; presenta mayor impermeabilidad al oxígeno, grasas y aceites con respecto a la ofrecida por el polietileno de baja densidad.
 - Poliéster: material producido a través de la polimerización del ácido tereftálico con etilenglicol, generando una película de excedente durabilidad, transparencia, resistencia mecánica, química y propiedades de barrera. El poliéster es utilizado en laminación en donde se requiere alta protección a los gases.
 - Polipropileno: este polímero proviene del petróleo o del gas natural, de los cuales se puede tener por refinación del propileno y polimerización catalítica. Tiene mayor tratamiento que las películas de polietileno de baja densidad para asegurar una buena adhesión de la tinta.

1.5. Proveedores

Son los encargados de suministrar a empresas con existencias necesarias para el desarrollo de la actividad. Un proveedor puede ser una persona o una empresa que abastece a otras empresas con existencias (artículos), los cuales serán transformados para venderlos posteriormente o directamente se compran para su venta.

1.5.1. Nacionales

En Guatemala existen proveedores de materiales e insumos para la industria dedicada a la manufactura de plásticos entre los cuales se puede mencionar:

- Empaco- empaque y complementos ubicado en la calzada Atanasio Tzul Centro Empresarial El Cortijo II of. 14.
- Emasa, empaques y más S.A. ubicado 14 av 19-50 Mixco condado El Naranjo Ofibodegas San Sebastián, bodega 28.
- Grupo azul. www.grupoaulgt.com.
- Hystik Guatemala S.A. Km 1,5 carretera al Pacifico Empresarial Naciones Unidad de bodega 10, Villa Nueva.

1.5.2. Internacionales

A nivel internacional se encuentran diferentes marcas que proveedores tintas, materia prima, insumos, maquinaria, repuestos, se mencionan los proveedores que la empresa utiliza.

- BASF, avenida Petapa 47-31, zona 12 ciudad de Guatemala (502) 24 45 76 00.
- Gran Zaplast. S.A Materiales en PEBD, PEAD, PP, PET, PVC, PC, ABS. Calzada Atanasio Tzul Centro Empresarial El Cortijo II of. 18
- Plásticos REIG Proveedor de: polietileno, materias plásticas: productos para la industria, plásticos: productos para las industrias agraria y alimentaria | polipropileno. Calzada Atanasio Tzul Centro Empresarial El Cortijo I of. 25.

1.6. Torres de enfriamiento

Una torre de enfriamiento es un equipo que se utiliza de manera general en las plantas de procesos para disminuir la temperatura de los equipos. A continuación, se profundiza lo que son las torres de enfriamiento, así como los tipos y funciones.

1.6.1. Definición

Las torres de enfriamiento son un sistema que se encuentra en las empresas del sector industrial donde se requiere generación de energía, independiente de cada necesidad. Las torres enfrían el agua de proceso que ha pasado de una caldera a una turbina a un condensador, dejando claro que las torres de enfriamiento no condensan, este sistema trabaja en la transferencia de calor entre el aire y el agua de manera directa, es decir haciendo mezcla para poder así bajar la temperatura del agua de proceso y volver a utilizarla. Hay varios tipos de torres de enfriamiento dependiendo de la necesidad y condiciones ambientales⁶

1.6.2. Características

Cuando se pone en contacto un líquido caliente con un gas insaturado, parte del líquido se evapora y la temperatura del mismo desciende. Las torres de enfriamiento utilizan este principio, para disminuir la temperatura de agua recirculada que usan los condensadores e intercambiadores de calor en plantas. Las torres de enfriamiento son cilindros de gran diámetro con tipo de

⁶HERRERA, Juan. *Balance de masa y energía de una torre de enfriamiento de tiro inducido de la empresa propilco*. p.25.

empaques especiales diseñados para ofrecer un buen contacto líquido-gas con una baja caída de presión.

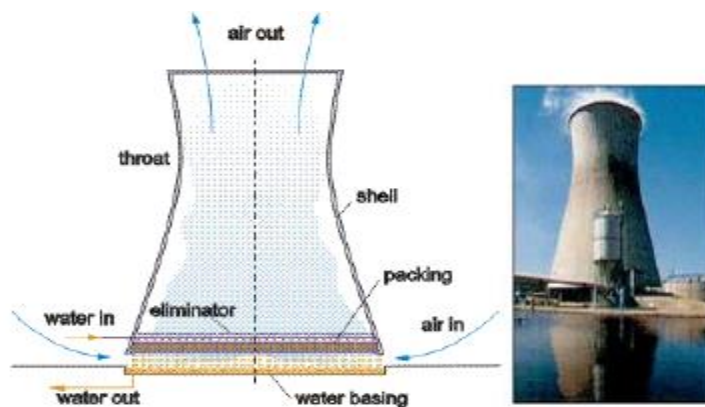
1.6.3. Tipos de torres de enfriamiento

Las torres de enfriamiento pueden clasificarse según la forma en la cual el aire es introducido en la torre, este puede ser vertical u horizontal. También puede clasificarse para la protección de agua en procesos que solo puede ser utilizada una vez y las que pueden reutilizar el agua. Cada industria toma el tipo de torre de enfriamiento que se acople a sus necesidades

1.6.3.1. Torres de circulación natural

La entrada de aire en esta torre es de forma natural. La torre debe ubicarse de manera que la corriente de aire entre perpendicularmente a las persianas de entrada. No existe ventilador y el flujo de aire es consecuencia únicamente de la convección natural.

Figura 6. Torre de enfriamiento circulación natural

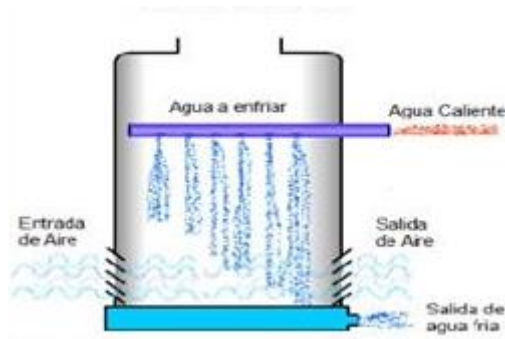


Fuente: CARNICER ROYO, Enrique. *Ventilación industrial*. p.19.

1.6.3.1.1. Torres atmosféricas

Estanque de enfriamiento que es básicamente un gran lago abierto a la atmósfera. Las torres atmosféricas carecen de protección contra polvo y la polución. El movimiento del aire depende del viento y del efecto aspirante de las boquillas aspersores.⁷

Figura 7. Torre de enfriamiento atmosférica



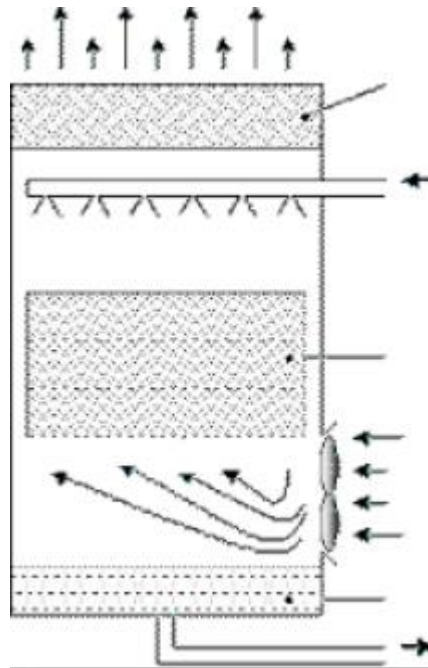
Fuente: CARNICER ROYO, Enrique. *Ventilación industrial*. p. 48

1.6.3.1.2. Torres de tiro natural

El flujo de aire necesario se obtiene como resultado de la diferencia de densidades, entre el aire más frío del exterior y húmedo del exterior de la torre. Utilizan chimeneas de gran altura para lograr el tiro deseado. Son de aproximadamente 500 pies de alto y 400 pies de diámetro, por lo general se usan para flujos de 200 000 gpm.

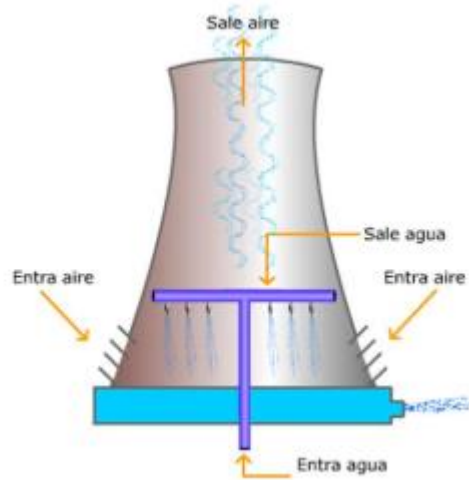
⁷ CARNICER ROYO, Enrique. *Ventilación industrial*. p. 48.

Figura 8. Torre de tiro mecánico



Fuente: CARNICER ROYO, Enrique. *Ventilación industrial*. p. 48

Figura 9. Torre de tiro natural

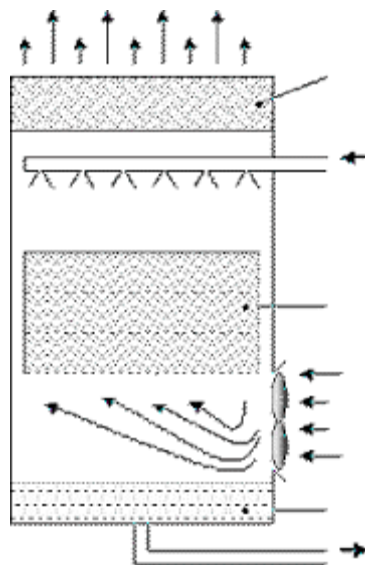


Fuente: Torres tiro natural. <http://www.quiminet.ve>. Consulta 18 de marzo de 2018.

1.6.3.2. Torres de tiro mecánico

Las torres de tiro mecánico proporcionan un control total sobre el caudal de aire suministrado. Se trata de torres compactas, con una sección transversal y una altura de bombeo pequeñas en comparación con las torres de tiro natural. En estas torres se puede controlar de forma precisa la temperatura del agua de salida. El agua caliente que llega a la torre puede distribuirse por boquillas aspersores o comportamientos que dejan pasar hacia abajo el flujo de agua a través de unos orificios. El aire utilizado para enfriar el agua es extraído de la torre.

Figura 10. Torre de tiro mecánico



Fuente: CARNICER ROYO, Enrique. *Ventilación industrial*. p. 48.

1.6.3.2.1. Torres de tiro inducido

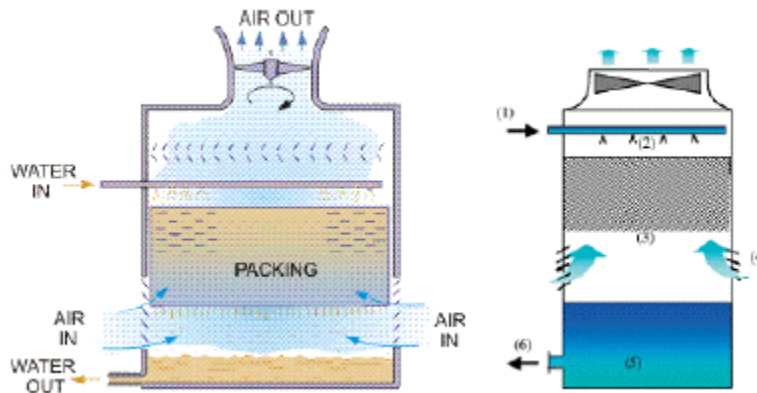
En las torres de tiro inducido, el aire entra por un costado succionado por el ventilador y es guiado hacia la salida por el mismo efecto de succión, pasando por las mismas salidas de relleno. El agua caliente entra en la parte superior de la torre y se rocía en esta corriente de aire. El propósito del rociador es exponer una gran área superficial del agua caliente. Cuando las gotas de agua caen bajo la influencia de la gravedad, una pequeña fracción de agua se evapora y enfría el agua restante. La temperatura y el contenido de la humedad del aire se incrementan durante este proceso.

Dependiendo de las relaciones relativas del flujo de agua y aire, pueden ser transversales y contraflujo. Desde el punto termodinámico, la configuración a contraflujo es más eficaz, ya que el agua más fría entra en contacto con el aire más frío, obteniendo así un máximo potencial de entalpia. Mientras mayores son las gamas de enfriamiento y más fácil la diferencia útil de temperaturas, tanto más evidentes serán las ventajas del tipo de contraflujo.⁸

El ventilador se encuentra instalado en la parte superior de la torre, con lo cual el aire es succionado para que pase a través de la misma.

⁸ CARNICER ROYO, Enrique. *Ventilación industrial*. p. 51.

Figura 11. **Torre de tiro inducido**



Fuente: CARNICER ROYO, Enrique. *Ventilación industrial*. p. 51.

- Se pueden instalar grandes ventiladores pudiendo mantenerse velocidades y ruidos bajos, con consumos eléctricos menores que los de tiro forzado.
- El aire entra a una velocidad considerable pudiendo arrastrar cuerpos extraños.
- No suelen presentar problemas de recirculación.
- Los elementos mecánicos son de difícil acceso y se encuentran sumergidos en una corriente de aire húmedo y caliente.
- Ocupan menos superficie que las de tiro forzado.

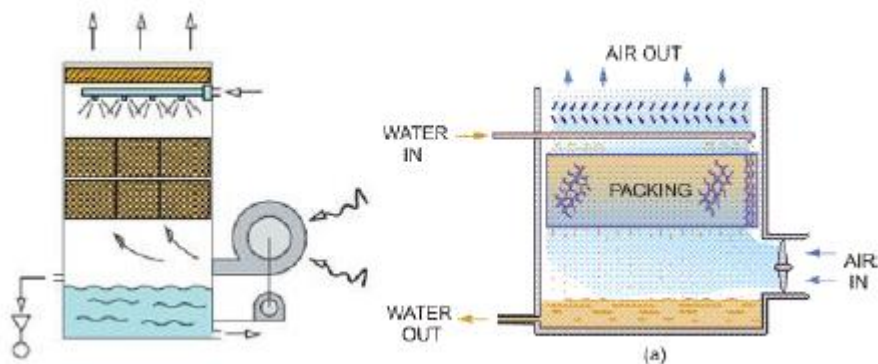
1.6.3.2.2. Torres de tiro forzado

En estas torres el aire se mueve verticalmente a través del relleno, de manera que los flujos de aire y de agua tienen la misma dirección, pero en sentido opuesto. Las ventajas que tienen este tipo de torres es que el agua más fría se pone en contacto con el aire más seco, lográndose un máximo rendimiento. En estas, el aire puede entrar en una o más paredes de la torre, en la cual se consigue reducir en gran medida la altura de la entrada de aire. Además, la elevada velocidad que entra el aire hace que exista el riesgo de arrastre de suciedad y cuerpos extraños dentro de la torre.

La resistencia del aire que asciende contra el agua que cae se traduce en gran pérdida de presión estática y en un aumento de la potencia de ventilación en comparación de las torres de tipo cruzado.

El ventilador se encuentra instalado en la parte inferior de la torre, de manera que el aire es empujado para que fluya a través de ella.

Figura 12. Torre tiro forzado



Fuente: CARNICER ROYO, Enrique. *Ventilación industrial*. p. 48.

- Son más eficientes que los de corriente inducida, el ventilador trabaja con aire frío.
- Los equipos mecánicos se encuentran situados en una corriente seca con facilidad para el mantenimiento.
- Tienen limitaciones con el tamaño del ventilador, se necesitan gran número de pequeños ventiladores o mayores velocidades lo que supone mayor consumo energético.

1.7. Sistema de distribución y venta

Polytec S.A cuenta con una diversidad de productos para diferentes tipos de mercados, las especificaciones y necesidades del cliente conllevan a que se cuente con gran diversidad de productos por ser una empresa que se dedica a la producción de empaque plástico flexible, el empaque no puede ser revendido por el cliente al consumidor final, solamente es la presentación de su producto.

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA POLYTEC S.A.

La extrusión es el proceso mediante el cual se pueden fabricar diferentes tipos de estructura u objetos con gran facilidad y con formas muy variadas, esto es una gran ventaja ya que alguno de estos objetos o formas no pueden ser fabricados con ningún otro tipo de maquinado o procesos de manufactura, este proceso también puede ser utilizado en materiales quebradizos ya que el material no está expuesto a fuerzas de tensión que son las que causan que el material se fracture y se quiebre, si no por el contrario se utilizan solamente fuerzas de compresión y cizallamiento, los cuales permiten realizar trabajos muy variados y complicados en secciones transversales indiferentemente de su tamaño ya que es un proceso en el cual el producto terminado es de muy buena calidad, el único inconveniente es que estas máquinas son muy grandes y ocupan mucho espacio ya sea de forma horizontal o vertical. Otra de las grandes ventajas de este proceso es que se puede trabajar con materiales en frío o en caliente por lo que no es necesario tener una preparación previa de calentamiento o enfriamiento para poder trabajar. ⁹

2.1. Área de extrusión

Este proceso es muy noble porque permite trabajar en gran cantidad de tamaños y formas, se pueden realizar diferentes trabajos en una misma máquina esto dependiendo de lo que se desee fabricar y que material se esté trabajando; ya que las máquinas son especiales para cada uno de ellos, los materiales que se trabajan comúnmente en extrusión son:

⁹ RAMOS, David. *Extrusión de plásticos*. p.32.

- Metales
- Plásticos
- Cauchos
- Cerámicos

Las máquinas extrusoras se dividen en cuatro partes esenciales:

- Área de cañones o compresión
- Área de subida o burbuja
- Área de bajada o de rodillo
- Área de embobinado
- Área de cañones o compresión

Esta es la primera área del proceso de extrusión en donde entra la materia prima en forma de gránulos por medio de una tolva que abastece constantemente al cañón que alimenta al tornillo sin fin que se encarga de empujar el material a lo largo del cilindro y a la vez generar presión y aumento de temperatura para fundir y homogenizar la materia prima dejándola en forma de masa

- Área de subida o burbuja

Como se mencionó anteriormente el área de cañones o compresión es la encargada de dejar la materia prima en forma de masa. El área de subida o burbuja es la encargada de cambiar la materia prima en forma de masa a una fina película plástica la cual puede ser de distintos espesores. Esta área abarca:

- Anillo de enfriamiento
- Área de expansión de plástico

- Área de burbuja
- Área de araña o cesta

El anillo de enfriamiento disminuye la temperatura de las resistencias por medio de agua fría proveniente de una torre de enfriamiento. El área de burbuja cuenta con un sensor que gira constantemente alrededor de la burbuja indicando el espesor de la misma y regulando la parte de aire y vapor que entra por la parte interna de la burbuja. La burbuja es enfriada mientras va subiendo hasta llegar a la parte superior. La cesta sirve para mantener estabilidad en el diámetro de la burbuja.

- Área de bajada o de rodillo

El proceso de la burbuja queda concluido en la parte superior de la maquina extrusora, en ese momento es retomada por rodillos que son encargados de mantener estirada la película a lo largo y ancho de la tela y a su vez bajándola hasta llegar al área de embobinado.

- Área de embobinado

Las películas plásticas son haladas por un motor y enrolladas en tubos de cartón generando así las bobinas madres para ser enviadas al siguiente proceso.

2.2. Descripción de los procesos productivos de la empresa

Un proceso de producción es el conjunto de actividades orientadas a la transformación de recursos o factores productivos en bienes, los principales recursos con los que cuenta la empresa son:

2.2.1. Proceso de extrusión

Es la primera fase para la creación de empaque flexible de polietileno. Una vez que el cliente solicita a ventas un empaque con ciertas características y propiedades, se transfieren los requerimientos del cliente al Departamento de Investigación y Desarrollo, el cual está encargado de realizar la formulación que debe llevar la película de polietileno, a modo de satisfacer las necesidades del cliente.

Si el cliente desea que la película de polietileno lleve impresión en alguna de las caras, a esta película se le debe realizar un baño de electrones en una de las caras, con el fin de que la tinta a utilizar sea absorbida por el polietileno.

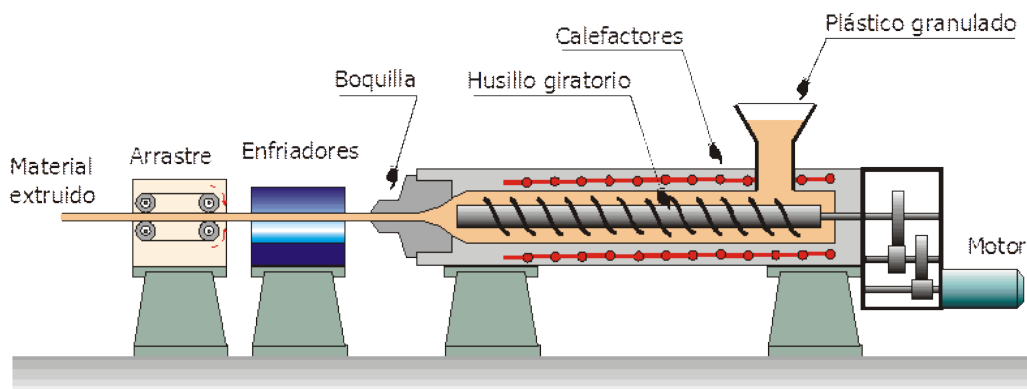
Una vez establecida la fórmula, se deben reunir todas las materias primas para la extrusión, como la resina de polietileno, pigmentos y masterbatch. Al tener las materias primas necesarias, estas pasan al dosificador de la extrusora, el cual es el encargado de ingresar la cantidad de materias primas según los porcentajes establecidos por Investigación y Desarrollo. Hecho esto, las materias primas se combinan en un mezclador, para posteriormente ser enviadas al anillo extrusor.

En el anillo extrusor es en donde se calienta el polietileno a temperaturas de alrededor de 150 0C y se plastifica el polietileno. Muchas personas tienen la

idea errónea de que el polietileno se funde en esta etapa, lo cual no es cierto, ya que en un estado fundido no se podría controlar la película, debido al estado líquido en el que saldría.

Una vez plastificado el polietileno, este pasa a un anillo de enfriamiento, el cual es el encargado de soplar aire frío al polietileno, de tal forma que se crea una burbuja, la cual es guiada por una estructura metálica llamada canasta. Una vez pasada por la canasta, pasa por rodillos en los cuales se une la burbuja, a modo de formar la película y enfriarla. Luego, la película desciende por medio de rodillos de tal forma que se embobina en un centro de cartón y se crea la bobina de polietileno. Para identificar de mejor manera las partes de la extrusora se presenta la siguiente figura.

Figura 13. **Conformación por extrusión**



Fuente RAMOS, David. *Extrusión de plásticos*. p.38.

2.2.2. Análisis de personal

Por el tipo de empresa y el tamaño, la mayoría del personal con que cuenta es de tipo operativo, los puestos administrativos dentro del área de

producción son muy reducidos debido a la cantidad de trabajo con que se cuenta en la planta.

- Personal administrativo dentro del área de producción.

Tabla I. **Jefe de extrusión**

Puesto	Jefe de extrusión es el principal responsable de tener la formulación adecuada para cada uno de los productos que se extruyen en el área, así como llevar el control total del personal y los turnos en los cuales laboran supervisores y operadores.
Departamento	Producción
Jefe inmediato	Gerente de producción
Preparación académica	Ing. Mecánico Industrial, Industrial
Experiencia	Cinco año en el área de extrusión
Tareas	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinar labores del personal. Controla la labor de los supervisores • Asistir al operador en el cambio mecánico, cuadro y ajuste en cada pedido. • Sustituir al operador en el momento que éste no se encuentre en su puesto de trabajo.

Fuente: Polytec. *jefe de extrusión. p.19.*

Como ya se mencionó anteriormente el jefe de área cuenta con el apoyo de supervisores, estos supervisores están el cien por ciento de su jornada de trabajo en la planta de producción y son encargados de cerciorar que las extrusoras se encuentre en óptimas condiciones y que el producto que sigue otro proceso dentro de la planta (impresión, laminación o corte) sean acordes a las especificaciones de calidad que solicitan los clientes.

2.2.3. Jornadas de trabajo

La jornada de trabajo se encuentra legislada dentro del Código de Trabajo de Guatemala, en el título III, capítulo III Jornadas de trabajo

En Guatemala se establecen tres jornadas de trabajo, diurna, nocturna y mixta. La jornada de trabajo diurna no puede excederse de ocho horas al día equivalente a cuarenta y ocho horas a la semana, el horario en el que inicia esta jornada es de seis de la mañana finalizando a las seis de la tarde.

A diferencia de la jornada de trabajo mixta que abarca un total de siete horas al día, no excediendo cuarenta y dos horas a la semana y tomando en cuenta que únicamente pueden tomarse 3 horas después de las seis de la tarde, si se excede a cuatro horas después de las seis de la tarde se considera como una jornada nocturna y por último la jornada nocturna que únicamente toma seis horas haciendo un total de treinta y seis horas a la semana estas horas pueden tomarse desde las seis de la tarde hasta las seis de la mañana del siguiente día.

La labor diurna normal semanal es de cuarenta y cinco horas de trabajo efectivo, equivalente a cuarenta y ocho horas para los efectos exclusivos del pago de salario.

En ese caso, la jornada ordinaria de trabajo efectivo no puede ser mayor de siete horas diarias ni exceder de un total de cuarenta y dos horas a la semana.¹⁰

No obstante, se entiende por jornada nocturna la jornada mixta en que se laboren cuatro o más horas durante el período nocturno.

La jornada ordinaria que se ejecute en trabajos que por su propia naturaleza no sean insalubres o peligrosos, puede aumentarse entre patronos y trabajadores, hasta en dos horas diarias, siempre que no exceda, a la semana, de los correspondientes límites de 48 horas, 36 horas y 42 horas que para la jornada diurna, nocturna o mixta.

2.3. Maquinaria y equipo

Con base en entrevistas no estructuradas con el jefe de producción y el jefe de mantenimiento expusieron que las fallas mecánicas representan uno de los mayores problemas dentro del área de producción, ya que conllevan a tiempos elevados en la reparación, esto debido a la falta de cumplimiento de los planes de mantenimiento preventivo y en ocasiones a la poca experiencia en los operadores en el manejo de la maquinaria.

2.3.1. Especificaciones técnicas

El área de mantenimiento no cuenta con manuales de las máquinas extrusoras ni llevan un registro de los mantenimientos preventivos o correctivos que se les proporcionan a las maquinas por ende no tienen conocimiento del momento adecuado de realizar dicha actividad y esperan a que la máquina de

¹⁰ Código de Trabajo de Guatemala, en el título III, capítulo III Jornadas de trabajo

problemas sumamente graves para atenderlos, esto fue citado por el jefe de mantenimiento de la empresa en estudio.

2.3.2. Funcionamiento

Las máquinas extrusoras pueden realizar 6 funciones.¹¹

- Transportar los sólidos

La extrusora puede ser alimentada de dos maneras diferentes la primera por medio de una tolva de alimentación y la segunda por su propio funcionamiento como maquina extrusora.

- Transporte de resinas en la tolva

La resina se transporta a la tolva por medio de gravedad de las partículas, como bien se sabe que los cuerpos caen por su propio peso la resina es ingresada en la parte superior de la tolva y por gravedad cae hacia el cilindro para de esta manera poder ser transportada y obtener su diferencial de temperatura para la creación de las películas plásticas flexibles.

- Transporte de sólidos en el cilindro

Un tornillo sin fin es el encargado de mover la resina cuando esta ya se encuentra directamente en la tolva, dicho de otra manera la gravedad ya no actúa sobre el material, el tornillo sin fin transporta toda la resina a una distancia sumamente pequeña y es allí en allí en donde se conoce como transporte inducido.

¹¹ DELMONTE, John. *Moldeo de plásticos (por compresión, inyección, extrusión)*. p.40.

- Fusión

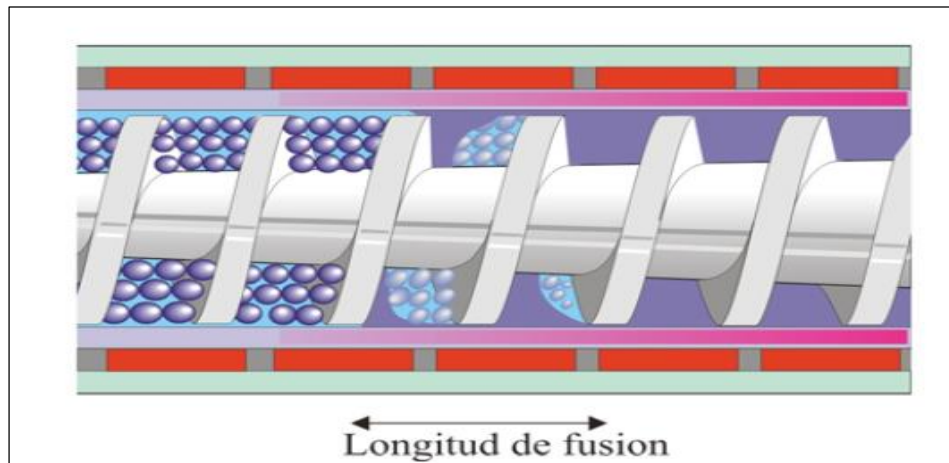
Se considera que el transporte de la resina termina cuando el calor empieza a incorporarse dentro de ella, el calor debe alcanzar los 200 °C para que la resina empiece a derretirse en ese momento empieza a cambiar su estado sólido para pasar y a convertirse en una masa de material, en donde dependiendo el colorante que se le haya agregado es el color que tomara.

Inicialmente, las extrusoras expulsarán el material en finas películas las cuales el operador debe ir midiendo el espesor para considerar si se necesita un mayor espesor dependiendo las especificaciones del producto.

Como consecuencia del movimiento del tornillo se creará un gradiente de velocidad en la película fundida situada entre la capa sólida y la superficie del cilindro. El polímero al ser convertido en la película será barrido por el filete que avanza, separándose así del cilindro.

Dentro de las partículas queda aire atrapado el cual es liberado hacia el exterior por medio de la tolva en donde se alimenta la extrusora.

Figura 14. **Fusión**



Fuente: BELTRAN, Álvaro. *Máquinas extrusoras de plástico*.

https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Diseno_de_un_extrusor.png. Consulta: 12 abril 2018

En el área de extrusión el calor o el calentamiento de una maquina es una variable que afecta en la producción de las películas plásticas, si la temperatura aumenta la viscosidad de material disminuye, tendiendo que reducir la velocidad para no perder el espesor del producto. Al contrario si la temperatura o el calentamiento de la extrusora disminuye, la viscosidad aumenta y aquí la velocidad debe aumentar para no generar un tapón en el tornillo sin fin y la extrusora.

- Transporte del fundido

El dosificado inicia justo cuando la fusión finaliza su actividad, esto quiere decir cuando todas las partículas de polietileno de alta densidad y/o baja densidad, polipropileno o colorante han adquirido una sola masa o todo el material ya es uniforme y el aire ya se ha liberado quedando listo para considerar el espesor de las películas plásticas.

La parte del dosificado del cambio de estructura del material actúa como una bomba en la que el movimiento del material transformado hacia la salida de la extrusora se considera como el desenlace del giro del tornillo y de la configuración helicoidal.

- Desgasificado

Esto se produce a través de un orificio de venteo practicado sobre el cilindro, las extrusoras deben asegurar que la presión en esa área coincida con la presión atmosférica para mantener el material estable sin que pueda escapar por el orificio.

- Conformado

El material debe salir a velocidad uniforme por medio de una boquilla, para conseguir esto es necesario conocer adecuadamente cual es el comportamiento de la resina con la que se está utilizando.

2.4. Tipo de maquinaria

En el proceso de extrusión de las películas plásticas flexibles se emplean máquinas extrusoras para material de polietileno de alta densidad y baja densidad, el polietileno de baja densidad puede estar conformado por una capa o producirse por medio de máquinas coextrusoras de 3 capas, las bobinas de producto procesado se distribuyen a los otros procesos internos de acuerdo a la ruta de producción, o como producto terminado para los clientes.¹²

¹² DELMONTE, John. *Moldeo de plásticos (por compresión, inyección y extrusión)*. p.38.

2.4.1. Extrusoras para plástico

El área de extrusión tiene una producción aproximadamente de 1 600 000 toneladas al mes, cuenta con 18 extrusoras que trabajan las 24 horas del día las cuales producen películas plásticas flexibles de diferentes espesores según las especificaciones del cliente. Trabajan polietileno de alta y baja densidad tratadas a una cara, dos caras o sin tratar. Las velocidades a las cuales corren las extrusoras dependen del material a extruir, sobre todo del calibre y la temperatura. Actualmente los rangos de velocidades a los que corren las extrusoras son 400 a 900 RPM. ¹³

2.4.2. Coextrusoras de 3 capas

Polímeros y tecnología cuenta con 5 coextrusoras en el área, las coextrusoras cuentan con mayor tecnología a diferencia de una extrusora mono-capa. Las coextrusoras permiten una mayor cantidad de producción, además de mejor calidad de película, mayor tamaño, disponen de una variedad de componentes: hidráulicos, neumáticos, mecánicos, eléctricos, electrónicos, se tiene que controlar el ancho de la burbuja de película por medio del sistema de enfriamiento y el IBC. ¹⁴

El tiempo que operan el prolongado, es necesario monitorear el desgaste que puedan tener ciertos componentes como: cojinetes, rodillos, ejes, instalaciones eléctricas, suciedad en variadores de frecuencia y motores eléctricos, entre otros.

¹³ Informe de producción 2017, Polytec, Departamento de Producción. Memoria de Labores. 2017

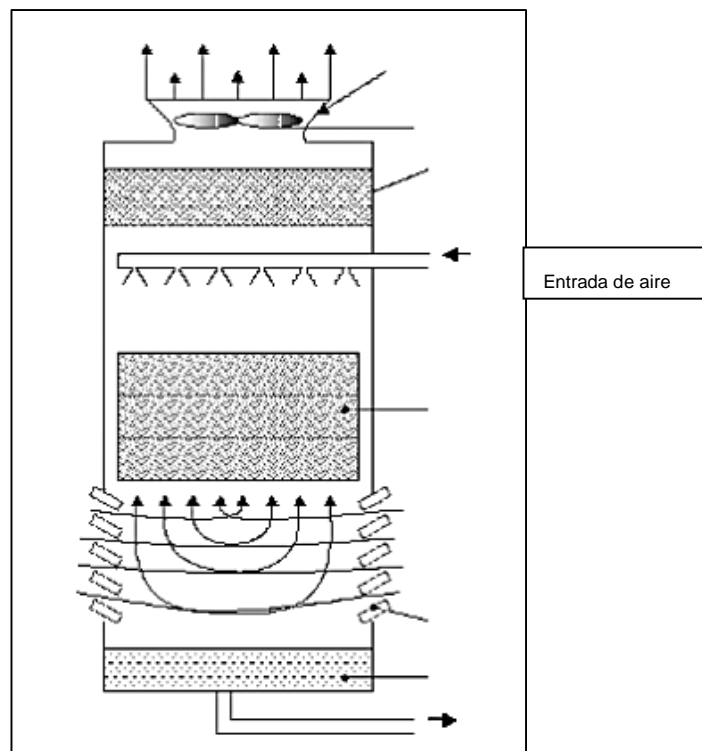
¹⁴ *Ibíd.*

2.4.3. Torres de enfriamiento

La empresa Polytec cuenta 3 torres de enfriamiento de tipo tiro inducido las cuales trabajan rociando el agua mediante espesores, encargados de dejar pasar el flujo de agua caliente que llega hasta las torres de enfriamiento por medio de orificios.

Para que las torres funciones adecuadamente deben extraer aire para refrigerar el agua que es succionada por medio de ventiladores que se encuentran ubicados en la parte superior de la torre.

Figura 15. **Proceso de enfriamiento**



Fuente: <http://www.quiminet.ve>. Proceso de enfriamiento. Consulta 12 de abril de 2018.

Las torres de tiro inducido pueden ser de flujo a contracorriente o de flujo cruzado. El flujo a contracorriente significa que el aire se mueve verticalmente a través del relleno, de manera que los flujos de agua y de aire tienen la misma dirección, pero sentido opuesto. La ventaja que tienen este tipo de torres es que el agua más fría se pone en contacto con el aire más seco, lográndose un máximo rendimiento. En estas, el aire puede entrar a través de una o más paredes de la torre, con lo cual se consigue reducir en gran medida la altura de la entrada de aire.

2.5. Diagrama de operaciones

Un diagrama de operaciones representa de manera visual cuál es el inicio de las actividades que tiene la empresa, el proceso de dichas actividades y el cierre de las mismas.

Las siguientes son acciones previas a la realización del diagrama de operaciones:

- Identificar los procesos de producción adecuadamente.
- Determinar quién empieza el proceso y en dónde termina.
- Acordar el nivel de descripción.
- Definir los límites de los procesos estudiados.

Para la construcción de un diagrama de operaciones se debe considerar lo siguiente.

- Determinar cuál es el alcance del proceso que se describirá.
- Definir y enumerar las causas principales y las actividades o subprocesos que se incluirán en el diagrama.

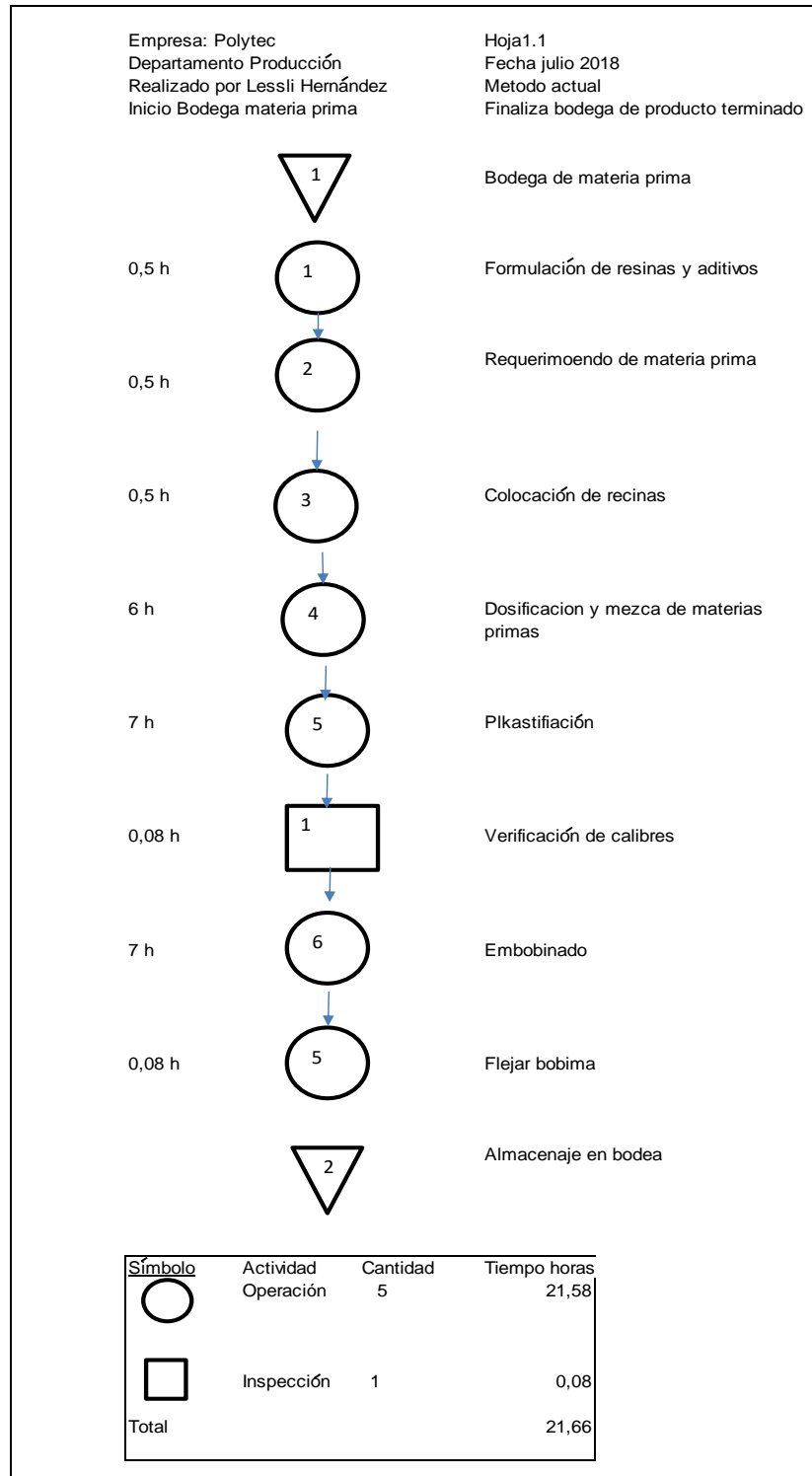
- Detallar si en el diagrama de operaciones se consideraran las actividades menores y definir las.
- Identificar y enumerar en donde se debe tomar una decisión.
- Construir el diagrama considerando la secuencia de la operación respecto a cada uno de los símbolos establecidos.
- Establecer un título al diagrama y asegurarse que esté completo y muestre con exactitud el proceso

2.6. Diagrama de flujo

Es una herramienta importante para identificar tiempos de transporte y operaciones que no agregan valor a los productos, a manera de reducirlos o eliminarlos. Proceder a la elaboración de un diagrama de flujo para los procesos también ayuda a dar una idea más clara acerca de los pasos para la elaboración de productos.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del proceso de extrusión para una orden de 500 kg. El tiempo de dosificación, mezcla y embobinado dependerá de la cantidad de kilos a producir y de la velocidad de la extrusora. Para este diagrama se eligió una velocidad de 25 kg/h, este valor se obtuvo al tomar la lectura de la velocidad lineal del embobinado y el rendimiento de la película de polietileno.

Figura 16. Diagrama de proceso de extrusión



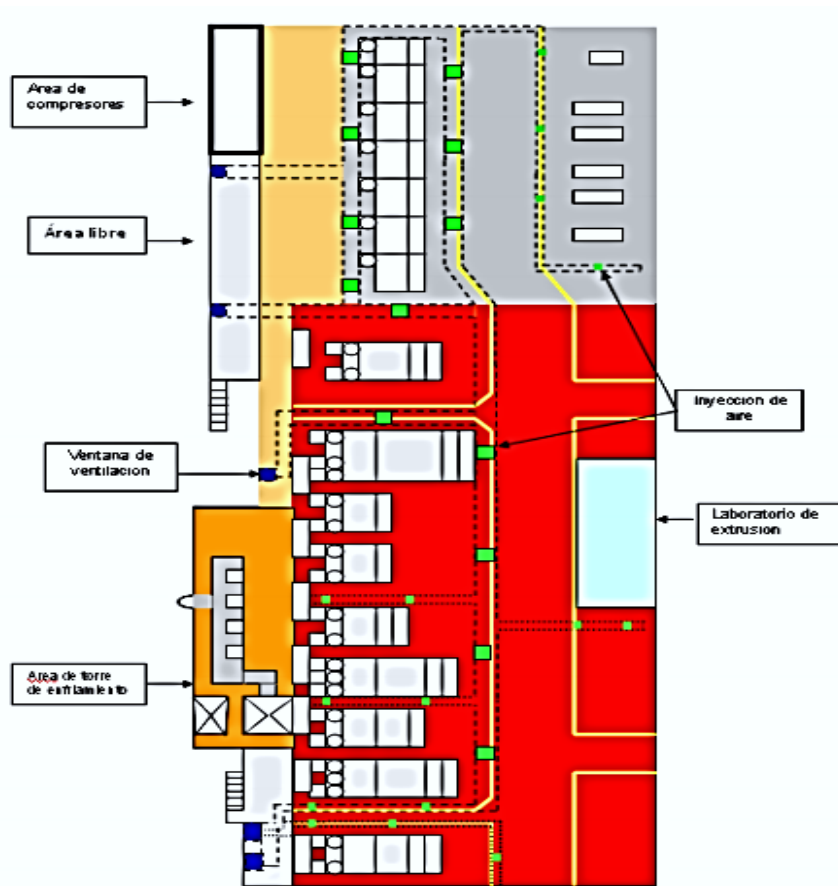
Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

2.7. Diagrama de recorrido

Un diagrama de recorrido es un croquis forma en que esta distribuida la planta. Es en un plano, el cual nos indica en donde se realizan las actividades y las diferentes áreas con que cuenta la empresa.

Figura 17. Diagrama de recorrido proceso de extrusión

Empresa: Polytec	Hoja1.1
Departamento Producción	Fecha julio 2018
Realizado por Lessli Hernández	Método actual
Inicio Bodega materia prima	Finaliza bodega de producto terminado

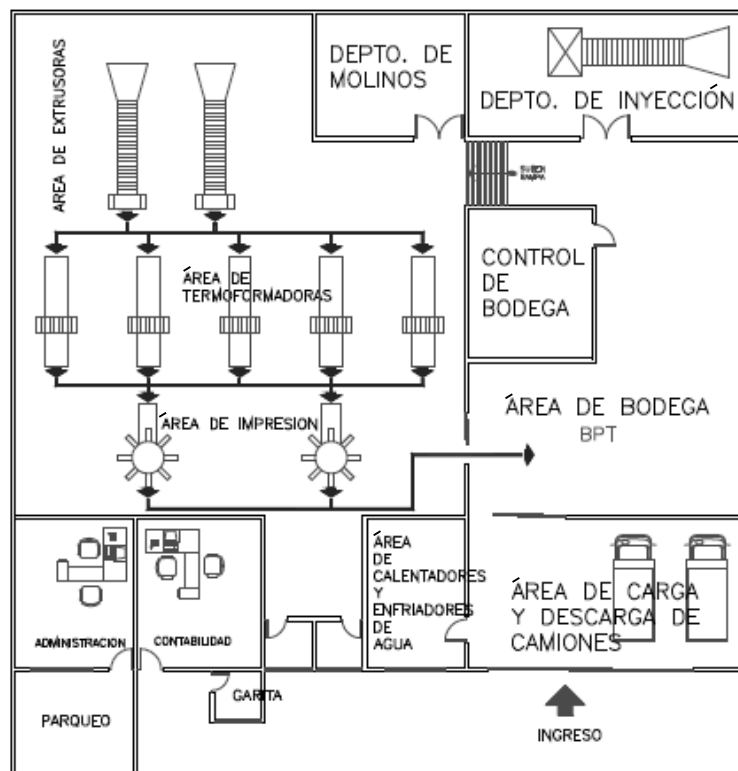


Fuente: elaboración propia, empelando AutoCAD.

2.8. Distribuciones de planta

A continuación, se les presenta un plano general de cómo se encuentra distribuido la planta en la actualidad.

Figura 18. Distribución de la planta industria Polytec



Fuente: Polytec. Archivos Industria.

2.8.1. Distribución de acuerdo al proceso

La distribución en planta va de acuerdo al orden de los procesos que llevan los productos, debido a que se tiene una producción intermitente, cada área está distribuida de acuerdo al proceso que realiza, el área de extrusión que es el área estudiada, se basa en la correcta distribución de la materia prima que en este caso son las resinas, colorantes y aditivo, estas son transportadas por medio de montacargas que llevan las tarimas de resinas, según el pedido que realiza el operado a la bodega de materia prima. El despacho es de forma instantánea.

2.8.2. Distribución de acuerdo al producto

Como se mencionó anteriormente que la producción en la planta es de manera intermitente, cuando el área de extrusión tiene su producto terminado, es transportado por un operador a la siguiente área de proceso o bien almacenada esperando a ser procesada.

2.9. Descripción del producto actual

Polímeros y Tecnología es una empresa que alcanza la certificación FSSC-22000, lo cual permite ampliar su diversidad de productos para el área agrícola, industrial y comercial. Debido a esta variedad de productos el área de extrusión genera películas de diferente formulación dependiendo las especificaciones del cliente, según el tipo de extrusora es el producto que se le puede asignar

2.9.1. Materia prima

Como la diversidad de productos es bastante amplia, las materias primas para la realización de películas plásticas abarcan una gran variedad las cuales describimos a continuación.¹⁵

2.9.1.1. Polietileno (PE)

Polímero que se trata para obtener un polietileno de baja o alta densidad.

2.9.1.2. Polipropileno

Es el polímero termoplástico parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio¹⁶

2.9.1.3. Agente de deslizamiento

Sirve para proporcionar el deslizamiento entre dos capas de PE, esto permite que las bolsas o bien puedan despegarse sin mayor esfuerzo. El exceso de este aditivo en mezcla puede causar bloqueo, es decir que el uso en exceso no permitirá el deslizamiento al contrario pegara las caras del PE.¹⁷

¹⁵ Polímeros y Tecnología S.A. *Manual de producción de plásticos, Departamento de producción. Instructivo de inducción del empleado.*

¹⁶ Ibid.

¹⁷ Ibid.

2.9.1.4. Antibloqueo

Este aditivo sirve para evitar el bloqueo una vez que la bobina ha sido extruida. Debido que este aditivo no es compatible con el PE migra una vez termina el proceso de extrusión hacia la superficie, creando una capa deslizante entre toda la bobina.

Al igual que con los agentes de deslizamiento, el crear el antibloqueo puede generar películas excesivamente lisas y brillantes, provocando que la bobina se pegue o genere boqueo.¹⁸

2.9.1.5. Antioxidante

Es un aditivo que evita la oxidación del material, este se usa ya que las bobinas al estar almacenadas en una bodega están expuestas a la humedad.¹⁹

2.10. Diagnóstico general del área de extrusión

Con el objetivo de identificar la situación actual y tener una base de comparación para la propuesta se detallan los aspectos más importantes que influyen en el proceso de producción como los estándares de calidad y las eficiencias actuales.

Estos aspectos son importantes debido a los problemas que se presentan en los procesos posteriores a la extrusión. El aspecto que provoca mayor problema en el área es la cantidad de rechazo que se tiene de los materiales extruidos por las diferentes áreas, lo cual provoca un alto porcentaje de

¹⁸ Polímeros y Tecnología S.A. *Manual de producción de plásticos, Departamento de producción. Instructivo de inducción del empleado.* 2017

¹⁹ Ibid.

desperdicio. Este desperdicio es enviado al departamento de reciclado y por medio de una peletizadora que se somete a alta temperatura a modo de conseguir nuevamente la resina de PE.

Estas resinas ya no pueden extruirse como materiales vírgenes debido a la pérdida de propiedades químicas que se obtuvieron. Este problema causa pérdida de la calidad del producto, así como horas de producción de desperdicio.

2.10.1. Defectos en el proceso de extrusión

Existen diversos factores que afectan la calidad del producto, los defectos son encontrados en las diferentes áreas de producción al momento de seguir el proceso para llegar a obtener el producto terminado. Entre los problemas primordiales encontramos en base a datos proporcionados por el jefe de extrusión en el inciso 2.12 se amplía la información.

- Apariencia
- Arruga
- Bloqueo
- Calibre
- Contaminación
- Grumos
- Mal embobinado

2.11. Accidentes laborales

Como ya se mencionó anteriormente Polytec está dividida en diferentes áreas las cuales son premiadas al cumplir un año sin accidentes, hay áreas que nunca han sido premiadas debido a que la frecuencia en la que presentan accidentes, por ejemplo el área de corte por ser una de las áreas con mayor cantidad de operadores y maquinas tiende a ser de las áreas que no son premiadas debido a la frecuencia en la que ocurren los accidentes, en la mayoría estos accidentes tienden a ser de índice de gravedad bajo, pero se siguen considerando como accidentes.

2.12. Análisis de desempeño

En el área se realizan anualmente dos evaluaciones del desempeño iniciando la primera en junio en donde se examinan las metas trazadas en enero de ese mismo año y la segunda evaluación se realiza en diciembre tomando como punto de partida los objetivos que se establecieron en la primera evaluación, se evalúa diferentes aspectos del área entre los cuales tenemos eficiencia, producción, desperdicio del área, el costo por kilogramo, índice de calidad, número de accidentes, tiempos muertos, matriz de capacitaciones de operadores.

Figura 19. Análisis de desempeño

RESULTADOS EXTRUSIÓN												
	Objetivos de Desempeño	Unidad	Real 2017	Total	Objetivo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	Total
Objetivos depto.	Desperdicio	%	5.23%	4.98%	4.70%	5%	5.02%	4.87%	4.81%	4.38%	4.82%	4.77%
	Eficiencia	%	83%	82%	85.0%	82%	80%	79%	80%	79%	78%	81%
	Costo de conversión	Q/Kg	Q 1.75	Q 1.69	Q 1.61	Q 1.48	Q 1.62	Q 1.58	Q 1.55	1.67		Q 1.58
Desarrollo talento	Matriz A	%	88%	95%	95%	91%	93%	95%	97%	96%	95%	95%
	Matriz B	%	84%	94%	95%	81%	89%	87%	88%	88%	86%	86%
Calidad Gerencial	Numero de accidentes	#	-	3	0	0	1	1	0	0	1	3
	Índice de gravedad	#	-	49	39	0	57	534	0	0	1086	280
	Índice de frecuencia	#	-	4	3	0	19	17	0	0	18	9
Calidad	Índice de calidad	%	2.66%	2.21%	2.5%	2.1%	2.06%	2.55%	1.59%	5.12%	3.05%	2.75%
Mantenimiento	MTEF	h	170.60	182.97	201.27	527.31	551.40	621.44	415.27	438.54	364.06	486.34
	MTTR	h	1.80	1.97	1.78	1.32	2.01	1.73	2.03	1.78	2.05	1.82

Fuente: Polytec. Archivo Evaluación de desempeño.

2.12.1. Estándares técnicos

Los clientes definen los estándares que deben llevar sus productos, debido a que las exigencias del cliente no son las mismas y que cada producto presenta distintas fallas. Las descripciones de abajo son las más comunes en el departamento según indica el supervisor de turno.²⁰

- Apariencia
- Arrugas
- Bloqueo
- Calibre
- COF
- Contaminación

²⁰ Polímeros y Tecnología S.A. Manual de producción de plásticos, Departamento de producción. Instructivo de inducción del empleado. 2017

- Grumos
- Mal embobinado
- Pruebas de materia prima

El factor crítico de las películas es el calibre al tomar unas muestras de la película de polietileno de las extrusoras, se obtienen valores de calibre cercanos al límite inferior o superior y otros fuera de este límite, que son las muestras de una película de baja densidad. Al tener valores cercanos al límite inferior se corre el riesgo de plastificar polietileno de baja densidad con propiedades deficientes, como baja resistencia al rasgado, elongación, tensión y brillo.

2.12.2. Factores que afectan la producción

Entre algunos de los factores más comunes que afectan en gran manera producción según información proporcionada por el supervisor de turno son los siguientes:

- Material de mala calidad
- Personal operativo poco capacitado
- Jornadas de trabajo muy largas
- Paro en la maquinaria por mantenimiento
- Falta de repuestos
- Mala planificación

2.13. Condiciones ambientales de la empresa

Las condiciones ambientales en general en la empresa Polytec son idóneas para los operadores y el personal en general, debido a que la empresa se preocupa no solo en sus clientes sino también en todos sus empleados.

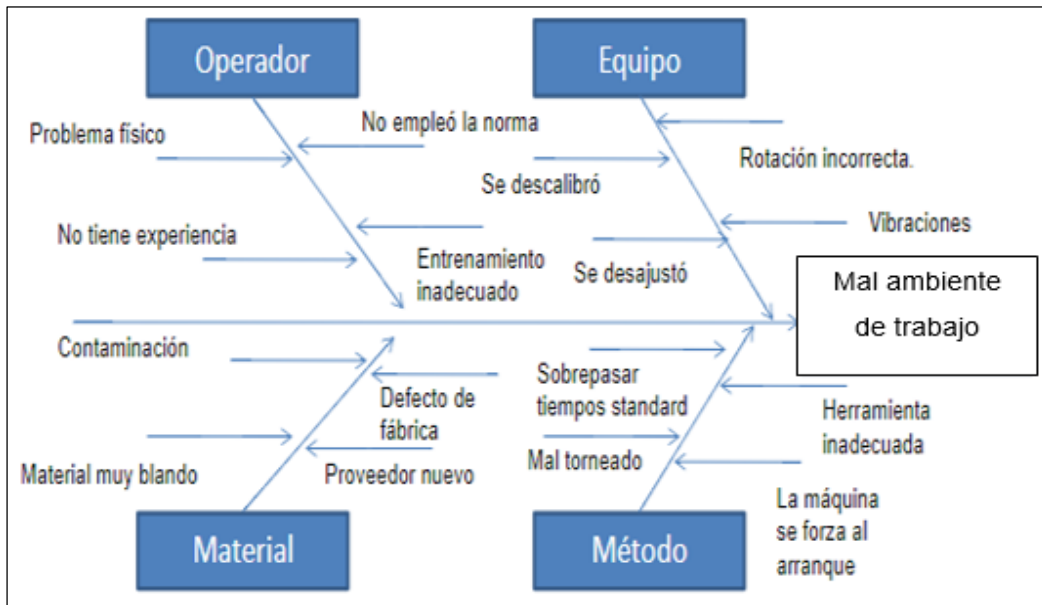
Se busca que periódicamente se tenga capacitaciones al personal operativo y administrativo, así como como actividades de convivencia, como reuniones familiares en centros recreativos, premios mensuales a los mejores trabajadores en sus áreas, estos pueden ser vales de certificado canjeables en supermercados.

2.13.1. Ambiente de trabajo mediante el método de causa y efecto

El diagrama de Ishikawa también conocido como diagrama de pescado o causa y efecto es una de las herramientas de calidad más utilizada para la detección de causas que provocan un problema, las cuales son señaladas por medio de la maquinaria, mano de obra, materiales, métodos y medio ambiente. Cada una de los grupos se estudia por separado y se determina cual es la causa que provoca la mayor variación en el problema.

En la figura 20 se muestra el análisis causas y efecto con respecto del análisis del ambiente de trabajo.

Figura 20. Diagrama de Ishikawa análisis de ambiente de trabajo



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en el análisis el mal ambiente de trabajo se puede dar por alta rotación de personal.

2.14. Situación sobre la seguridad e higiene industrial

Tomando como base el proceso de producción, descrito en este mismo capítulo, se pudieron determinar ciertos riesgos para cada etapa del mismo, que pueden llegar a ser causantes de accidentes y poner en peligro la integridad y seguridad del colaborador, esto se detallan a continuación.

- Extrusión

Es parte clave del proceso de conversión de la materia prima como se ha mencionado anteriormente, un peligro latente durante esta etapa son las altas temperaturas a las que es sometido el polímero para su conversión.

Cuando la materia prima pasa por el tornillo se eleva alrededor de 150 a 200 grados centígrados, aunque mientras se calienta no se necesita intervención de ningún operador, no existe ningún rótulo de advertencia de altas temperaturas.

Durante la etapa de enfriamiento existe un alto riesgo de caídas de herramientas, pues al ser la máquina una torre de alrededor de 10 metros de altura, existe la posibilidad de un accidente de este tipo, cuando el operario tenga que hacer alguna reparación o mantenimiento preventivo a la maquinaria, puede dejar caer herramientas que a su vez pueden herir a colaboradores que se encuentren en la parte baja de la máquina.

2.14.1. Análisis de la seguridad e higiene industrial mediante el método causa y efecto

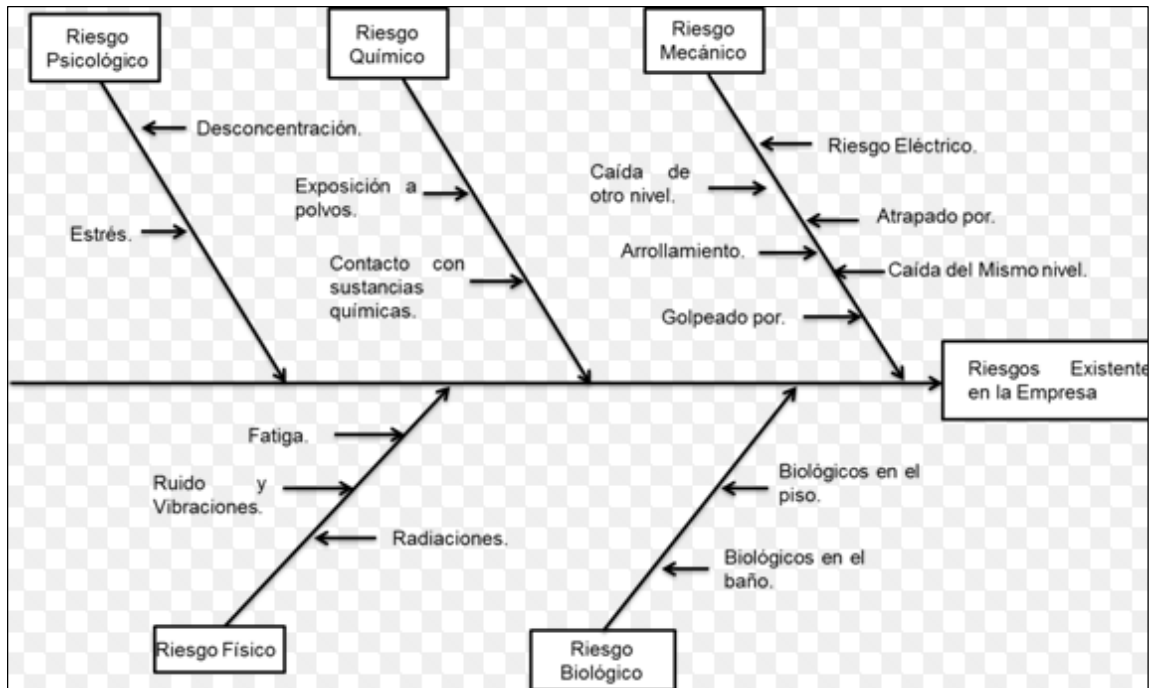
Como se mencionó anteriormente el diagrama de causa y efecto o espina de pescado es una herramienta de la calidad muy útil para la detección de causas que generan un problema, la empresa se preocupa grandemente por la seguridad e higiene de sus colaboradores por lo que analizaremos un estudio de la situación actual en donde cada uno de los empleados esta propenso a un accidente o las situaciones en donde cada uno de los empleados esta propenso a un riesgo o accidente laboral.

Mediante este diagrama se determinan los siguientes riesgos.

- Riesgos biológicos
- Riesgos físicos
- Riesgos psicológicos
- Riesgos mecánicos

- Riesgos químicos

Figura 21. Diagrama causas y efecto seguridad industrial



Fuente: elaboración propia.

Lo riesgos existentes, se pueden dar por no utilizar el equipo de protección personal y seguir las instrucciones de trabajo.

2.15. Condiciones inseguras

El área de extrusión cuenta con 18 extrusoras y 5 coextrusoras, las cuales trabajan las 24 horas del día siendo operadas por uno o dos operarios y un ayudante entre algunas condiciones inseguras que se pueden mencionar en el área son:

- Mala ventilación: se considera ventilación en una industria a la cantidad de aire fresco que entra del exterior al interior de la fábrica, en este caso la planta de producción no cuenta con la ventilación adecuada en el área debido a la mala construcción que se tiene lo cual provoca un gran aumento de temperatura al momento de extruirse los materiales, se cuentan con 10 extractores de aire los cuales no son suficientes para absorción completa del vapor.
- Elementos de protección defectuosos: el área de extrusión cuenta con el equipo necesario para mantener protegidos a sus trabajadores, sin embargo, muchos de los operarios no siguen las instrucciones del uso adecuado del equipo de protección.

2.15.1. Actos inseguros

Un acto inseguro es todo aquello que tiene fallas en su funcionamiento, los olvidos o errores de los empleados, se mencionan algunos actos inseguros ocurridos en el área de extrusión esta información fue proporcionada por el jefe de extrusión:

- No utilizar el equipo de protección personal
- Pasarse un alto
- Hablar por teléfono en la planta
- Derramar materiales en el piso
- Jugar en el área de trabajo
- Transitar por áreas peligrosas
- Ejecutar el trabajo a velocidad no adecuada

2.15.1.1. Señalización Industrial

El área de extrusión y toda la planta de producción cuentan con los diferentes tipos de señalización, esta se basa en las Normas Mínimas De Seguridad en Edificaciones e Instalaciones de uso Público. Según el Acuerdo Número 04-2011, por la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED, la cual tiene como objetivo: establecer los requisitos mínimos de seguridad que deben observarse en edificaciones e instalaciones de uso público, para resguardar a las personas en caso de eventos de origen natural o provocado que puedan poner en riesgo su integridad física. Las normas mínimas de seguridad constituyen el conjunto de medidas y acciones que deben ser implementadas en las edificaciones e instalaciones de uso público para alcanzar el objetivo descrito²¹

- Señalización óptica:
- Señalización acústica

2.15.1.2. Salida de emergencia

El área de extrusión cuenta con tres salidas de emergencia las cuales se encuentran debidamente señalizadas. Se basa en las Normas Mínimas De Seguridad en Edificaciones e Instalaciones de uso Público. Según el Acuerdo Número 04-2011

²¹ Conred, Norma NRD2.

Figura 22. **Salida de emergencia planta**



Fuente: Polytec.

2.15.1.3. Áreas del proceso que presentan mayor riesgo

Tomando como base el proceso de producción descrito en este mismo capítulo, se pudieron determinar ciertos riesgos para cada etapa del mismo, que pueden llegar a ser causantes de accidentes y poner en peligro la integridad y seguridad del colaborador, éstos se detallan a continuación.

Tabla II. **Resumen de riesgos que se presentan en producción**

Aspectos de Seguridad	Situación Actual
Extrusión	<ul style="list-style-type: none"> • Quemaduras • Caídas de herramientas desde la máquina durante reparaciones
Corte	<ul style="list-style-type: none"> • Corte parcial o total de extremidades superiores, como dedos, manos o hasta parte de un brazo.
Impresión	<ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de pintura a base de solvente, consecuencias dolor de cabeza, mareos, irritación en la piel y ojos.
Laminado	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto y manipulación de pegamento altamente irritante a la piel.

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA

Se presenta la propuesta para mejorar la eficiencia en los proceso de producción, iniciando con la identificación de maquinaria, clasificación, rendimiento y propuesta de mejora en los proceso productivos.

3.1. Inventario de la maquinaria en el área de extrusión

El área de extrusión tiene una producción aproximadamente de 1 800,000 toneladas al mes, cuenta con 18 extrusoras y 5 coextrusoras que trabajan las 24 horas del día las cuales producen películas plásticas flexibles de diferentes espesores según las especificaciones del cliente. Trabajan polietileno de alta y baja densidad tratadas a una cara, dos caras o sin tratar. Las velocidades a las cuales corren las extrusoras dependen del material a extruir, sobre todo del calibre y la temperatura. Actualmente los rangos de velocidades a los que corren las extrusoras son 400 a 900 RPM.

3.1.1. Codificación de la maquinaria

La tabla III muestra la codificación actual de las extrusoras:

Tabla III. **Codificación de extrusoras**

Código	Nombre
EXT-01	Extrusora 01
EXT-02	Extrusora 02
EXT-03	Extrusora 03
EXT-04	Extrusora 04
EXT-05	Extrusora 05
EXT-07	Extrusora 07
EXT-11	Extrusora 11
EXT-18	Extrusora 18
EXT-21	Extrusora 21
EXT-22	Extrusora 22
EXT-23	Extrusora 23
EXT-25	Extrusora 25
EXT-26	Extrusora 26
EXT-27	Extrusora 27
EXT-28	Extrusora 28
EXT-29	Extrusora 29
EXT-38	Extrusora 38
EXT-39	Extrusora 39
EXT-45	Extrusora 45
EXT-46	Extrusora 46
EXT-47	Extrusora 47
EXT-48	Extrusora 48
EXT-49	Extrusora 49
EXT-50	Extrusora 50
EXT-51	Extrusora 51

Fuente: elaboración propia.

3.2. Equipo de enfriamiento OFC (OptiChill Free Cooling)

El *free cooling* o enfriamiento sofisticado, aprovecha eficientemente las bajas temperaturas para enfriar el aire y los líquidos para el uso adecuado de las industrias.

3.2.1. Descripción del equipo OFC

Los Chillers con OFC (*OptiChill Free Cooling*) atienden todos los requisitos de aplicaciones industriales para medianas y grandes capacidades de producción. Están disponibles en versiones condensadas a agua, aire. ²²

3.2.2. Principios de funcionamiento

Los chillers con OFC cuentan con compresores tipo tornillo que utilizan dos roscas para comprimir el fluido refrigerante. Un aceite lubricante rellena el espacio entre las roscas, constituyendo un sellado hidráulico y comprimiendo el gas entre los rotores. ²³

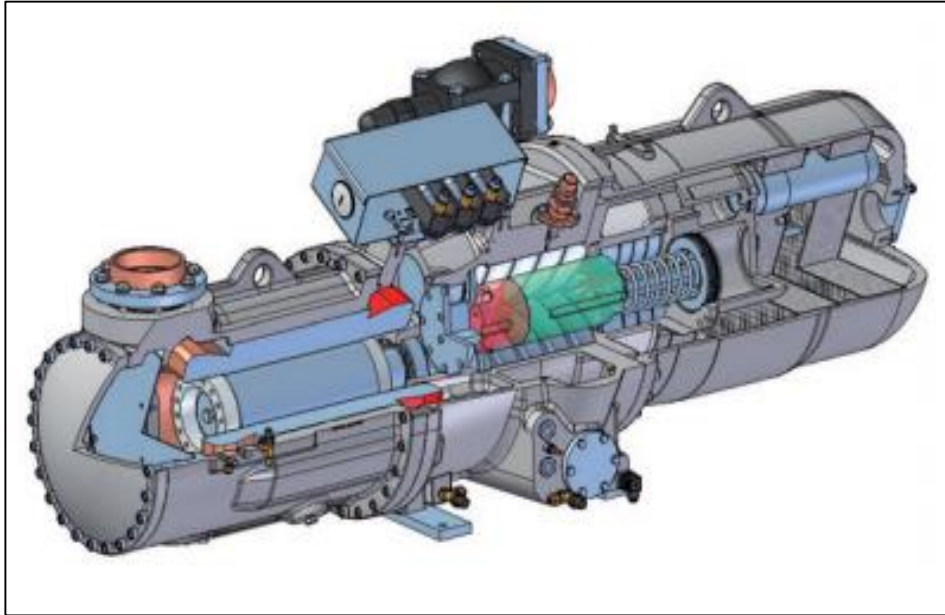
El gas entra por el lado de la succión y, a medida que las roscas giran, es desplazado a lo largo de las mismas. Los espacios entre los hilos de las roscas disminuyen y comprimen el gas. El gas comprimido sale por las extremidades de las roscas. ²⁴

²² MORTON, Jones. *Procesamiento de plásticos. Inyección y moldeo*. p.27.

²³ *Ibíd.*

²⁴ *Ibíd.*

Figura 23. **Compresor tipo tornillo**

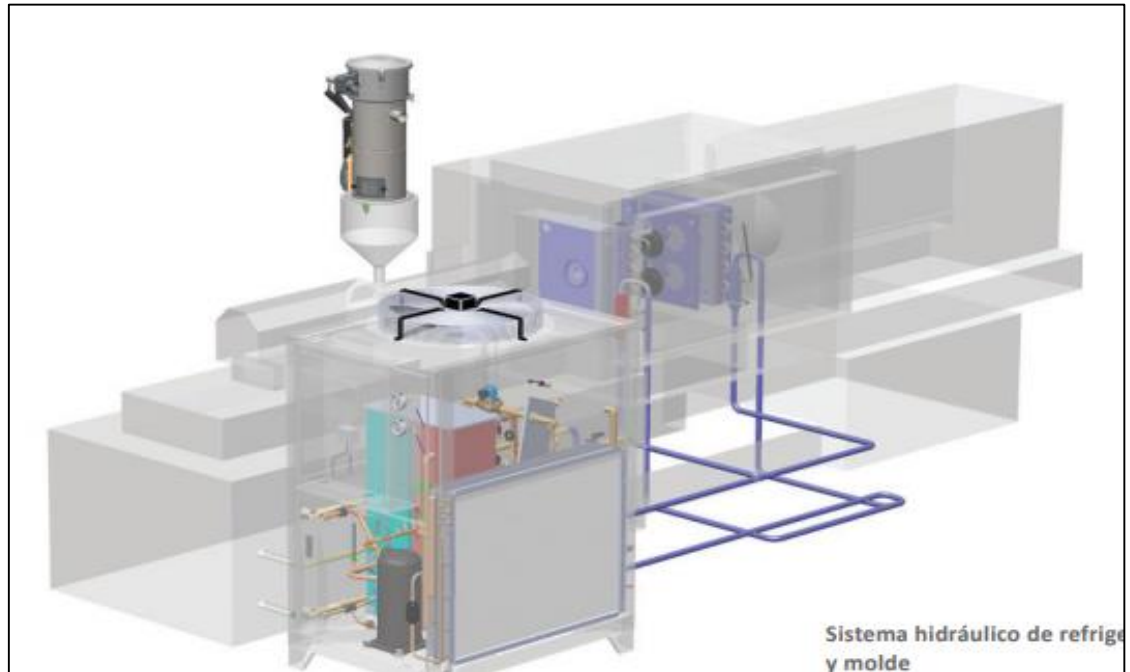


Fuente: KAESER. www.kaeser.com. *Equipamentos/Refrigeration*. Consulta: 12 de abril de 2018

Integra doble control de temperatura y la tecnología *free-cooling*. Puede calentar y enfría procesos de inyección soplado, extrusión, termo modelado e impresión. El doble circuito hidráulico abierto y el intercambio de calor directo suministran para cada circuito, agua con temperatura, presión y flujo específicos, garantizando el máximo desempeño del proceso productivo.

Para refrigeración de agua industrial en circuito cerrado, garantizando temperaturas constantes y uniformes, sin desperdicio de agua. Pueden ser suministrados en diversos tamaños y capacidades térmicas, ofreciendo mayor flexibilidad para cualquier aplicación.

Figura 24. **Doble circuito free cooling**



Fuente: KAESER. www.kaeser.com. *Equipamentos/Refrigeration*. Consulta 12 de abril 2018.

3.2.3. Rendimiento de equipo

- El rendimiento del equipo se basa en la fiabilidad, eficiencia y flexibilidad.
- Fiabilidad: es independiente, teniendo hasta 4 circuitos de refrigeración lo cual garantiza que su funcionamiento no se detenga en ningún punto. La carcasa semihermética permite el mantenimiento interno del compresor. ²⁵
 - Eficiencia: la eficiencia recalca más en el ahorro energético, debido a que la temperatura en las máquinas estará estable en las diferentes horas y turnos del día. Cuenta con un evaporador de tipo casco-tubo el cual ayuda a incrementar

²⁵ MORTON, Jones. *Procesamiento de plásticos. Inyección y moldeo*. p.56.

la eficiencia. Las válvulas de expansión directa desarrollada para el funcionamiento preferencial con gas refrigerante.

- Flexibilidad: regulación permanente para capacidad de refrigeración de 25 al 100 %.
- Reducción de consumo
 - Energía: se disminuye el consumo energético debido no es necesario activar compresores sino únicamente los ventiladores del equipo, la temperatura de las extrusoras se mantiene constante a lo largo del turno.
 - Costo mínimo: como ya mencionó anteriormente, la eficiencia energética aumenta, lo cual hace que disminuya el costo el consumo y por consiguiente disminuye la cantidad de kw consumidos. Al ser un sistema cerrado, hace que el agua circule de manera eficiente el consumo de agua circulada en todo el sistema de enfriamiento.
 - Flexibilidad: el equipo de enfriamiento es bastante flexible en los procesos debido a que la presión puede regularse fácilmente en durante las horas de productivas.

3.3. Determinación del tipo de mantenimiento a aplicar en la maquinaria

El mantenimiento puede ser predictivo, preventivo o correctivo y es el conjunto de operaciones, procesos y cuidados, que se la realizan a

instalaciones, unidades y maquinarias, con el objetivo de que estas sigan funcionando de la manera adecuada y en condiciones satisfactorias.

3.3.1. Mantenimiento preventivo

Las empresas usualmente no realizan un mantenimiento preventivo en la maquina, esto debido a que la cultura de realizar este proceso no ha sido inculcada en todas las empresas.

Se busca realizar un mantenimiento preventivo al equipo de enfriamiento y a las extrusoras con el fin de alargar su vida útil y evitar daños mayores e irreparables a lo largo del tiempo.

Durante el mantenimiento preventivo se debe cerciorar que los equipos estén lubricados y limpios, esto debe programarse acorde a las horas en que las maquinas estén trabajando

3.3.1.1. Importancia del mantenimiento preventivo

Todas las empresas que tengan una proyección de la producción tienen presente que el óptimo funcionamiento de las máquinas es la raíz para alcanzar sus metas, por consiguiente el mantenimiento preventivo de los equipos es esencial para evitar problemas de mal funcionamiento o no cumplir las metas productivas por fallas en los equipos.

El mantenimiento preventivo puede involucrar a un número variables de tareas, como por ejemplo reemplazar equipos o insumos que los mismos utilicen, o también la generación de diagnósticos que permitan buscar inconveniente y soluciones.

Con el paso del tiempo se van diseñando diversos procedimientos que permiten tener bajo control los problemas más típicos y recurrentes, de forma tal que un trabajo de estas características tienda a simplificarse. En efecto, el mantenimiento de esta índole suele ser bastante cíclico, los problemas que pueden acaecer serán pertenecientes a un universo acotado de posibilidades; mantener un buen manual de procedimiento sin lugar a dudas será suficiente para mejorar enormemente en este sentido²⁶.

3.3.1.2. Ventajas del mantenimiento preventivo

- Ayuda a disminuir considerablemente la necesidad de llevar a cabo mantenimientos correctivos.
- Reducción de costos en relación al mantenimiento correctivo.
- Disminución de fugas en los equipos.
- No hay paros imprevistos en la maquinaria debido a que se programan los mantenimientos preventivos.
- Ayuda a tener una proyección asertiva en la producción y un manejo adecuado de los tiempos productivos.

3.4. Otros tipos de mantenimiento aplicados en la industria

El mantenimiento correctivo y predictivo son importantes en la utilización de los equipos.

3.4.1. Mantenimiento correctivo

Cuando la maquinaria se detiene sin paro programado por falla en alguna de sus partes, interrumpiendo el flujo productivo con el que se venía trabajando

²⁶ MORALES, Daniel. Mantenimiento Preventivo. *Check list de mantenimiento e indicadores*. p.37.

es cuando se debe de realizar un mantenimiento correctivo, el cual consiste en el cambio parcial de alguna de sus partes, este mantenimiento se debe a un escaso o nulo mantenimiento preventivo que al no realizarse de manera correcta provoca cambios notorios en la maquinaria.

En muchas ocasiones por la falta de atención en los equipos las empresas se basan únicamente en el mantenimiento correctivo, día a día se encargan de reparar fugas de aceite, agua, mal calibración, desgaste de válvulas o cualquier otro tipo de avería que ocurra dentro de la planta.

Dentro de la empresa debe existir un inventario de repuestos que ayude a tener un menor tiempo de entrega en las maquinas, para evitar perdida de producción y entrega en los clientes.

3.4.2. Mantenimiento condicional o predictivo

El objetivo que busca este mantenimiento es el de mantener una línea de información constate acerca de la operación y estado de las instalaciones, para ellos se basa en la recopilación y almacenamiento de distintas variables física de la unidad como presión, consumo eléctrico, temperatura.

Dependiendo de la variación de estas, se podrá determinar si es un indicativo de problemas en la unidad. Requiere tener un personal capacitado con conocimientos tecnológicos, apto para manejar distintos medios técnicos.

3.5. Personal encargado de operar la maquinaria

Para poder tener un buen control de mantenimiento tanto preventivo como correctivo se tiene al Departamento de mantenimiento que se encarga del

manteniendo de las maquinas, equipos, torres de enfriamiento, edificios. Este personal cuenta con adiestramiento y capacitación en el INTECAP.

3.5.1. Descripción de puestos

Se presenta la descripción del puesto técnico para el Departamento de Mantenimiento de la empresa en estudio.

Tabla IV. **Descriptor de puesto técnico**

Nombre del puesto	Técnico en refrigeración y electricidad
Área	Mantenimiento
Educación	Técnico en refrigeración
Edad	20 a 40 años
Sexo	Masculino
Experiencia	Tres años en puesto similar
Descripción general del puesto	Atender las ordenes de trabajo, verbales y por escrito, que implique realizar tareas en el área de mantenimiento
Funciones	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión del buen funcionamiento de los equipos de aire acondicionado y refrigeradores. • Detectar anomalías y diagnosticar la magnitud de las fallas. • Reparación de fallas en equipos de aire acondicionado y refrigeradores, ya sea soldando tuberías, hacer vacío, cargar gas freón 12 ó 22, arreglo de tableros eléctricos, de los distintos tipos de equipos de aire acondicionado. • Examinar ductos de aire acondicionado. • Análisis sistema de bombeo de los equipos Chiller. • Controlar los sistemas eléctrico de los equipos. • Realizar instalaciones eléctricas a equipos nuevos o que se cambien de ubicación. • Realizar cualquiera de las funciones específicas de Mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

3.6. Planeación de procesos

Para la realización de cualquier tipo de estrategia se deben tener los objetivos concretos de la planeación. Se trata de una previsión de futuro y definición de una estrategia para alcanzar los resultados esperados. Al momento de instalar el equipo OFC (sistema óptimo de enfriamiento), los procesos internos de la empresa no se verán afectados quedando de la misma forma que con torres de enfriamiento. Reduciendo los paros en las extrusoras.

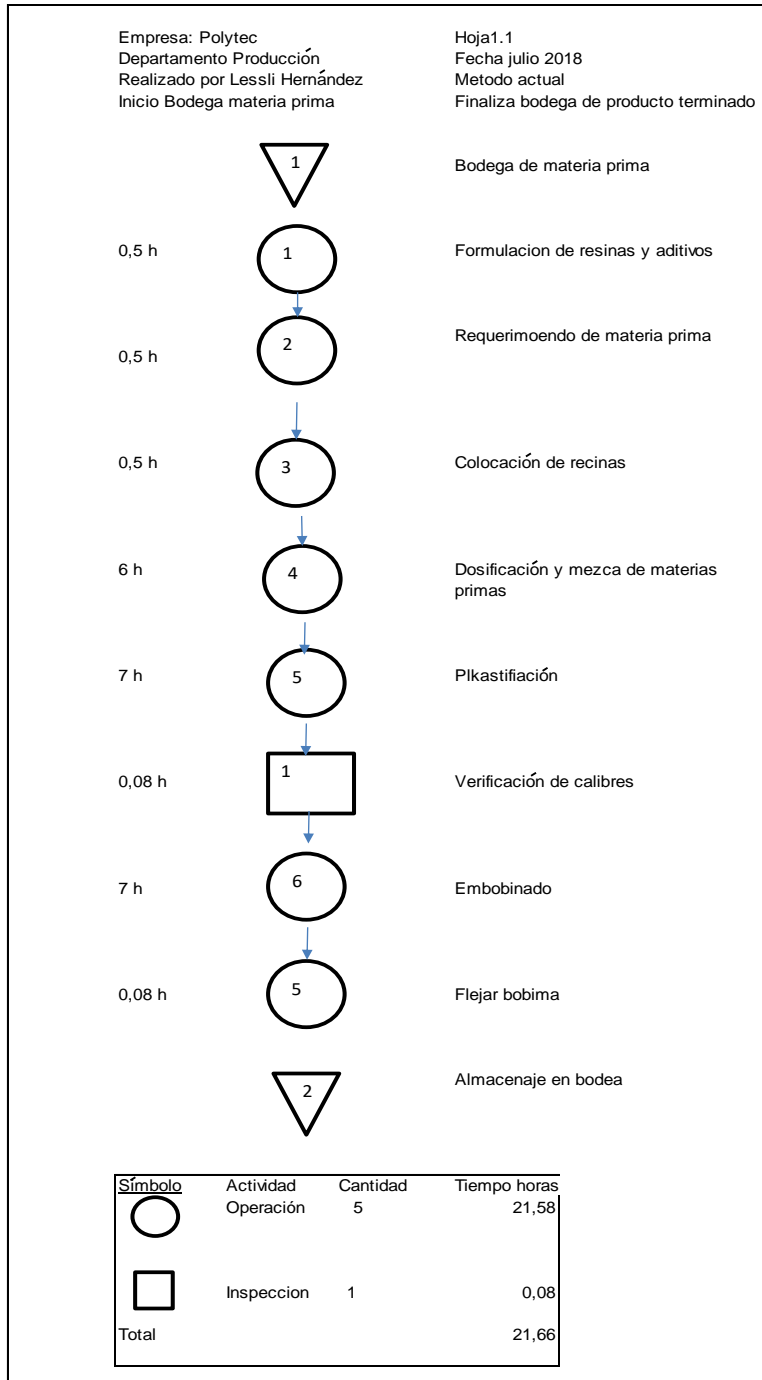
3.6.1. Diagrama de operaciones

Un Diagrama de operaciones de procesos muestra gráficamente las operaciones e inspecciones realizadas mediante un orden lógico y cronológico incluyendo los materiales utilizados.

3.6.2. Diagrama de flujo

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del proceso de extrusión para una orden de 500 kg. El tiempo de dosificación, mezcla y embobinado dependerá de la cantidad de kilos a producir y de la velocidad de la extrusora. Para este diagrama se eligió una velocidad de 25 kg/h, este valor se obtuvo al tomar la lectura de la velocidad lineal del embobinado y el rendimiento de la película de polietileno.

Figura 25. Diagrama de flujo proceso de extrusión



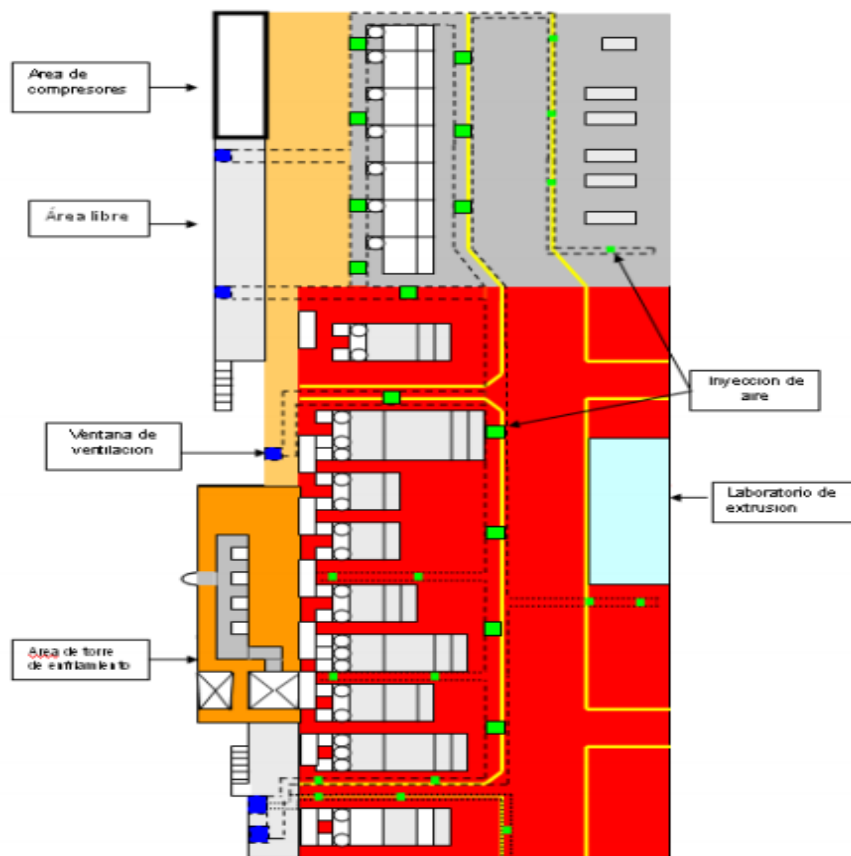
Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

3.6.3. Diagrama de recorrido

Un diagrama de recorrido es un esquema de distribución de planta en un plano que muestra dónde se realizan todas las actividades que aparecen en el diagrama de flujo de proceso.

Figura 26. Diagrama de recorrido proceso de extrusión

Empresa: Polytec	Hoja1.1
Departamento Producción	Fecha julio 2018
Realizado por Lessli Hernández	Método actúa
Inicio bodega materia prima	Finaliza bodega de producto terminado

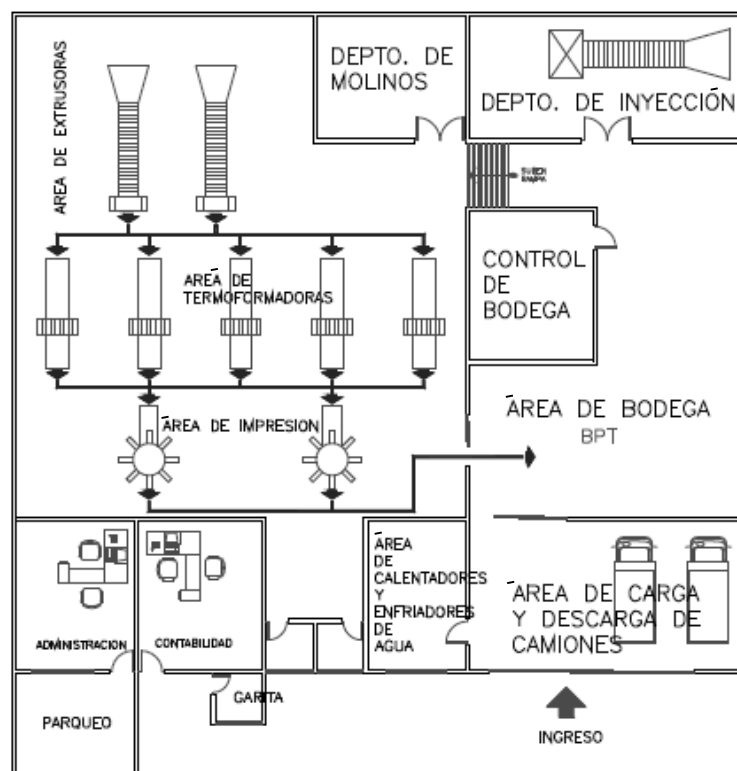


Fuente: Polytec. Archivos Industria.

3.6.4. Distribución de la planta

A continuación se les presenta un plano general de cómo se encuentra distribuido la planta en la actualidad.

Figura 27. Distribución de planta industria Polytec



Fuente: Polytec. Archivos Industria.

- Distribución de acuerdo al proceso

La distribución en planta se determina conforme a cada uno de los procesos, debido a que según el orden lógico de cada uno de los procesos es la forma en que se distribuye tanto la maquinaria y materia prima, se debe considerar las bodegas de materia prima y bodega de producto terminado.

3.7. Recursos técnicos

Son aquellos que servirán como herramientas e instrumentos auxiliares en la coordinación de los otros recursos, pueden ser:

Control de eficiencias y rendimientos: los supervisores y jefe de producción poseen formatos en donde se encuentran registrados todos los datos de producción y desperdicios de cada uno de los días en que la planta se mantiene en funcionamiento, estos datos son reales y son comparados con los datos teóricos de producción; los datos o lecturas teóricas se obtienen por medio de las lecturas del tacómetro. Se establece una diferencia entre la producción real y la teórica, para así obtener la eficiencia con que se encuentra trabajando cada una de las máquinas, al igual se realiza una comparación de la cantidad producida contra los desperdicios, para obtener los rendimientos individuales de cada una de las máquinas; estos controles permiten determinar las máquinas que requieren de mantenimiento o los operadores que están presentando problema a la hora de utilizarlas.

3.7.1. Recomendaciones del fabricante

El manual de instalaciones chillers realizado por el especialista en enfriamiento Bohn destaca que es de suma importancia tomar en consideración las siguientes medidas antes de la instalación del equipo.²⁷

- Asegurar que el aire pueda circular de manera eficiente en el área instalada.
- Eliminar los obstáculos que pueden provocar fallas en el transporte del equipo.

²⁷ Mini chillers. *Manual de instalación*. p.15.

- Tener las instalaciones adecuadas para evitar que el aire caliente no regrese al área.
- Examinar adecuadamente la tubería para evitar fugas, obstrucciones y/o averías.
- Si la planta no cuenta con una buena circulación de aire, es necesario considerar la colocación de ductos de transporte o extractores que garanticen la expulsión del aire dentro del área en donde se instala el equipo.
- Asegurarse que la zona en donde se llevara a cabo la instalación se encuentre exenta de polvo y/o aceite para evitar bloque en el equipo.
- Evitar que el área en donde se realizara la instalación no se encuentre en contacto o muy cercana a gases inflamables para disminuir riesgos y accidentes.
- Proporcionar espacios suficientemente amplios para la instalación, garantizando un fácil acceso a todas las partes.

3.7.2. Recomendaciones de las otras máquinas similares

Además de las recomendaciones anteriores otras máquinas similares como TRANE Chiller hacen las siguientes recomendaciones²⁸:

- Todo el cableado debe cumplir los códigos locales y la normativa vigente.

Para evitar el riesgo de lesiones graves o mortales o que el equipo o el inmueble puedan resultar dañados, deben seguirse las recomendaciones siguientes al efectuar revisiones o reparaciones:

²⁸ Chiller Trane. *modelo de unidades*. p.18.

- Las presiones de prueba de alta y baja presión permitidas para la comprobación de la existencia de fugas. Es indispensable disponer de un regulador de presión.
- Desconecte siempre la fuente de alimentación principal de la unidad antes de trabajar en la misma.
- Los trabajos de revisión o reparación del sistema de refrigeración y del sistema eléctrico deben llevarse a cabo solo por personal técnico experimentado y cualificado.

3.7.3. Experiencia propia

Como ya se mencionó actualmente la empresa Polytec no cuenta con ninguna experiencia en Chiller OFC (sistema óptimo de enfriamiento). De tal manera sería su primera experiencia con este equipo.

3.7.4. Documentación técnica

La documentación técnica hace referencia del funcionamiento de la maquinaria en óptimas condiciones.

- Características
 - *HFC refrigerant R-410-A*
 - *Carlyle Semi-hermetic Serviceable*
 - *Compressor efficient valve design –*
 - *Designed for newer HFC refrigerants*

- *(versus fixed Vi of Scroll).*
- *Electronic processor Based*
- *Shell and Tube Heat Exchanger*
- *Brazed Plate Option*
- *Microchannel Aluminium Condenser*
- *0°F to 65°F glycol/water Temperatures*
- *50/60 Hz available*
- *One Chiller meets all Industrial*
- *Temperature Applications!*
- *-40°F to 0°F options*
- *Belt free, external shaft free axial fans*

Fuente: Chiller Trane. *Modelo de unidades. p.13.*

3.8. Diagrama para el estudio de la eficiencia

Este análisis completa la evaluación de impacto ya que permite conocer:

- si el impacto fue conseguido (eficacia)
- si el impacto generado justifica el costo de la acción (eficiencia)
- si pueden existir alternativas más eficaces y eficientes para lograr el mismo impacto.

Existen técnicas para el análisis de datos que pueden ser herramientas útiles en un proceso de mejora continua y en la solución de los diversos problemas a que éstas se enfrentan. Dos de las cuales se analizan a continuación:

3.8.1. Diagrama causa y efecto

El diagrama causa efecto es una herramienta de calidad que ayuda a agrupar los problemas de una área específica en la rama que le corresponde. Conforme se detecta una nueva subcausa se coloca en cada una de las espinas del pescado hasta concretar cuál es la causa que más afecta en el proceso.

El diagrama evita la pérdida de tiempo en buscar soluciones a problemas que únicamente son subcausas de una causa principal.

Se utiliza para descubrir de manera sistemática la relación de causas y efectos que afectan a un determinado problema.

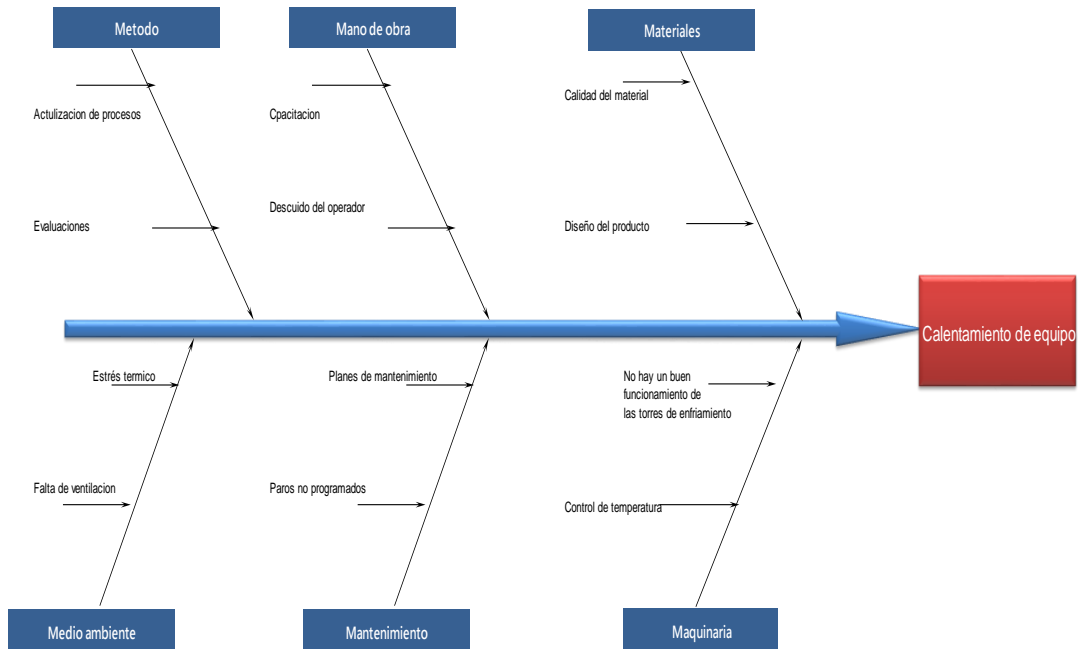
El diagrama de Ishikawa divide cada una de sus ramas en las 5 M las cuales se mencionan a continuación.

- Métodos
- Mano de obra
- Maquinaria
- Materiales
- Medio ambiente

Entre los beneficios que presenta esta técnica se puede mencionar que permite de una manera sistemática concentrarse en las causas que están afectando un problema y una forma clara establecer las interrelaciones entre esas causas y el problema en estudio, así como subdividir las causas principales en causas primarias, secundarias y terciarias²⁹.

²⁹ GONZALEZ Gerardo, *Calidad y Gestion*. p.17.

Figura 28. Diagrama causa efecto para el estudio de la eficiencia



Fuente: elaboración propia.

3.8.2. Diagrama de Pareto

Se presenta el diagrama de Pareto para establecer el problema que se suscita en el área de producción.

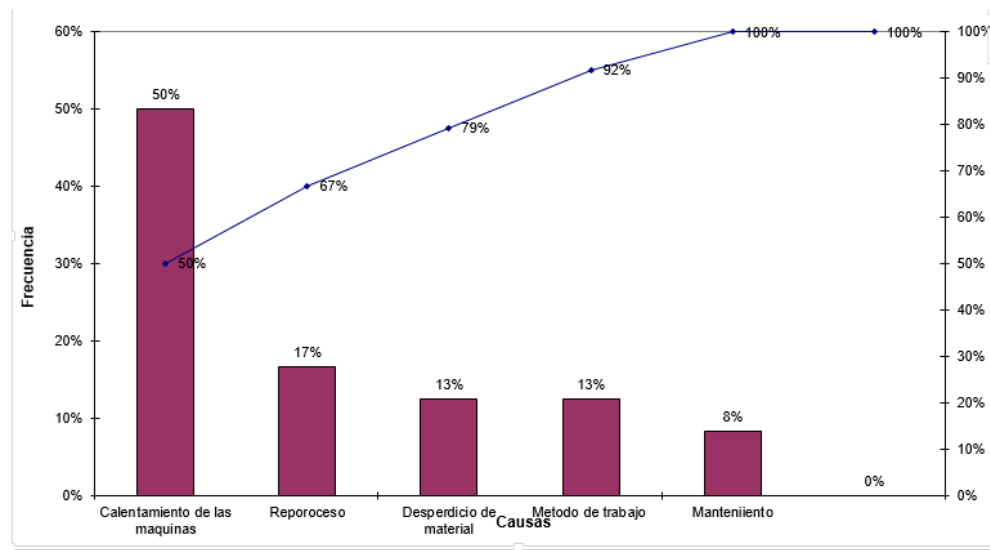
Como se observa se produce un calentamiento en las máquinas ante la falta de un sistema de enfriamiento.

Tabla V. Diagrama de Pareto

CAUSAS	Frecuencia	Frec. Normaliz	Frec. Acumulada
Calentamiento de las maquinas	60	50	0.50
Reproceso	20	17	0.67
Desperdicio de material	15	13	0.79
Método de trabajo	15	13	0.92
Mantenimiento	10	8	1.00

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. Diagrama de Pareto para el estudio de la eficiencia



Fuente: elaboración propia.

3.9. Costos de operación

Los costos operativos son de gran importancia en el sector industria debido a que con base en ello se determina el costo de las unidades producidas y a los costos que se le deben asignar a los diferentes proyectos.

3.9.1. Análisis financiero

A continuación, se muestra la tabla VI resumen de los costos del equipo básico necesario, así como equipo que fue considerado. Para obtener un costo total de todo lo necesario para la instalación del chiller con *free cooling*:

Representan únicamente una tentativa en la anticipación de los costos reales y están sujetos a rectificaciones a medida que se comparan con los mismos y a medida que avanza el proyecto.

Se realiza una solicitud al proveedor a través del portal www.cosmotec/product.com, brindado la información necesaria para realizar el costo de instalación, la cotización fue realizada por el gerente de producción por políticas internas de la empresa solo fue proporcionada la información necesaria para realizar el análisis económico, tiempo de compras, formas de pago, detalles propios de la relación cliente- empresa no fueron proporcionados debido a la confiabilidad de la información

Tabla VI. **Costos totales para la instalación del chiller**

Componente	Medida	Cantidad necesaria	Costo
Chiller con <i>free cooling</i>		1	Q 225 000.00
Codos largos 90	4 "	16	Q 160.00
Válvulas compuerta	1 1/4"	8	Q 64.00
	1 1/2"	10	Q 70.00
	4"	8	Q 80.00
Tubería	2 1/2"	36 metros	Q 288.00
	1 1/2"	6 metros	Q 58.00
	1 1/4"	6 metros	Q 48.00
	4"	6 metros	Q 30.00
Bridas	4"	80	Q 400.00
	2 1/2"	12	Q 60.00
Filtro	4"	2	Q 300.00
			Q 226,558.00

Fuente: Chiller Trane. *Modelo de unidades. p. 12.*

- Financiamiento para la inversión.

El crédito es una variable relevante en el proceso de inversión al movilizar los recursos que necesitan determinados proyectos y al constituirse en un filtro inicial para los mismos, a partir de la evaluación previa que se hace para determinar la viabilidad financiera del proyecto de inversión, su rentabilidad y su riesgo. Cada vez que una empresa logra acceso a una fuente de financiamiento, debe interpretarse que existen las condiciones que hacen funcionar con eficiencia el proceso de intermediación financiera y que se ha iniciado un nuevo círculo entre el ahorro y la inversión que posteriormente impactará en el crecimiento.

- Tasa de interés bancaria actual.

A continuación, se muestra la tasa de interés bancaria actual para los diferentes bancos del sistema nacional. Se analizará cuál de todos los bancos del sistema puede dar la mejor tasa de interés³⁰.

Tabla VII. **Tasa de interés bancaria actual**

INSTITUCIONES BANCARIAS	EMPRESARIAL MENOR
EL CRÉDITO HIPOTECARIO NACIONAL DE GUATEMALA	10.96
INMOBILIARIO, S. A.	12.74
DE LOS TRABAJADORES	15.01
INDUSTRIAL, S. A.	9.43
DE DESARROLLO RURAL, S. A.	12.1
INTERNACIONAL, S. A.	9.86
CITIBANK, N.A., SUCURSAL GUATEMALA	36
VIVIBANCO, S. A.	12.7
FICOHSA GUATEMALA, S. A.	11.87
PROMERICA, S. A.	13.78
DE ANTIGUA, S. A.	23.42
DE AMÉRICA CENTRAL, S. A.	8.97
CITIBANK DE GUATEMALA, S. A.	11.66
AGROMERCANTIL DE GUATEMALA, S. A.	9.65
G&T CONTINENTAL, S. A.	13.03
DE CRÉDITO, S. A.	13.12
AZTECA DE GUATEMALA, S. A.	16
INV, S. A.	11.02

Fuente: *Super intendencia de Bancos en Guatemala*. Enero 2017. p.o.

³⁰ *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*, 2018. p.24.

- Evaluación financiera

Se obtendrá un préstamo de parte de los bancos del sistema en este caso se escogió la tasa del banco de 9.43 % perteneciente al Banco Industrial. En el cual se utilizará para cubrir los costos de operación inicial el cual según la tabla de costos totales para la instalación de *chiller*. Hacienden a una cantidad de Q226 558.00

El monto total del préstamo obtenido será de Q 226 558.00 cuyos pagos mensuales se muestran en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Control de pagos de préstamo bancario**

Importe del préstamo		Q 226,558.00					
Interés anual		9.430%					
Periodo del prestamo en meses		6					
No.	Fecha del pago	Balance inicial	Pago programado	Pago total	Capital	Interés	Balance final
1	1/01/2017	Q 225,000.00	Q 38,804.99	Q 38,804.99	Q 37,024.62	Q 1,780.37	Q 189,533.38
2	1/02/2017	Q 188,229.99	Q 38,804.99	Q 38,804.99	Q 37,315.57	Q 1,489.42	Q 152,217.81
3	1/03/2017	Q 151,171.03	Q 38,804.99	Q 38,804.99	Q 37,608.81	Q 1,196.18	Q 114,609.00
4	1/04/2017	Q 113,820.85	Q 38,804.99	Q 38,804.99	Q 37,904.35	Q 900.64	Q 76,704.64
5	1/05/2017	Q 76,177.16	Q 38,804.99	Q 38,804.99	Q 38,202.22	Q 602.77	Q 38,502.42
6	1/06/2017	Q 38,237.65	Q 38,804.99	Q 38,804.99	Q 38,502.42	Q 302.56	-Q 0.00

Fuente: elaboración propia.

- Ingresos mensuales esperados

Las métricas de ingresos esperados ofrecen una visión combinada de datos revisados de las propuestas de los ingresos debido a los eventos (expediciones) que se realizarán en un mes.

Figura 30. Ahorro mensual esperado por extrusora

	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Promedio	Incremento	Ahorro mensual
EXT-01	Q 11,243.08	Q 14,003.42	Q 14,186.65	Q 13,343.29	Q 13,194.11	Q 15,230.78	Q 2,036.67
EXT-02	Q 34,656.40	Q 31,210.40	Q 35,493.40	Q 32,099.00	Q 33,364.80	Q 38,550.08	Q 5,185.28
EXT-03	Q 41,298.26	Q 41,228.19	Q 36,260.78	Q 47,051.79	Q 41,459.75	Q 46,362.06	Q 4,902.30
EXT-04	Q 45,210.45	Q 38,928.48	Q 38,498.60	Q 36,383.54	Q 39,755.27	Q 45,297.92	Q 5,542.65
EXT-05	Q 14,018.46	Q 12,362.25	Q 11,698.34	Q 8,835.62	Q 11,728.67	Q 12,629.07	Q 900.40
EXT-07	Q 46,767.40	Q 36,338.20	Q 42,072.91	Q 35,397.40	Q 40,143.98	Q 43,395.84	Q 3,251.86
EXT-11	Q 16,082.66	Q 11,396.08	Q 9,406.05	Q 8,487.72	Q 11,343.13	Q 12,718.14	Q 1,375.01
EXT-18	Q 33,922.61	Q 46,069.40	Q 51,480.21	Q 48,572.60	Q 45,011.20	Q 46,133.21	Q 1,122.01
EXT-21	Q 44,643.00	Q 32,506.28	Q 36,398.80	Q 33,902.77	Q 36,862.71	Q 39,944.65	Q 3,081.94
EXT-22	Q 210,301.92	Q 40,852.40	Q 37,184.40	Q 46,203.80	Q 83,635.63	Q 91,846.85	Q 8,211.22
EXT-23	Q 53,822.07	Q 161,038.98	Q 165,695.06	Q 167,755.83	Q 137,077.99	Q 154,521.60	Q 17,443.62
EXT-25	Q 179,651.00	Q 50,946.45	Q 60,629.83	Q 47,997.79	Q 84,806.27	Q 100,309.19	Q 15,502.92
EXT-26	Q 297,360.62	Q 179,016.80	Q 94,365.61	Q 167,506.00	Q 184,562.26	Q 203,892.34	Q 19,330.09
EXT-27	Q 193,713.13	Q 331,794.06	Q 300,201.96	Q 323,317.51	Q 287,256.66	Q 311,364.16	Q 24,107.49
EXT-28	Q 237,219.40	Q 187,461.36	Q 177,615.02	Q 185,751.50	Q 197,011.82	Q 220,002.16	Q 22,990.34
EXT-29	Q -	Q 193,192.60	Q 208,672.39	Q 225,698.40	Q 156,890.85	Q 190,948.60	Q 34,057.75
EXT-38	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
EXT-39	Q 75,396.00	Q 29,375.00	Q 52,353.00	Q 36,753.40	Q 48,469.35	Q 52,509.00	Q 4,039.65
EXT-45	Q 13,429.45	Q 70,338.60	Q 74,523.60	Q 67,289.60	Q 56,395.31	Q 61,342.64	Q 4,947.33
EXT-46	Q 13,704.25	Q 21,227.48	Q 21,647.79	Q 20,711.25	Q 19,322.69	Q 20,653.16	Q 1,330.47
EXT-47	Q 16,222.22	Q 14,873.68	Q 17,293.87	Q 14,940.20	Q 15,832.49	Q 16,890.95	Q 1,058.46
EXT-48	Q 136,025.80	Q 18,011.63	Q 19,190.69	Q 17,590.24	Q 47,704.59	Q 52,899.53	Q 5,194.94
EXT-49	Q 105,953.40	Q 120,783.40	Q 134,315.20	Q 114,325.20	Q 118,844.30	Q 127,447.98	Q 8,603.68
EXT-50	Q 3,205.06	Q 98,793.00	Q 100,625.20	Q 99,729.40	Q 75,588.16	Q 84,070.91	Q 8,482.75
EXT-51	Q 128,448.20	Q 7,925.00	Q 18,912.77	Q 16,463.66	Q 42,937.41	Q 47,991.24	Q 5,053.83
							Q 207,752.67

Fuente: elaboración propia.

- Proyección de flujo de caja

Para el análisis se hace necesaria una proyección precisa del flujo de caja. El flujo de caja puede proteger a la organización, de posibles problemas en el futuro. Este análisis muestra los importes de dinero que el proyecto puesto en marcha espera recibir y pagar mes a mes durante un período que comprende los 6 meses siguientes:

Tabla IX. **Flujo de caja de la instalación de chiller con *free cooling***

Costo Inicial de Operación	Mes inicial	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Chiller con free cooling	Q 225,000.00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
Codos largos 90	Q 160.00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
Valculas compuerta	Q 64.00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
	Q 70.00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
	Q 80.00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
Tuberia	Q 288.00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
	Q 58.00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
	Q 48.00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
	Q 30.00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
Bridas	Q 400.00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
	Q 60.00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
Filtro	Q 300.00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
Costos mensuales							
Pago de prestamo	Q -	Q 38,804.99	Q 38,804.99	Q 38,804.99	Q 38,804.99	Q 38,804.99	Q 38,804.99
Costo mensual de electricidad	Q -	Q 15,000.00	Q 15,000.00	Q 15,000.00	Q 15,000.00	Q 15,000.00	Q 15,000.00
Costo mensual por mantenimiento	Q -	Q 1,000.00	Q 1,000.00	Q 1,000.00	Q 1,000.00	Q 1,000.00	Q 1,000.00
Total de costos	Q 226,558.00	Q 54,804.99	Q 54,804.99	Q 54,804.99	Q 54,804.99	Q 54,804.99	Q 54,804.99
Ingresos							
Saldo inicial mensual	Q -	Q -	Q 152,947.68	Q 305,895.36	Q 458,843.04	Q 611,790.72	Q 764,738.40
Prestamo bancario	Q 226,558.00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
ingresos mensuales por mejora	Q -	Q 207,752.67	Q 207,752.67	Q 207,752.67	Q 207,752.67	Q 207,752.67	Q 207,752.67
Total de ingresos	Q 226,558.00	Q 207,752.67	Q 360,700.35	Q 513,648.03	Q 666,595.71	Q 819,543.39	Q 972,491.07
Saldo final mensual	Q -	Q 152,947.68	Q 305,895.36	Q 458,843.04	Q 611,790.72	Q 764,738.40	Q 917,686.08

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la tabla VIII. El punto de equilibrio se alcanzará desde el primer mes esto es gracias al préstamo que se obtendrá y se pagará en cuotas niveladas.

3.9.2. Valor presente neto

El cálculo del valor presente neto se calcula según la tabla XI y la tasa de interés actual que pagan los bancos en Guatemala actualmente es de 4.38 % mientras que el ritmo de inflación actual es de 4.36 % según datos de la Superintendencia de Bancos de Guatemala.

Se calcula el TREMA debido a que esta sirve para calcular el VAN, TIR y B/C en la siguiente tabla X el cálculo de la TREMA para obtener el VPN.

La TREMA utilizada para el cálculo del VPN es de 18.17%.

Tabla X. **Calculo de TREMA**

Financiamiento	Aportaciones (%)	Oportunidad (%)	Inflación (%)	Interés de préstamo (%)	Total
Fuentes Externas	100 %	4,38 %	4,36 %	9,43 %	$= (100\% * 4,38\%) + (100\% * 4,36\%) + (100\% * 9,43\%) = 18,17\%$

Fuente: elaboración propia

La TREMA utilizada para el cálculo del VPN es de 18.17 %.

Tabla XI. **Valor presente neto**

Mes	Flujos de efectivo	Valor presente
0	-Q226 558,00	-Q226 558,00
1	Q152 947,68	Q129 430,21
2	Q305 895,36	Q219 057,65
3	Q458 843,04	Q278 062,51
4	Q611 790,72	Q313 742,93
5	Q764 738,40	Q331 876,67
6	Q917 686,08	Q337 016,16
	Valor presente neto	Q1 382 628,13

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior el valor presente neto es de Q1,382,628.13 para los primeros 6 meses.

3.9.3. Costo anual uniforme equivalente (CAUE)

El CAUE se calcula según la tabla mostrada a continuación:

Tabla XII. **Cálculo del CAUE**

Mes	Flujos de efectivo	Valor presente
0	Q226 558,00	-Q226 558,00
1	Q152 947,68	Q129 430,21
2	Q305 895,36	Q219 057,65
3	Q458 843,04	Q278 062,51
4	Q611 790,72	Q313 742,93
5	Q764 738,40	Q331 876,67
6	Q917 686,08	Q337 016,16
	Valor presente neto	Q1 382 628,13
	CAUE	-Q364 502,72

Fuente: elaboración propia.

El costo anual uniforme equivalente es representado por un valor negativo debido que la implementación del proyecto no incurre en demasiados gastos y desde el primer mes de operaciones se puede obtener ganancias.

3.9.4. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno se calcula según la tabla a continuación:

Tabla XIII. **Calculo de la TIR**

Mes	Flujos de efectivo	Valor presente
0	Q226 558,00	-Q226 558,00
1	Q152 947,68	Q129 430,21
2	Q305 895,36	Q219 057,65
3	Q458 843,04	Q278 062,51
4	Q611 790,72	Q313 742,93
5	Q764 738,40	Q331 876,67
6	Q917 686,08	Q337 016,16
	Valor presente neto	Q1 382 628,13
	CAUE	-Q364 502.72
	TIR	119 %

Fuente: elaboración propia.

Tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

La tasa interna de retorno es de 119 % por lo tanto el proyecto es viable.

3.9.5. Evaluación de la propuesta

- Análisis beneficio costo

La implementación del proyecto trae beneficios los cuales se calculan a continuación por medio de los costos totales y el beneficio total.

$$B - C = \frac{\textit{Beneficio}}{\textit{Costo}}$$

$$B - C = Q 917 686,08 / Q 226 558.0 = 4,05$$

La relación B/C es de 4.05 para iniciar por lo tanto el proyecto es viable.

3.10. Capacitación del personal

Toda capacitación es muy importante durante la vida laboral y profesional, ya que de esta depende el funcionamiento que debe tener el trabajador, la capacitación es el punto fuerte para que haya un desarrollo exitoso, es muy importante recalcar que no es lo mismo la capacitación y el desarrollo de personal esto viene siendo como nuestro presente y futuro.

El adiestramiento o capacitación es lograr la fuerza y los buenos resultados que una organización espera, ya que estos lograr que el empleado pueda tener una solución rápida y efectiva a cualquier contrariedad que se le presente durante su ocupación en el área asignada o externa. Como parte de las capacitaciones se proponen llevar a cabo seminarios de parte de los proveedores esto para aprovechar que al momento de adquirir la máquina el proveedor dará las capacitaciones por medio de seminarios sin ningún costo a la empresa.

Tabla XIV. **Mantenimiento de maquinaria y equipos de extrusión de materiales plásticos**

<p>Objetivo</p>	<p>Conocer la maquinaria y el proceso de extrusión de plásticos. Exponer la importancia del mantenimiento para el correcto funcionamiento de los equipos productivos. Establecer las bases de un servicio de gestión del mantenimiento en una planta de extrusión</p>
<p>Temario</p>	<p>¿Qué son los plásticos?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energía necesaria para una buena plastificación • Ecuación de flujo del material • El moldeo por extrusión • Mantenimiento de la unidad de plastificación: Sistema de alimentación. Deshumidificador. Cámara de plastificación. Acoplamiento. Sistema de reducción. Cierre. Cabezales e hileras. • Mantenimiento de los sistemas de regulación y control: Velocidad. Temperatura. Presión. • Sistemas hidráulicos de la línea de extrusión • Mantenimiento de los sistemas hidráulicos • Neumática. Mantenimiento de los sistemas neumáticos • Mantenimiento de los equipos de control del proceso • Mantenimiento de los elementos de seguridad • Mantenimiento preventivo de la extrusora • La línea de extrusión • Importancia económica del Mantenimiento: Optimización del Mantenimiento • Gestión de la mano de obra • Gestión de los preventivos • Gestión de los stocks • Administración del Servicio • Mantenimiento subcontratado • El control de gestión mediante índices

Fuente: elaboración propia.

3.10.1. Seminarios

Los seminarios se realizan como manera de especialización para los trabajadores con el objetivo de darles conocimientos profundos acerca de las funciones del equipo *chiller* y que tengan la capacidad de conocer cada de reconocer el funcionamiento adecuado del sistema.

Usualmente los seminarios se brindan alrededor de dos horas dentro del cual se lleva un orden de las personas que deben recibirlos y el que brindará la capacitación que en este caso debe ser una persona que adquiera todos los conocimientos del equipo.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

A través de la mejora del sistema se realiza una nueva distribución y adaptación de equipos como variadores de velocidad que regulan el flujo de agua en función de los diferentes procesos en marcha, permitiendo reducir el consumo eléctrico y el agua por reposición al sistema.

4.1. Plan de acción en el área de extrusión

El mantenimiento del equipo se puede dividir en varias etapas; en la siguiente tabla se describen las operaciones a realizar divididas por equipo, elemento, además se plantea un período de revisión.

Tabla XV. **Mantenimiento general de la extrusora**

EQUIPO	ELEMENTO	PERÍODO DE MANTENIMIENTO				OBSERVACIÓN
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL	
MOTOR PRINCIPAL	Motor DC				X	
	Motor Ventilador				X	
	Tacómetro		X			
	Sistema de Bandas y Poleas			X		

Continuación de la tabla XV.

EQUIPO	ELEMENTO	PERÍODO DE MANTENIMIENTO				OBSERVACIÓN
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL	
PANEL DE CONTROL	Control electrónico de Velocidad		X			
	Termorreguladores		X			
	Contactores del Tablero		X			
	Amperímetros del Tablero		X			
	Ventiladores de Control		X			
	Terminales de Conexión		X			
	Limpieza General		X			
Caja de Engranajes	Bomba de Lubricación		X			
	Limpieza de caja y Cambio de Aceite			X		
	Rodamientos		X			Revisión General
	Chequeo de Piñones		X			
	Sistema de enfriamiento			X		Revisión General
	Chequeo de Retenedores		X			
Túnel y Husillo	Limpieza General		X			
	Túnel			X		Alineación y Nivelación
	Cambia Filtros	X				Verificar Fugas
	Resistencias Eléctricas		X			Comprobar
	Terminales de Conexión		X			Ajustes
	Bandas calentadoras		X			Reajuste
	Asiento de Termocuplas			X		Limpieza
	Sistema de enfriamiento		X			Revisión General
	Motores Ventiladores			X		

Continuación de la tabla XV.

EQUIPO	ELEMENTO	PERÍODO DE MANTENIMIENTO				OBSERVACIÓN
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL	
CABEZAL	Resistencias Eléctricas		X			Comprobar
	Señal de Termocuplas		X			Comprobar
	Asiento de Termocuplas		X			Limpieza
	Cabezal			X		Alineación y Nivelación
	Pernos de Calibración			X		Estado
	Moldes		X			Estado
	Distribuidor			X		Condiciones
	Rodamientos del Giratorio		X			Revisión o Cambios
	Motor Giratorio				X	
	Caja Reductora				X	
Tab. de Control Zonas de Calentamiento		X			Revisión	
Rin de Aire	Interior del Rin de aire		X			Limpieza
	Mangueras y Abrazaderas	X				Revisión
	Alineación y Nivelación			X		
	Diafragma y filtros					Estado
	Motor del Blower			X		
	Turbina del Blower		X			Limpieza
	Blower		X			Vibración
Canasta de Sujeción del Globo	Alineación			X		
	Brazos		X			Estado
	Lubricación Partes Móviles		X			

Continuación de la tabla XV.

EQUIPO	ELEMENTO	PERÍODO DE MANTENIMIENTO				OBSERVACIÓN
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL	
RODILLOS DE TIRO	Rodamientos		X			Estado y Lubricación
	Rodillos de Goma		X			Estado
	Rodillo Metálico		X			Estado
	Sistema Hidráulico			X		Revisión
	Alineación y Nivelación			X		Estado
	Motor				X	
	Caja Reductora			X		Condiciones
	Abanicos		X			Estado
	Fuelleros		X			Estado
TORRE Y ESTRUCTURA A	Estructura de la Torre			X		Revisión
	Pisos y Pasamanos			X		Chequeo
	Pintura del Conjunto			X		Revisión
	Rodillos Guías		X			Chequeo
BOBINADOR	Rodillos Bobinadores		X			Estado y Lubricación
	Motor			X		
	Reductores		X			
	Sistema Neumático			X		
	Embrague Mecánico			X		
	Sistema de Transmisión General			X		Lubricación y Chequeo General

Fuente: LUIS RAMOS. *Mantenimiento de una maquina extrusora. Capítulo 4. p.o.*

4.1.1. Implementación del plan en el área de extrusión

Para definir que si se realizó una implementación en el área de extrusión se examina lo siguiente:

- Que cambio o acciones se obtuvieron.
- Los responsables que llevará a cabo esos cambios
- Que cambios tendrán lugar.
- En cuanto tiempo se realizaran los cambios.
- ¿Qué recursos se necesitan para llevar a cabo los cambios?
- Comunicación y capacitación

4.1.2. Entidades responsables

Dentro de la empresa habrá diferentes responsables como: Gerencia general, el departamento de producción y el departamento de mantenimiento que serán los responsables directos de velar y el desarrollo de la implementación.

4.1.2.1. Gerencia General

Las responsabilidades que cubrirá para el uso y manejo adecuado del equipo según lo establecido en Polytec por el Gerente General, Jefe de Mantenimiento y jefe de Extrusión son:

- Gestionar las tareas administrativas que involucran el desarrollo de las actividades.
- Establecer y dar seguimiento a la planeación estratégica
- Dirección y control del equipo de trabajo

- Asignación de recursos
- Brindar soporte y seguimiento al proyecto
- Control de base de datos

4.1.2.2. Departamento de Producción

La gestión del departamento de producción según lo acordado por Gerencia General es la siguiente:

- Coordinación de proyectos
- Planes de intervención y acompañamiento
- Búsqueda de nuevos proyectos de mejora

4.2. Instalación del equipo OFC

El rango de trabajo que se desea manejar en esta propuesta es un *Chiller* con sistema *free cooling* de 5 a 100 toneladas como máximo. El caudal de agua que debe circular por el *chiller* debe ser aproximadamente de 2,4 galones por minuto como mínimo para lograr una refrigeración adecuada del agua de las extrusoras.

Es por esto que para realizar el diseño se emplearon los siguientes caudales para cada tamaño de *chiller* con *free cooling*. con base en el proveedor del equipo.

Tabla XVI. Caudales según tamaño de chillers con *free cooling*

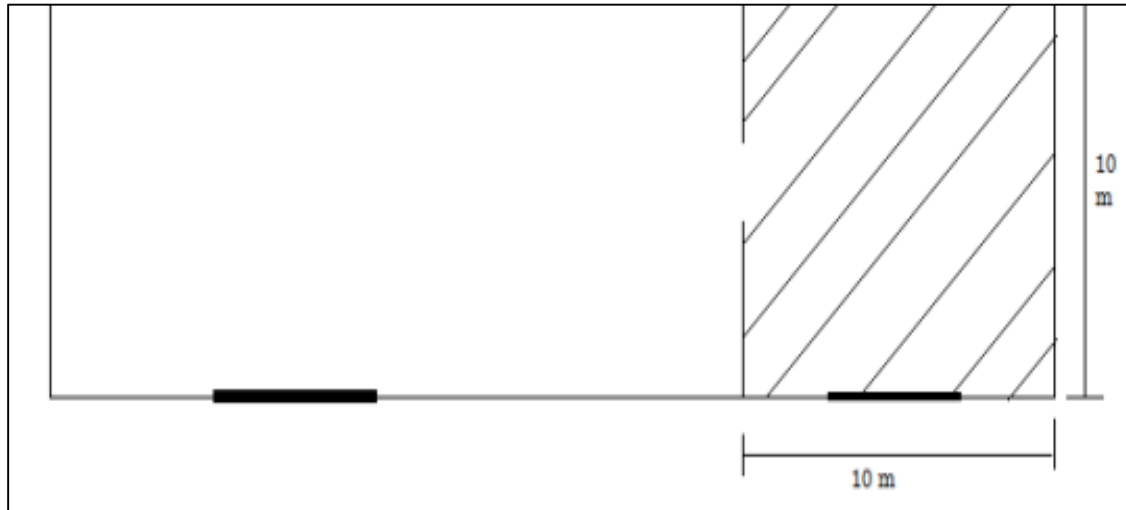
Chiller [TONr]	Caudal [gpm]
5	12
10	24
15	36
20	48
30	72
40	96
50	120
60	144
70	168
80	192
100	240

Fuente: PEREIRE, Estras. www.ree-cooling/phoenix-free-cooling.com. *Caudales según tamaño de chiller*. Consulta 12 de abril 2018.

- Etapa de prediseño

Se plantea utilizar una serie de tanques de agua para surtir el chiller que se requerirá, actualmente se tiene considerado sustituir las torres de enfriamiento y colocar el chiller en dicha área, ya que es un lugar ideal para realizar la instalación y conectar el circuito de agua fría. Esta área es de un cuadrante de 10 X 10 metros que se puede observar en la siguiente figura 31.

Figura 31. **Área de instalación de chiller con *free cooling***

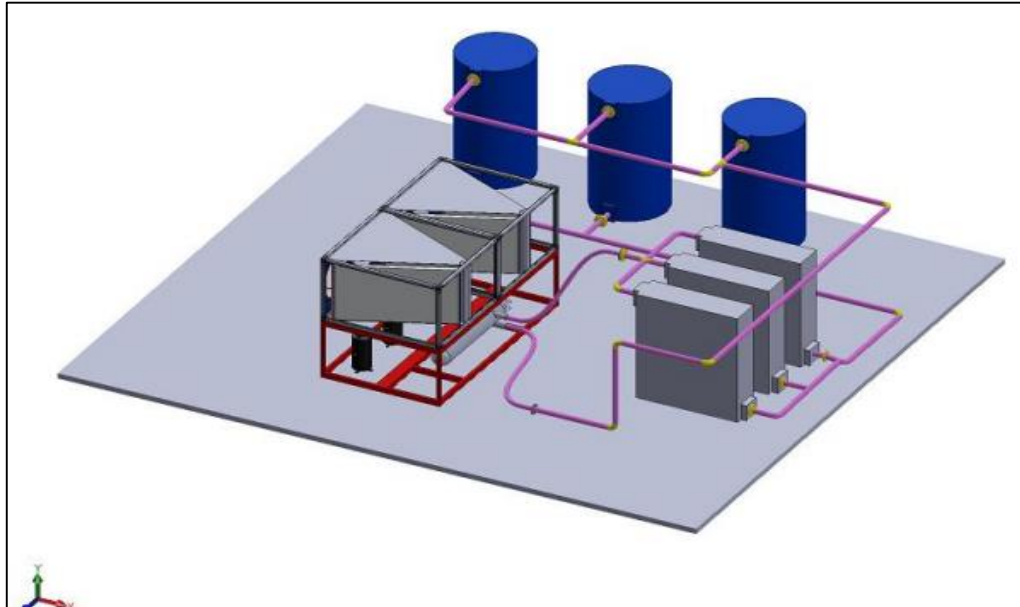


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Se colocarán un tanque que se empleará, según la capacidad requerida en el chiller, esto en conjunto a un banco de bombas y un sistema de monitoreo de las temperaturas de entrada y salida del chiller, así como de los tanques, junto con un medidor de flujo para de esta manera realizar los cálculos de la capacidad requerida del chiller.

Al momento de requerir al chiller un rango de capacidad más amplio, no es posible emplear una misma bomba para manejar todos los caudales que se requerirán. Es por esta razón que se plantea al menos 3 bombas para cubrir el rango de caudales. Así utilizar un solo diámetro de tubería para comunicar los componentes de la instalación en este caso serán las extrusoras. La tubería a emplear deberá ser de 4 pulgadas de diámetro.

Figura 32. **Diseño de la instalación de chiller con *free cooling***



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- **Bombas hidráulicas**

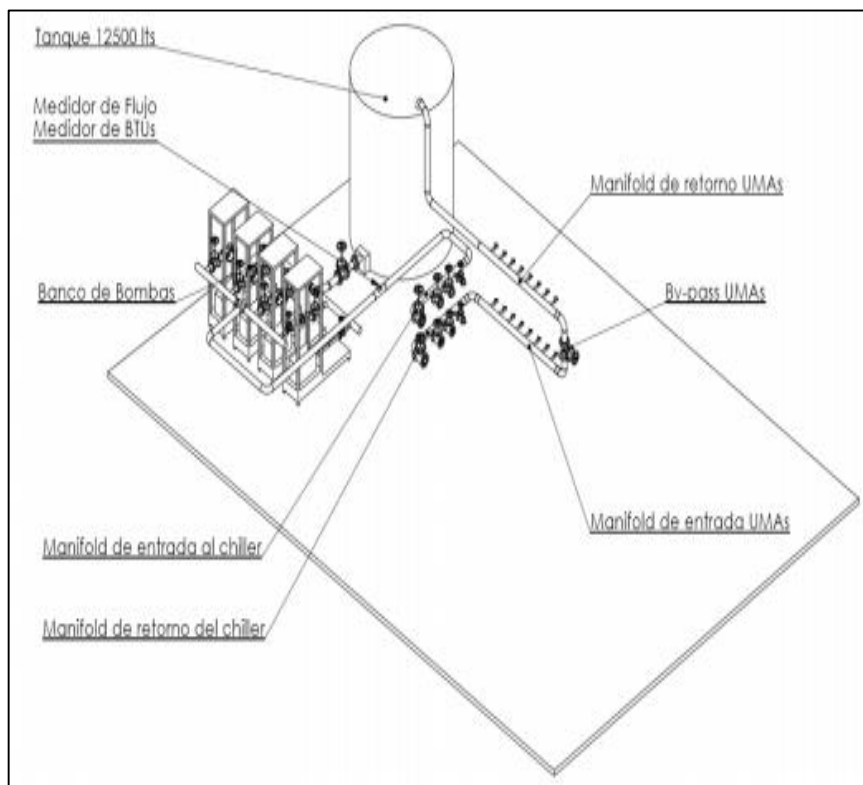
Entre los equipos disponibles en la planta se encontraban varias bombas, las cuales pueden ser útiles, estos equipos se almacenaron por largo tiempo, por lo que se recomendó realizar un desarme e inspección de los componentes internos para que no exista algún problema. Por lo que procedió a realizar un inventario de las bombas las cuales son:

- **Arreglos y tuberías**

Una vez tomadas las medidas del espacio escogido, se procedió a trazar el arreglo de las tuberías de agua.

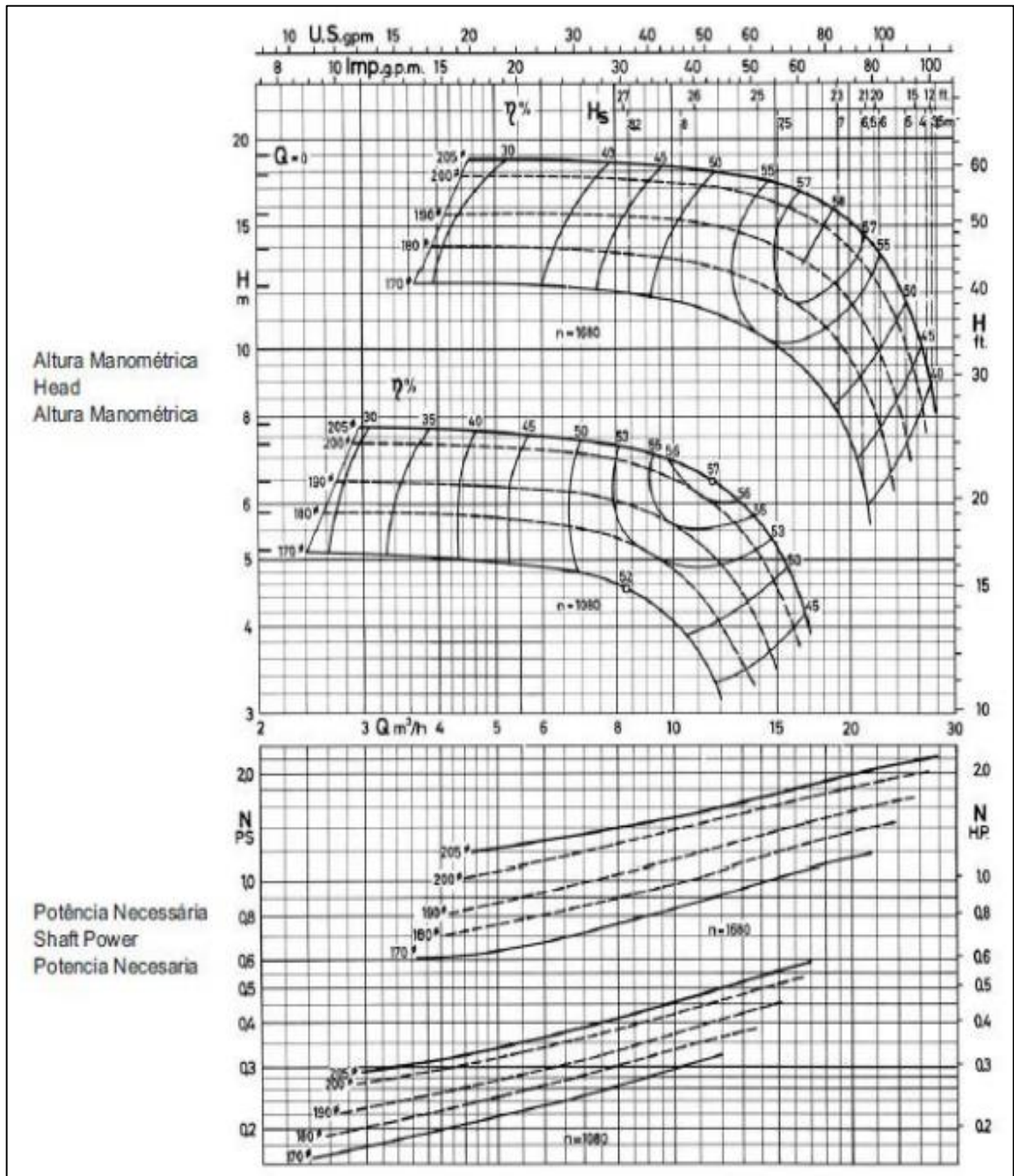
Es importante destacar que se colocaron 3 bombas distintas para poder cubrir todo el rango de caudales que se requerirá, empleando el mayor número de bombas que ya se tenían disponibles. El tanque a utilizar será de 12 500 litros.

Figura 33. **Diseño preliminar**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

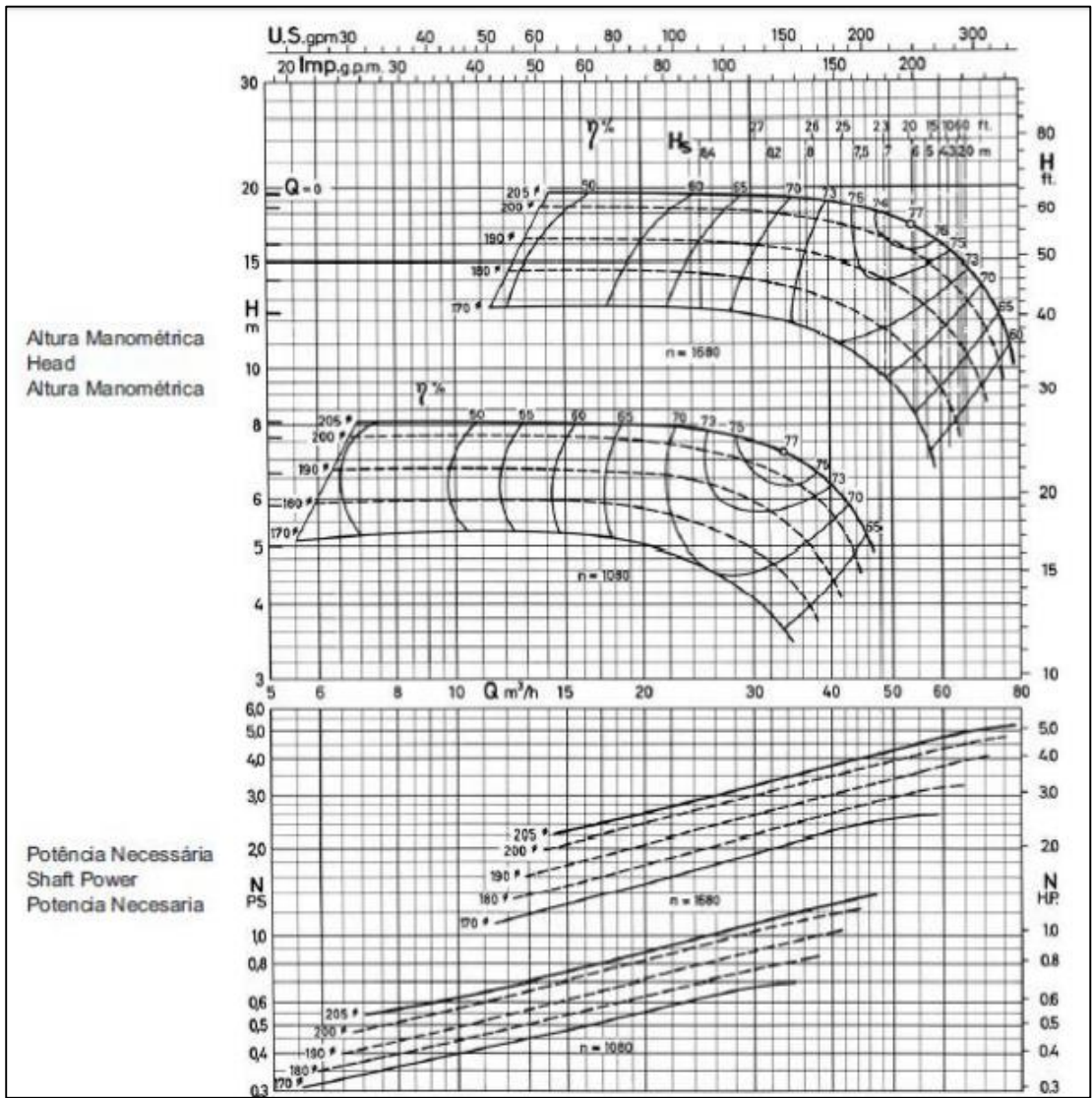
Figura 34. Curvas de funcionamiento bomba KSB 40-200



Fuente: ANDRES Ramos. Curva de funcionamiento bomba KSB 40-200.

www.Bombas/Ksb/Eta.com. Consulta: 12 de abril 2018.

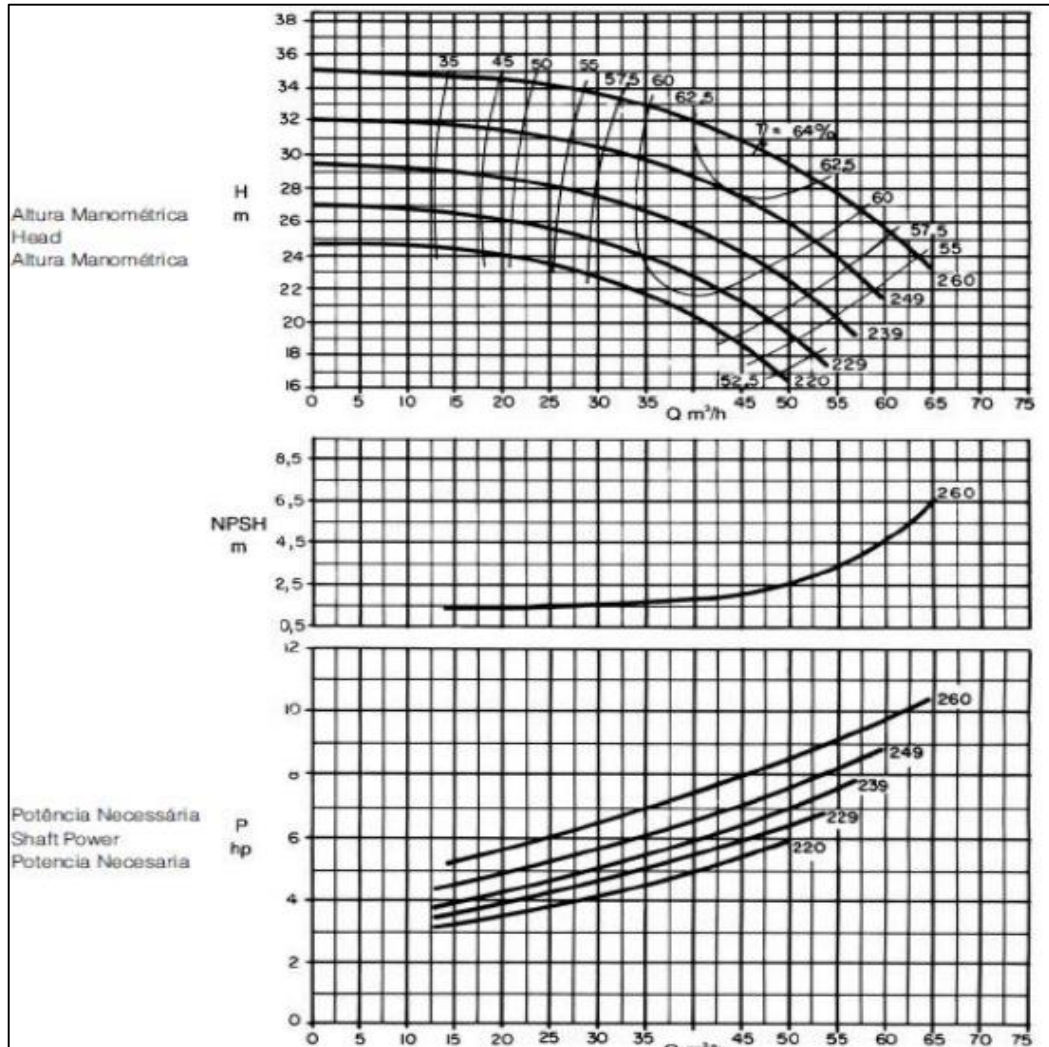
Figura 35. Curvas de funcionamento bomba KSB 65-200



Fuente: ANDRES Ramos. Curva de funcionamiento bomba KSB 65-200.

www.Bombas/Ksb/Eta.com. Consulta: 12 de abril 2018.

Figura 36. Curvas de funcionamiento bomba KSB 50-250



Fuente: ANDRES Ramos. *Curva de funcionamiento bomba KSB 50-250.*

www.Bombas/Ksb/Eta.com. Consulta: 12 de abril 2018.

4.3. Adiestramiento y capacitaciones

La empresa capacitará a su personal por medio de la capacitación impartida de parte de los proveedores de chiller, las capacitaciones, talleres y seminarios que se impartirán estarán encaminados a los siguientes puntos:

Tabla XVII. **Curso teórico-práctico de aire acondicionado y climatización industrial**

Objetivo	Dar conocimiento teóricos y practico de la climatización industrial
Contenido	
<p>Modulo I Termodinámica aplicada y diagrama de Mollier</p> <p>Importancia de buenas prácticas en sistemas HVAC</p> <p>Principios de la Termodinámica y su aplicación</p> <p>Transferencia de calor, temperatura y conceptos e instrumentos de medición</p> <p>Ciclo Termodinámico con Diagrama de Mollier</p> <p>Importancia del calor y enfriamiento en sistemas de climatización</p> <p>Introducción a sistemas de climatización y sus aspectos técnicos</p> <p>Importancia de la seguridad e higiene industria</p>	
<p>Módulo II Sistemas de climatización, cálculos, diagnósticos y mantenimientos</p> <p>Calculo de cargas térmicas con hoja de cálculo</p> <p>Calculo de cargas térmicas y consideraciones importantes</p> <p>Demanda de carga térmica y selección de equipo en climatización</p> <p>Tipos de sistemas de climatización de acuerdo a su aplicación</p> <p>Tipos de compresores y aplicaciones, fallas y soluciones</p>	

Continuación de la tabla XVII.

Diagnósticos en sistemas HAVC de climatización y tipos de mantenimientos
Módulo III Entalpía y Psicrometría Conceptos de Psicrometría, entalpía y condiciones hidrotérmicas Cálculos y solución de problemas CFM y flujo de aire Zona de confort y distribución del flujo de aire Importancia de los Ductuladores en ducteria
Módulo IV Electricidad, electrónica, Sistemas Inverter y VRF Conceptos fundamentales de electricidad Conceptos fundamentales de electrónica Simbología e interpretación de diagramas Electrónica de las tarjetas de control LPC, CPC Amperaje, RLA, FLA y RLA Introducción a Sistemas INVERTER y VRF en climatización

Fuente: elaboración propia.

4.3.1. Reuniones de sensibilización

Las reuniones de sensibilización se basarán en los siguientes puntos:

- Se explicará el alcance del sistema y los objetivos del proyecto a todos los involucrados.
- Se identifican los principales problemas.
- Se identifican los usuarios colaboradores, sus necesidades y su satisfacción.

- Se establecen las bases para el trabajo en equipo.
- Se explicará las principales actividades
- Presentación del proyecto
- Formar equipos de trabajo
- Identificar las razones para iniciar el proyecto
- Presentación y apoyo del proyecto por parte de la organización

4.3.2. Talleres

Este programa está dirigido a técnicos, jefes de mantenimiento ingenieros.

Los niveles mostrados a continuación comprenden temas que serán impartidos desde los fundamentos básicos, necesarios para la comprensión de todo sistema, hasta la aplicación de sistemas más avanzados que hoy día se diseñan:

- Ciclo de refrigeración, componentes
 - Compresores
 - Condensadores
 - Dispositivos de control de refrigeración
 - Evaporadores
- Plantas generadoras de agua helada
 - Volumen Constante
 - Volumen Variable
 - Enfriados por aire
 - Enfriados por agua
- Componentes de un sistema de agua helada
 - Chillers
 - Bombas

- Unidades Manejadoras de Aire free cooling
 - Tuberías FoNo, Cobre, PCV
 - Válvulas de control de 2 y 3 vías
 - Tanque de expansión
- Parámetros para seleccionar los siguientes equipos:
 - Chiller enfriados por aire y agua
 - Bombas
 - válvulas de control de 2 y 3 vías
- Mantenimiento preventivo para unidades generadoras de agua helada (Chillers)
 - Limpieza externa de los serpentines de enfriamiento
 - Carga de gas refrigerante
 - Vacío al sistema
 - Identificación de sus partes mecánicas y eléctricas
- Fallas más comunes en los chillers
 - Mecánicas
 - Eléctricas
- Control directo digital
 - Sensores de temperatura
 - Sensores de humedad
 - Sensores de corriente
 - Controladores
 - Variadores de frecuencia
- Marcas de chillers
 - Carrier
 - York
 - Mcquay

- Duhan Bus³¹

4.3.3. Seminarios

Es una técnica de enseñanza basada en el trabajo en grupo e intercambio oral de información, utilizada para trabajar y profundizar desde el debate y análisis colectivo en un tema predeterminado.

El contenido del seminario será muy provechoso para todos, porque además de describir los productos se explicarán las razones de fallas de equipos y soluciones, correcta selección; además, los beneficios sobre el uso de compresores digitales y de compresores en *rack* para el ahorro de energía, sistemas en cascada para usar 2 fluidos refrigerantes buscando además del ahorro energético y la protección del medio ambiente. Todos los temas anteriores serán impartidos una vez que sea colocado los chiller con *free cooling* esto con el fin de poder tener una interacción entre alumnos y profesor teniendo experiencia previa.

4.3.4. Capacitación constante

En ese sentido, se refiere a la inversión monetaria y de tiempo que una persona dedica para adquirir los conocimientos que le sean demandados, para el alcance de un determinado objetivo y si se realiza de manera continua, se le considera capacitación constante. Se establecerá capacitaciones cronológicamente cada 4 meses, las cuales serán buscadas por el departamento de recursos humanos.

³¹ MONTES Gerardo, *Mantenimiento a Chillers*. Consulta junio 2010. p.29.

4.3.5. Eficiencias mejoradas

El concepto de eficiencia es especialmente importante para la empresa ya que no resulta difícil comprender que producir más con los mismos factores, o producir lo mismo consumiendo menos factores, no supone otra cosa que cada unidad de producto obtenida lleve aparejado el uso de una menor cantidad de factores productivos.

Tabla XVIII. Eficiencias mejoradas

Eficiencias históricas

Maquina	Promedio
EXT-01	79.51%
EXT-02	79.76%
EXT-03	54.10%
EXT-04	83.20%
EXT-05	70.94%
EXT-07	96.95%
EXT-11	89.00%
EXT-18	99.94%
EXT-21	71.13%
EXT-22	62.96%
EXT-23	107.39%
EXT-25	58.15%
EXT-26	91.28%
EXT-27	32.19%
EXT-28	63.82%
EXT-29	74.44%
EXT-30	90.34%
EXT-38	95.00%
EXT-39	93.30%
EXT-45	75.62%
EXT-46	68.33%
EXT-47	93.11%
EXT-48	63.35%
EXT-49	72.03%

Continuación de la tabla XVIII.

Extrusora	Noviembre	Octubre	Septiembre	Agosto	Promedio	Nueva eficiencia
EXT-38	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
EXT-29	82.86%	75.55%	67.93%	0.00%	56.58%	78.29%
EXT-25	54.16%	60.77%	56.96%	81.86%	63.44%	81.72%
EXT-02	70.55%	68.60%	69.39%	67.13%	68.92%	84.46%
EXT-01	67.14%	73.80%	67.31%	68.26%	69.13%	84.56%
EXT-04	69.86%	71.08%	69.71%	77.81%	72.12%	86.06%
EXT-23	82.45%	76.13%	82.87%	56.75%	74.55%	87.27%
EXT-11	65.80%	72.28%	77.92%	87.02%	75.76%	87.88%
EXT-03	85.28%	76.70%	73.11%	70.31%	76.35%	88.18%
EXT-51	68.32%	73.12%	74.73%	89.67%	76.46%	88.23%
EXT-28	77.65%	71.79%	76.03%	81.18%	76.66%	88.33%
EXT-50	84.78%	75.39%	76.49%	73.55%	77.56%	88.78%
EXT-48	72.73%	76.47%	71.97%	91.70%	78.22%	89.11%
EXT-26	82.47%	47.30%	84.05%	102.39%	79.05%	89.53%
EXT-22	83.10%	71.45%	70.97%	95.93%	80.36%	90.18%
EXT-45	85.74%	84.84%	82.27%	76.97%	82.45%	91.23%
EXT-27	85.60%	84.59%	86.15%	76.52%	83.22%	91.61%
EXT-21	89.55%	89.29%	79.07%	75.21%	83.28%	91.64%
EXT-39	85.63%	88.20%	73.96%	85.54%	83.33%	91.67%
EXT-52	87.91%	93.91%	82.64%	69.63%	83.52%	91.76%
EXT-07	78.77%	87.23%	73.05%	96.14%	83.80%	91.90%
EXT-05	78.40%	79.04%	86.20%	94.94%	84.65%	92.32%
EXT-49	87.14%	90.81%	84.21%	79.92%	85.52%	92.76%
EXT-46	85.76%	87.42%	85.54%	86.19%	86.23%	93.11%
EXT-47	87.37%	94.18%	83.80%	81.17%	86.63%	93.31%
EXT-18	99.98%	99.65%	93.48%	86.94%	95.01%	97.51%

Fuente: elaboración propia.

La tabla XVIII muestra las eficiencias de los últimos 4 meses y el promedio de las mismas, con base en tabla 1 diagrama de Pareto se puede observar que más del 50 % de los paros es causado por las fallas de sobre calentamiento que existen actualmente en las extrusoras al ser eliminados dicho problema las nuevas eficiencias quedarían como se muestra en la tabla XVIII.

4.4. Definir encargados en ejecución de tareas

Sera responsabilidad del Gerente general y Jefe de producción el verificar que las técnicas enseñadas durante las capacitaciones se lleven a cabo.

4.4.1. Responsabilidad

En las tablas XIX y XX se muestran detalladamente la responsabilidad del gerente general y gerente de producción.

Tabla XIX. Responsabilidad gerente general

Profesional Universitario, Ing. Industrial) con postgrado en finanzas o afines
1.- Ejecutar y supervisar los procedimientos inherentes a la organización para garantizar que se cumplan todos los estándares establecidos.
2.- Dirigir, supervisar y controlar los diferentes departamentos utilizando lineamientos funcionales para la gestión óptima de cada área.
3.- Supervisar tareas administrativas que se relacionen con la alta gerencia.
4.- Supervisar y controlar el buen manejo de los recursos de la empresa.
5.- Analizar los problemas de la empresa en el aspecto financiero, administrativo, personal, contable, entre otros.
6.- Ejercer la dirección administrativa, operativa y financiera de la empresa de acuerdo con sus políticas, las leyes y las prácticas y procedimientos que regulen los mismos.
7.- Aprobar y difundir los documentos normativos de la empresa.
8.- Informar a la dirección las acciones tomadas así como elevar a su consideración el plan operativo y presupuesto anual de ingresos y egresos, informando los resultados financieros evaluados.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Responsabilidades gerente de producción**

Responsable de todo lo referente a los procesos productivos para lograr la eficiencia y productos de calidad.

Responsabilidades principales:

1. Supervisa todo el proceso de la materia prima y empaque del producto terminado.
2. Coordina labores del personal.
3. Vela por el correcto funcionamiento de maquinarias y equipos de producción.
4. Es responsable de las existencias de materia prima, material de empaque y productos en proceso durante el desempeño de sus funciones.
5. Entrena y supervisa a cada trabajador encargado de algún proceso productivo durante el ejercicio de sus funciones.
6. Ejecuta planes de mejora y de procesos.
7. Emite informes analiza resultados, genera reportes de producción que respalden la toma de decisiones.
8. Cumple y hace cumplir los manuales de procesos y cumple y hace cumplir las buenas prácticas de manufactura.
9. Establece controles de seguridad y determina parámetros de funcionamiento de equipos y procesos que garanticen la producción y mantengan la seguridad del empleado.

Fuente: elaboración propia.

4.4.2. Autoridad a implementar

El gerente tendrá la autoridad y control completo de lo que será la instalación del chiller, teniendo bajo su mando a los diferentes responsables de

las gestiones tales como, jefe de producción, técnicos instaladores, asimismo, el gerente estará sujeto a la directiva que conforma la empresa.

Actualmente el gerente general expuso que están renovando el compromiso con los Sistemas Integrados de Gestión, como un soporte al mantenimiento de Certificación FSSC22000 para la que, durante la última semana de agosto 2018 se recibió la Auditoría de Vigilancia II, cerrando el ciclo de Certificación que se inició en enero 2019

Al cerrar este ciclo, se preparará para integrar al sistema la Norma de Calidad ISO 9001:2015 con la Certificación FSSC22000-Q mejorando los productos, procesos y servicios al tener un sistema certificado de inocuidad y calidad.

4.5. Bitácora de actividades de maquinaria

La bitácora se llenará diariamente. Se encontrará al inicio de turno en su máquina. Se verificará el llenado de la misma constantemente. Se entregará al final de turno al supervisor.

Tabla XXI. **Bitácora de actividades de maquinaria**

Bitácora de actividades diarias por máquina				
Fecha				
Operador			Máquina	
Nombre de actividad	Hora inicio	Hora final	Paros no programados	Horas reales de trabajo

Fuente: elaboración propia.

4.5.1. Planillas de control de horas maquinaria

El objetivo de la bitácora de actividades es llevar el control sobre la distribución de las horas por máquina, este control se debe de realizar acorde al orden que se realicen las actividades.

Figura 37. Bitácora de control de horas de máquina

DIAS	HORAS						TOTAL HORAS DIA	TOTAL HORAS ACUM	LECTURA HOROMETRO		OBRA N°	OBSERVACIONES
	MAÑANA		TARDE		NOCHE				DE	A		
	DE	A	DE	A	DE	A						
HORAS ACUMULADAS MES ANTERIOR												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
TOTAL HORAS MES								TOTAL HORAS ACUMULADAS				

Fuente: elaboración propia.

4.5.2. Registro de servicio de mantenimiento

A continuación, se muestra la ficha a implementarse para el registro de mantenimiento de equipos y maquinas, con el objetivo de llevar registros de todos los mantenimientos realizados en determinado periodo. Este formato fue elaborado con el Departamento de mantenimiento.

Tabla XXII. **Registro de servicio de mantenimiento**

Fecha de revisión		Fecha próxima de revisión		
Equipos y maquinas en mantenimiento				
Mantenimiento /Equipo	Código	Actividad	Preventivo	Correctivo

Fuente: elaboración propia.

4.6. Evaluación del personal técnico encargado de la instalación del nuevo equipo

La empresa al no contar con experiencia previa de equipo de chiller con free cooling, se limitará a verificar el cumplimiento de equipo de seguridad industrial a los técnicos que provengan de la empresa el cual estará encargada de la instalación del equipo adquirido.

4.7. Costos por la sustitución de torres de enfriamiento

Como se pretende reemplazar dicho equipo, se produce un incremento de inversión por la compra del equipo nuevo; a este incremento de inversión debe corresponder el costo de mano de obra, insumos y repuestos futuros.

4.7.1. Mano de obra

A pesar del incremento de la mecanización en la construcción, la mano de obra sigue siendo el elemento que marca la pauta en el avance de un proyecto. Esto, por la naturaleza misma de un proyecto, escenarios cambiantes donde surgen modificaciones e imprevistos día a día. El costo por instalación la empresa que se encargará de la instalación es en promedio de Q 15 000,00. Este dato fue dado por la gerencia general este dato es confidencial dado que solamente la empresa maneja los contratos con los proveedores para fines de estudio se brindó esta información.

4.7.2. Insumos

Las cotizaciones que se presentaron son acorde a la proyección que se tiene sobre el proyecto de la instalación del chiller, sin embargo conforme se avance en la instalación se necesitará pequeños insumos que no fueron considerados dentro de la cotización, esto afectara en los costos presupuestados y en la eficacia de la instalación.

La empresa no proporcionó todos los costos reales por confidencialidad económica, sin embargo, nos brinda la idea de todos los insumos necesarios para la instalación.

Además, la disponibilidad de insumos se deduce del estudio de la existencia de capacidad en toda la cadena de abastecimiento y determinará en definitiva el costo al cual podrá adquirirlo el proyecto. Si hay disponibilidad de materias primas, el precio al que se podrá comprar será inferior al que se lograría si no existe disponibilidad.

Tabla XXIII. **Costo de insumos a adquirir**

Componente	Medida	Cantidad necesaria	Costo
Chiller con <i>free cooling</i>		1	Q 225,000.00
Codos largos 90	4 "	16	Q 160.00
Válvulas compuerta	1 1/4"	8	Q 64.00
	1 1/2"	10	Q 70.00
	4"	8	Q 80.00
Tubería	2 1/2"	36 metros	Q 288.00
	1 1/2"	6 metros	Q 58.00
	1 1/4"	6 metros	Q 48.00
	4"	6 metros	Q 30.00
Bridas	4"	80	Q 400.00
	2 1/2"	12	Q 60.00
Filtro	4"	2	Q 300.00

Fuente: elaboración propia.

4.7.3. Repuestos

Los costos asociados a los repuestos al tratarse de una maquinaria nueva no serán necesarios en el corto plazo, pero es considerable que gerencia lo tome en cuenta los repuestos más comunes a necesitarse serán:

Con base en las cotizaciones elaboradas por la gerencia, se me proporcionó la información siguiente para realizar el trabajo de graduación dado que algunos datos son confidenciales.

Figura 38. Costos de repuestos

Referencia	Descripción	Columna1	PVPR
801013	CONECTOR HEMBRA		CONSULTAR
06DA401782S	CIGÜEÑAL		719,66
06DA401842EE	REGULADOR DE PRESIÓN DE ACEITE		101,73
06DA402133C	FILTRO DE ASPIRACIÓN		36,22
06DA402283S	CUBIERTA		17,40
06DA403813S	CABEZAL DE RODAMIENTO		298,60
06DA404233S	SENSOR		771,84
06DA404674R6S	ENSAMBLE DE PLACA DE VALVULAS		209,13
06DA404944S	CULATA		716,85
06DA408824C	VALVULA SELENOIDE		CONSULTAR
06DA408824OEM	VALVULA SELENOIDE		101,24
06DA500051C	ANILLO		5,17
06DA500051C	MUELLE		16,95
06DA500512EEB	CAJA TERMINAL		CONSULTAR
06DA501032CD	CUBIERTA		53,64
06DA502322C	VALVULA		7,67
06DA502323S	ESPACIADOR		1,40
06DA502333OEM	ESPACIADOR		0,80
06DA502342C	VALVULA		35,32
06DA502343S	TORNILLO		1,00
06DA502763C	TORNILLO (MULT 6)		0,50
06DA502903OEM	VALVULA DE SUCCIÓN		4,65
06DA502913OEM	VALVULA		3,73
06DA502923S	JUNTA		6,78
06DA502953C	MUELLE		2,30
06DA502953OEM	MUELLE		2,80
06DA502963C	CUERPO DE VALVULA		33,99
06DA502973OEM	CUBIERTA		14,72
06DA502983C	JUNTA		4,01
06DA502983OEM	JUNTA		3,79
06DA503013S	CONTRAPESO		392,55
06DA503022OEM	TUERCA HEXAGONAL (MULT 100)		0,80
06DA503022S	TUERCA HEXAGONAL (MULT 100)		0,50
06DA503033S	TORNILLO DE BIELA		6,16
06DA503073C	PISTON		8,27

Fuente: www.manuales/Lista_de_Precios_Repuestos. Costo de repuestos. Consulta: 12 de abril 2018.

Figura 39. Costos de repuestos

Referencia	Descripción	Columna1	PVPR
06DA503643C	RODAMIENTO DEL LADO DE BOMBA		21,65
06DA503664CB	BLOQUE TERMINAL		8,83
06DA503674CB	BARRERA DE FASE		8,03
06DA503712C	MUELLE DE VALVULA DE ESCAPE		0,5
06DA503823S	ROTOR DE BOMBA		83,13
06DA503943OEM	VALVULA DE RESPALDO		3,6
06DA504053S	CONTRAPESO		58,82
06DA504113S	JUNTA		2
06DA504123OEM	JUNTA DE PLACA TERMINAL		2
06DA504133S	JUNTA DE BOMBA DE ACEITE (MULT 30)	CONSULTAR	
06DA504153S	JUNTA (METAL + PLASTIC)		4,78
06DA504163S	JUNTA		4,03
06DA504494S	CIGÜEÑAL		575,91
06DA504503S	CONTRAPESO		41,49
06DA504513S	CONTRAPESO		78,12
06DA504614OEM	CULATA		174,94
06DA504614S	CULATA		173,07
06DA504794C	PISTON		33,06
06DA504874S	CIGÜEÑAL		563,87
06DA504884S	CIGÜEÑAL		725,01
06DA507452OEM	TERMINAL DE BUJE		0,8
06DA507564S	JUNTA		15,25
06DA507674OEM	PLACA TERMINAL		32,88
06DA508284S	PLACA DE VALVULA		135,17
06DA508304OEM	PLACA DE VALVULA		117,26
06DA508304S	PLACA DE VALVULA		117,26
06DA508424S	PLACA DE VALVULA		149,2
06DA508654S	CIGÜEÑAL		684,11
06DA508684S	CORREA		105,45
06DA605604S	SILENCIADOR		242,96
06DA605614S	SILENCIADOR		231,8
06DA660041S	BIELA		63,09
06DA660042S	BIELA		66,58
06DA660043S	ADAPTADOR		368,75
06DA660047S	BIELA		55,55

Fuente: www.manuales/Lista_de_Precios_Repuestos. *Costo de repuestos*. Consulta: 12 de abril 2018.

4.8. Beneficios de la sustitución de torres de enfriamiento

La ventaja principal del chiller con *free cooling* es que, por ser controlado en forma electrónica, provee el agua a una temperatura deseada con más precisión, y puede bajar más la temperatura al agua en comparación con otros equipos como torres de enfriamiento.

Por ser un circuito generalmente cerrado, el agua se contamina menos y la reposición de esta es menor, por lo cual no hay tanta pérdida por evaporación. La instalación es relativamente reducida y el chiller generalmente tiene gran cantidad de sensores de presión, temperatura, flujo, voltaje, corriente, lo que lo hace muy útil en cuanto a la detección de problemas en el sistema³².

4.9. Control y monitoreo de los equipos OFC

El control de un sistema; alterna las variables del sistema, modificando el régimen de funcionamiento del equipo para adaptarse a los requerimientos de carga. Esto puede conseguirse mediante el empleo los sistemas de lazo cerrado.

Para que un enfriador de líquido trabaje en forma automática, es necesario instalar ciertos dispositivos eléctricos, como son los controles de ciclo. Los controles que se usan en un enfriador son de acción para temperatura, llamados termostatos, de acción por presión, llamados presostatos y de protección de falla eléctrica, llamados relevadores. Los principales dispositivos y controles en un Chiller son:

³² MORALES Sergio. *Chillers Enfriadores de líquidos* 2017. p.33.

- Termostatos.
- Presostatos de baja presión.
- Presostatos de alta presión.
- Calefactor de cárter.
- Filtro deshidratador de succión.
- Filtro deshidratador de líquido.
- Indicadores de líquido o cristal mirilla.

4.10. Verificación y cumplimiento de las tareas de mantenimiento

La verificación y cumplimiento de las tareas de mantenimiento se llevarán a cabo por medio de auditorías internas las cuales estarán a cargo del jefe de producción. El cual verificará que se estén llenando los formatos de mantenimiento de una forma correcta, informando de cualquier anomalía al jefe de mantenimiento y gerencia general³³.

4.11. Evaluación del proyecto de mantenimiento preventivo

Para realizar la evaluación de mantenimiento se implementará el KPI's de disponibilidad de equipo que es una medida que permite ir observando el parámetro de avance en el cumplimiento de objetivos y metas que proporciona un medio sencillo y fiable para medir logros, reflejar los cambios vinculados con una intervención o ayudar a evaluar los resultados.

Por lo tanto, su meta es minimizar el tiempo muerto, especialmente los tiempos muertos no programados, mediante el mejoramiento de la fiabilidad del proceso de mantenimiento del equipo.

³³ LOPEZ, Andrés. *Diseño de la automatización para el control de un Chiller de 60 toneladas marca York en la empresa manufacturera tecnicas climatizadas*. 2018. p.21.

- Tiempo muerto no programado

El desgaste del equipo puede disminuir el rendimiento de la máquina y por consecuente disminuir la producción, llevar a cabo el mantenimiento normal y reparaciones adecuadas reduce el tiempo de perdida. De tal manera la reducción o eliminación de los paros no programados ofrece la oportunidad de grandes mejoras de rentabilidad para la empresa.

- Responsables

Sera responsabilidad del jefe de mantenimiento llevar a cabo la realización del indicador.

- Calculo de la disponibilidad

La disponibilidad del equipo no solo es la duración del turno en el que se opera. Se basa en el tiempo de operación real, como un porcentaje del tiempo de producción posible.

$$\% \text{ Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de produccion real}}{\text{Tiempo de produccion posible}}$$

4.12. Compromiso y mejora continua

Polytec, busca desarrollar sistemas de gestión que contribuyan al fortalecimiento de las empresas que se comprometen a hacer de su sistema la manera de hacer el quehacer diario eficiente y eficazmente. Esto quiere decir que se tiene que contar con la decidida y activa participación tanto del personal que realiza las tareas, como las personas que suministran la materia prima.

4.12.1. Enfoque basado en el proceso

Como su nombre lo indica un enfoque basado en el proceso se basa en la en que el proceso funcione de manera correcta durante el tiempo en que se tiene la proyección, se controlan todas las actividades que se realizan y se gestionan con orden lógico y cronológico cada operación.

Los sistemas de calidad deben enfatizar su importancia a todas las personas que laboran en la compañía y recalcar los siguientes puntos.

- La comprensión y el cumplimiento de los requisitos.
- La necesidad de considerar los procesos en términos que aporten valor.
- La obtención de resultados del desempeño y eficacia del proceso.
- La mejora continua de los procesos con base en mediciones objetivas

Una ventaja del enfoque basado en procesos es el control continuo que proporciona sobre los vínculos entre los procesos individuales dentro del sistema de procesos, así como sobre su combinación e interacción

Algunos de los beneficios de desarrollar procedimientos teniendo en mente este enfoque son:

- Eliminación de doble función de tareas.
- Reducción de costos de materiales de insumo o servicios.
- Mejora en la productividad del operario.
- Mejores estimados de fechas para término de tareas, reducción de tiempos.
- Mejor control de los procedimientos (lo que no se mide no se puede mejorar).

Estos conceptos son parte de los 8 principios generales de la Normas ISO 9001, los cuales propician un éxito en la implementación y desarrollo del sistema de gestión de la calidad, en todas las funciones que desarrolla la empresa.

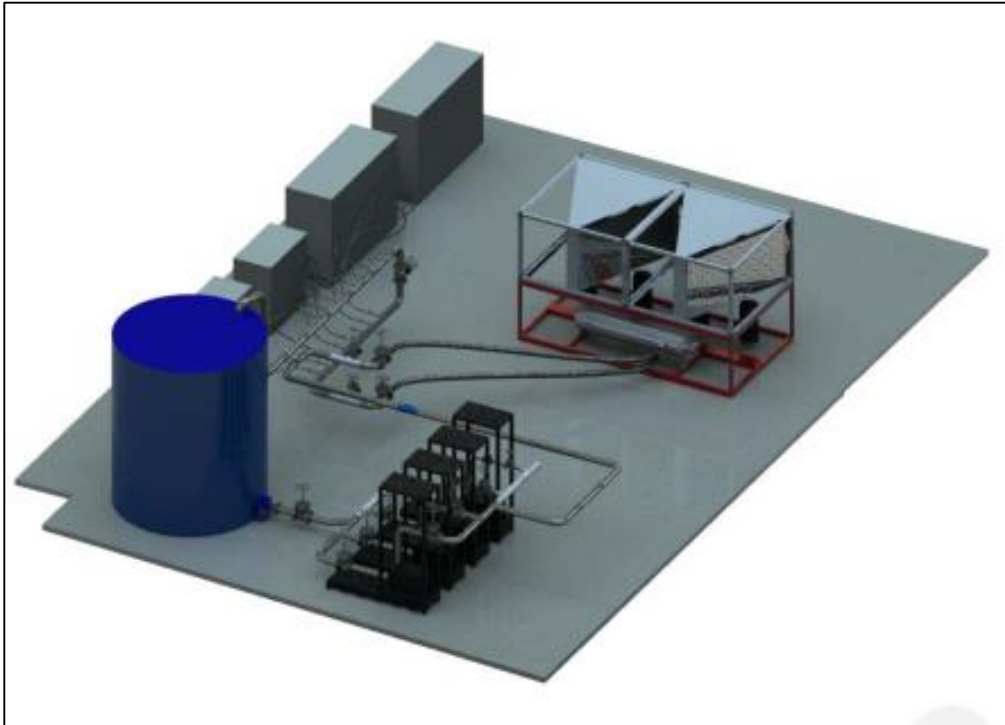
Los ocho principios en que se basa la norma son:

- Enfoque al Cliente
- Liderazgo
- Participación del personal
- Enfoque basado en procesos
- Enfoque del sistema para la gestión (enfoque sistémico)
- Mejora continua
- Enfoque basado en hechos para la toma de decisión
- Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor

4.13. Instalación del equipo OFC

A continuación, se presenta el diseño final de la instalación de chiller con *free cooling*, al cual se ha buscado el ahorro en el costo de construcción, quedando como resultado el siguiente diseño:

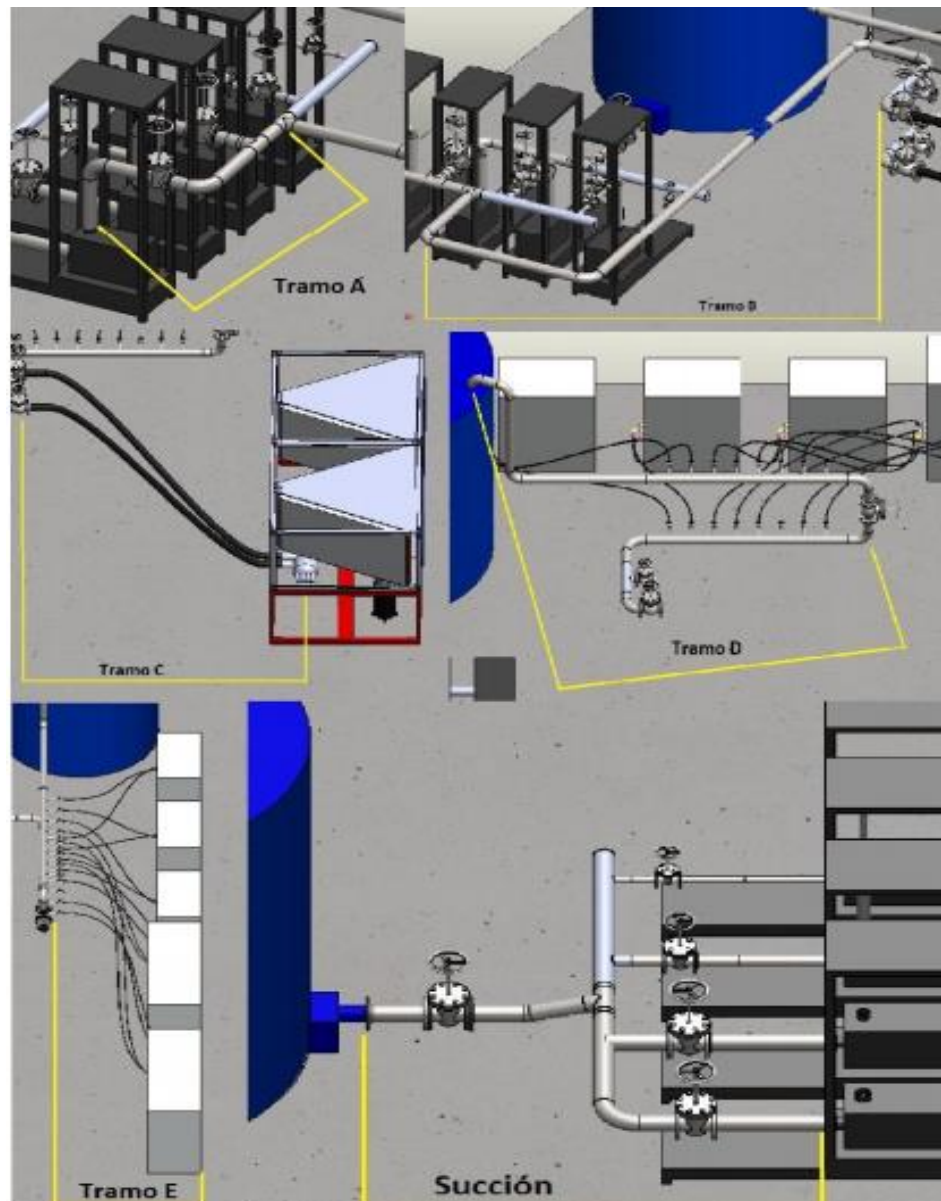
Figura 40. **Diseño de la instalación de chiller con *free cooling***



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD,

A continuación, se muestran los tramos que el sistema llegará a tener de acuerdo a las demandas requeridas:

Figura 41. **Diseño de la instalación de chiller con *free cooling***



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

En este diseño se ejemplifica la ubicación de las torres de enfriamiento, la colocación de las líneas de tubería. Así como los tramos de circulación de agua.

- Listado de materiales

Por último, se muestra el listado de materiales que la empresa deberá adquirir para completar la instalación del chiller. Estos serán en su mayoría accesorios y tuberías, ya que los componentes principales serán puestos por la empresa que vende el chiller con *free cooling*.

Tabla XXIV. **Componentes necesarios para la instalación de chiller con *free cooling***

Componente	Medida	Cantidad necesaria
Chiller con <i>free cooling</i>		1
Codos largos 90	4 "	16
Válvulas compuerta	1 1/4"	8
	1 1/2"	10
	4"	8
Tubería	2 1/2"	36 metros
	1 1/2"	6 metros
	1 1/4"	6 metros
	4"	6 metros
Bridas	4"	80
	2 1/2"	12
Filtro	4"	2

Fuente: elaboración propia.

5. SEGUIMIENTO O MEJORA

5.1. Condiciones generales en el área de extrusión

El ambiente laboral es muy bueno, se cuenta con muchas personas trabajando en esta área, con buenas relaciones interpersonales entre la mayoría de ellos.

El número de personas que laboran en esta área es de aproximadamente de 115 las cuales trabajan en las diferentes máquinas y en el transporte de materiales. Se promueve un ambiente de trabajo agradable; en cuanto a las relaciones interpersonales de los colaboradores no se presenta ningún factor negativo.

En lo que respecta a las condiciones de trabajo en el área se presentan varios factores que afectan el desempeño del trabajador, el mayor problema que se tiene en la actualidad es la temperatura; ya que es demasiado elevada para laborar durante días calurosos como en el verano; estas temperaturas varían dependiendo las condiciones climáticas y la época del año en la que se encuentre; algunos signos que se pueden percibir de los trabajadores en el área son la transpiración excesiva, mareos, sed, entre otras, debido a este problema en la temperatura las personas se ven afectadas en su salud por cambios climáticos o cambios en la temperatura al trasladarse hacia área con una temperatura menor; sin embargo, las reacciones o síntomas varían según la persona.

Un hecho importante de mencionar es que en ciertas ocasiones algunos colaboradores han parado labores debido a las altas temperaturas, se han sentido mareados o se les nubla la vista, esto es muy peligroso, al laborar en estas condiciones y con estos efectos sobre las personas pueden sufrir algún tipo de accidente dentro de la empresa, lo cual sería perjudicial no solo para la empresa si no para el trabajador; ya que se trabajan a temperaturas altas, con maquinaria y transportes en movimiento; por lo que en estas condiciones de trabajo atentan contra la integridad física del colaborador; razón por la que se debe de realizar un cambio por seguridad industrial y para mejorar el ambiente de trabajo, no solo en la ventilación también en la iluminación, ruidos, entre otros. En lo que respecta a la iluminación se encuentra bien, pero se debe de analizar con mayor detalle. Por tal motivo las condiciones de trabajo son peligrosas, ya que la mayoría de trabajos a realizar son repetitivos y constantes, lo cual fatiga de otra manera al colaborador y hace que este perciba el trabajo como tedioso y pesado.

El ambiente de trabajo en conclusión es regular y se puede trabajar en el mismo, sin embargo, es importante recordar que las condiciones no son idóneas para que el trabajador se desempeñe de manera eficiente; por lo que se debe buscar la manera de mejorarlo y proporcionar el ambiente adecuado para realizar las tareas y de esta forma el trabajador pueda ser más productivo.

5.2. Resultados obtenidos para el aumento de la eficiencia

Los resultados obtenidos para el aumento de la eficiencia se obtuvieron a través de la propuesta del diseño de instalación de un chiller con free cooling, el cual será de mucha utilidad, por medio del análisis de la situación actual se pudo determinar que más del 50 % de los paros son provocados por el sobrecalentamiento en las maquinas extrusoras.

Dando como resultado la propuesta del diseño de instalación del chiller con *free cooling*, el cual eliminará dichos paros provocados por el sobrecalentamiento dando los siguientes resultados a través de un plan piloto que la empresa implanto se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla XXV. **Eficiencias mejoradas**

Extrusora	Noviembre	Octubre	Septiembre	Agosto	Promedio	Nueva eficiencia
EXT-38	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
EXT-29	82.86%	75.55%	67.93%	0.00%	56.58%	78.29%
EXT-25	54.16%	60.77%	56.96%	81.86%	63.44%	81.72%
EXT-02	70.55%	68.60%	69.39%	67.13%	68.92%	84.46%
EXT-01	67.14%	73.80%	67.31%	68.26%	69.13%	84.56%
EXT-04	69.86%	71.08%	69.71%	77.81%	72.12%	86.06%
EXT-23	82.45%	76.13%	82.87%	56.75%	74.55%	87.27%
EXT-11	65.80%	72.28%	77.92%	87.02%	75.76%	87.88%
EXT-03	85.28%	76.70%	73.11%	70.31%	76.35%	88.18%
EXT-51	68.32%	73.12%	74.73%	89.67%	76.46%	88.23%
EXT-28	77.65%	71.79%	76.03%	81.18%	76.66%	88.33%
EXT-50	84.78%	75.39%	76.49%	73.55%	77.56%	88.78%
EXT-48	72.73%	76.47%	71.97%	91.70%	78.22%	89.11%
EXT-26	82.47%	47.30%	84.05%	102.39%	79.05%	89.53%
EXT-22	83.10%	71.45%	70.97%	95.93%	80.36%	90.18%
EXT-45	85.74%	84.84%	82.27%	76.97%	82.45%	91.23%
EXT-27	85.60%	84.59%	86.15%	76.52%	83.22%	91.61%
EXT-21	89.55%	89.29%	79.07%	75.21%	83.28%	91.64%
EXT-39	85.63%	88.20%	73.96%	85.54%	83.33%	91.67%
EXT-52	87.91%	93.91%	82.64%	69.63%	83.52%	91.76%
EXT-07	78.77%	87.23%	73.05%	96.14%	83.80%	91.90%
EXT-05	78.40%	79.04%	86.20%	94.94%	84.65%	92.32%
EXT-49	87.14%	90.81%	84.21%	79.92%	85.52%	92.76%
EXT-46	85.76%	87.42%	85.54%	86.19%	86.23%	93.11%
EXT-47	87.37%	94.18%	83.80%	81.17%	86.63%	93.31%
EXT-18	99.98%	99.65%	93.48%	86.94%	95.01%	97.51%

Fuente: elaboración propia.

5.2.1. Interpretación

La tabla XXV muestra las eficiencias de los últimos 4 meses y el promedio de las mismas, con base a la tabla 1 diagrama de Pareto se puede observar que más del 50 % de los paros es causado por las fallas de sobre calentamiento que existen actualmente en las extrusoras al ser eliminados dicho problema las nuevas eficiencias en los diagramas de Pareto , Ishikawa realizado en el capítulo dos y tres se llegó a la conclusión que el sobrecalentamiento de las maquinas provoca paros no programado, demoras en la línea de producción, reproceso de productos, desperdicio, así como un aumento en los costos de operación, mantenimiento,

5.2.2. Aplicación

La empresa realizará estos cambios teniendo en mente que su objetivo es el de aumentar la productividad y a la vez aumentar el volumen de ventas.

Hoy, el resultado neto es que en el área de extrusión tiene un aumento en promedio de 10.33% más. Este aumento de eficiencia es el resultado de la mayor productividad de las nuevas máquinas, gracias al nuevo sistema de enfriamiento.

Tabla XXVI. **Aumento de eficiencia por máquina**

Extrusora	Promedio de eficiencia	Nueva eficiencia	Aumento de eficiencia por maquina
EXT-38	0.00%	0.00%	0.00%
EXT-29	56.58%	78.29%	21.71%
EXT-25	63.44%	81.72%	18.28%
EXT-02	68.92%	84.46%	15.54%
EXT-01	69.13%	84.56%	15.44%
EXT-04	72.12%	86.06%	13.94%
EXT-23	74.55%	87.27%	12.73%
EXT-11	75.76%	87.88%	12.12%
EXT-03	76.35%	88.18%	11.82%
EXT-51	76.46%	88.23%	11.77%
EXT-28	76.66%	88.33%	11.67%
EXT-50	77.56%	88.78%	11.22%
EXT-48	78.22%	89.11%	10.89%
EXT-26	79.05%	89.53%	10.47%
EXT-22	80.36%	90.18%	9.82%
EXT-45	82.45%	91.23%	8.77%
EXT-27	83.22%	91.61%	8.39%
EXT-21	83.28%	91.64%	8.36%
EXT-39	83.33%	91.67%	8.33%
EXT-52	83.52%	91.76%	8.24%
EXT-07	83.80%	91.90%	8.10%
EXT-05	84.65%	92.32%	7.68%
EXT-49	85.52%	92.76%	7.24%
EXT-46	86.23%	93.11%	6.89%
EXT-47	86.63%	93.31%	6.69%
EXT-18	95.01%	97.51%	2.49%
	75.49%	85.82%	10.33%

Fuente: elaboración propia.

5.3. Beneficios de mejoras en la sustitución de torres de enfriamiento

La ventaja principal del chiller con *free cooling* es que, por ser controlado en forma electrónica, provee el agua a una temperatura deseada con más precisión, y puede bajar más la temperatura al agua en comparación con otros equipos como torres de enfriamiento.

Por ser un circuito generalmente cerrado, el agua se contamina menos y la reposición de esta es menor por lo cual no hay tanta pérdida por evaporación. La instalación es relativamente reducida y el chiller generalmente tiene gran cantidad de sensores de presión, temperatura, flujo, voltaje, corriente, lo que lo hace muy útil en cuanto a la detección de problemas en el sistema.

5.4. Programa de salud y seguridad ocupacional

El programa de salud y seguridad ocupación se basa directamente en la seguridad del personal contratado, visitas y contratistas que tengan que ingresar a la empresa.

Para tener activo un programa de salud y seguridad ocupacional se debe tener capacitaciones vigentes, adiestramientos o simulacros para tener a todo el personal activo en las actividades. No solo las capacitaciones disminuyen el riesgo se necesita un equipo de protección personal el cual varía dependiendo el tipo de industria en se labora y el área de trabajo de cada colaborador.

Los simulacros son parte fundamental ya que lleva a la empresa a ver como actuaría cada uno de los brigadistas al momento de ocurrir una tragedia dentro de la planta industrial.

Por lo tanto, se establece la necesidad de desarrollar la capacidad y el adiestramiento para optimizar la seguridad y la higiene en los centros de trabajo, a fin de que, dentro de lo posible y lo razonable, se puedan localizar, evaluar, controlar y prevenir los riesgos laborales.

5.4.1. Programas contra incendios

Un alto porcentaje de las causas de los incendios se dan por el factor humano y el resto, por condiciones propias del lugar, por lo tanto, es muy importante informar a los trabajadores de la planta, sobre el peligro que se puede correr por no tener la adecuada precaución. Los incendios o explosiones, aunque probablemente representen un porcentaje bajo de accidentes con lesiones, generan pérdidas económicas cuantiosas para la empresa que los sufre. Para la eliminación de riesgos de incendios se tendrá que realizar el siguiente procedimiento:

- Ubicar extintores en lugares donde sea propenso el inicio de un incendio, distribuirlos de forma correcta de acuerdo a su clasificación, tipo y capacidad.
- Impartir cursos a los empleados para la prevención, acción y reacción ante un incendio.
- Colocar señalización dentro de las instalaciones. Acerca de la prevención y combate al fuego.
- Evaluar periódicamente las áreas de la planta para evitar incendios dentro de las instalaciones

La figura 42 presenta el formato de evaluación de instalaciones ante incendios.

Figura 42. **Formato de evaluación de instalaciones ante incendios**

REGISTRO DE EVALUACIÓN DE INSTALACIONES ANTE INCENDIOS				
Fecha:	Área:		Departamento:	
Característica	Bueno	Malo	Ubicación	Observación
Instalaciones eléctricas				
Equipo de extinción				
Señalización				
Material flamable				
Orden y limpieza				
Envases peligrosos				
Nombre del evaluador:			Fecha de presentación:	

Fuente: elaboración propia.

5.4.1.1. Extintores

En las etiquetas de los extintores se puede ver siempre de que tipo son, esas letras pueden ser A, B, C y D. Hacer referencia al tipo de fuego que puede sofocar el extintor. En resumen, los tipos de fuego son:

- Clase A: fuegos con combustibles sólidos como madera, cartón, plástico, etc³⁴.
- Clase B: fuegos donde el combustible es líquido por ejemplo aceite, gasolina o pintura.

³⁴ GRUPO PROFUEGO. *Definición, clasificación y tipo de extintores. Tipos de fuegos.* p.61.

- Clase C: en este caso el combustible son gases como el butano, propano o gas ciudad.
- Clase D: son los más raros, el combustible es un metal, los metales que arden son magnesio, sodio o aluminio en polvo.

Lo normal es que cualquier extintor con el que se encuentra sea del tipo A, B, C, es decir, sirve para apagar fuegos de sólidos, líquidos y gas.

Como mínimo cada tres meses se debe realizar una verificación o inspección de seguridad de los equipos por parte de la empresa que brinda el servicio de recarga de extintores o en su defecto lo debe realizar el jefe del comité de seguridad de la empresa.

La inspección se deberá realizar para comprobar que el extintor esté disponible y listo para funcionar.

La inspección periódica de los extintores se deberá llevar a cabo con el formato de inspección de extintores y el procedimiento a seguir es el siguiente:

- Que el extintor esté en su lugar designado.
- Que el acceso o la visibilidad al extintor no estén obstruidos.
- Que las instrucciones de manejo sobre la placa del extintor sean legibles y estén al frente, a la vista.
- Que no estén rotos o falten los sellos indicadores de seguridad y mal uso.
- Determinar la carga por peso.
- Observar cualquier evidencia de daño físico, corrosión, escape u obstrucción de mangueras.
- Las lecturas del manómetro de presión deben estar en el rango operable, para el caso de extintores de polvo químico seco (P.Q.S.).

- Para extintores sobre ruedas (robot), verificar la condición de las ruedas, llantas, vehículo, mangueras y boquillas.
- Agitar el contenido del extintor para evitar que el agente extintor quede en el fondo del cilindro.

En la figura siguiente se muestra la hoja de inspección de extintores que se deberá utilizar para el registro de la situación de los extintores.

Figura 43. **Formato de inspección y registro de extintores**

REGISTRO DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD DE EXTINTORES												
Fecha de inspección: _____ Nombre: _____												
Instrucciones: Marque la casilla correspondiente de cada extintor de acuerdo a cada característica a evaluar.					Lugar designado	Sin obstrucciones	Instrucciones legibles	Sello de seguridad	Sin daño físico	Presión de trabajo adecuada	Operables	Limpieza
					No.	Peso	Clase	Ubicación	Recarga			
Observaciones: _____												
Puesto: _____					(F): _____			Página: /				
					Vo. Bo.							

Fuente: elaboración propia.

5.4.1.2. Vías de evacuación

Las vías de evacuación son sumamente importantes y teniendo presente que todo el personal debe estar informadas de ellas, una evaluación objetiva sobre la eficiencia de las rutas y cantidad de personal que está informado de la misma.

Una correcta vía de evacuación es de fácil acceso para el personal y ubicada en las proximidades donde se labora habitualmente, libre de obstáculos y con gran amplitud visual³⁵.

5.5. Enfermedades profesionales

Las enfermedades profesionales más comunes en la planta, según las estadísticas de enfermería son las siguientes:

- Dolor de espalda: Los dolores de hombros, cuello y cintura son de los más reportados. "El diseño deficiente del lugar de trabajo.
- Fatiga visual: Son síntomas de la fatiga visual, otro de los trastornos comunes, causado por la continua lectura de documentos, las computadoras sin protectores visuales o mal colocados.
- Fatiga: Entre los síntomas están: fatiga, aburrimiento, frustración y, en general, un sentimiento de perder el interés en lo que se hace.
- Estrés: Este padecimiento produce desde dolores de cabeza, reacciones en la piel (como dermatitis), úlceras estomacales y disminución de la satisfacción laboral.
- Cansancio: El Síndrome de la Fatiga Crónica (SFC) es un mal que puede disminuir hasta un 50 % la productividad laboral

³⁵ RIVERA, Joel. *Rutas de evacuación de emergencia*. p.18.

- **Obesidad:** Representa una situación en aumento, sobre todo por los hábitos de sedentarismo. En muchos casos, las personas pasan largas horas sentados y eso incrementa la ingesta de comida chatarra.

5.6. Accidentes laborales

Se refiere tanto a las lesiones que se producen en el centro de trabajo como a las producidas en el trayecto habitual entre éste y el domicilio del trabajador: estos últimos serían los accidentes llamados in itinere.

El accidente de trabajo es el indicador inmediato y más evidente de unas malas condiciones de trabajo y dada su frecuencia y gravedad, la lucha contra los accidentes es siempre el primer paso de toda actividad preventiva. Se calcula que los accidentes representan alrededor del 10 % de la mortalidad derivada del trabajo.

5.6.1. Accidentes más frecuentes en la planta

Actualmente no se cuenta con una base de datos de los accidentes de planta más frecuente es por ello que se propone la toma de los mimos de la siguiente manera:

El jefe de seguridad e higiene industrial será el encargado de llevar a cabo el registro de accidentes dentro de la empresa, para lo cual debe realizar el siguiente procedimiento:

- Acudir al lugar del accidente y recopilar la información que se encuentra en la ficha de registro de accidentes

- Informar a la gerencia la información obtenida en la ficha de registro de accidentes.
- Realizar las acciones correctivas para la prevención de nuevos accidentes.
- Archivar las fichas de registro de accidentes para posterior consulta

Figura 44. **Ficha de registro de accidentes**

Ficha de registro de accidentes	
Nombre de la persona accidentada	
Fecha del accidente	
Lugar del accidente	
Lesión provocadas	
Descripción del accidente	
Otras personas involucradas	
Causas del accidente	
Acciones correctivas de prevención	
Nombre del encargado del área	

Fuente: elaboración propia.

5.7. Equipo de protección personal

El equipo de protección personal (EPP) está diseñado para proteger a los empleados en el lugar de trabajo de lesiones o enfermedades serias que puedan resultar del contacto con peligros químicos, radiológicos, físicos, eléctricos, mecánicos entre otros. Además de caretas, gafas de seguridad, cascos y zapatos de seguridad, el PPE incluye una variedad de dispositivos y ropa tales como overoles, guantes, chalecos, tapones para oídos y equipo respiratorio.

La idea fundamental que ha de prevalecer en toda empresa debe ser el anteponer la protección colectiva a la protección personal, ahora bien, es innegable que muchas veces los problemas de orden técnico no hacen factible la adopción de medidas de protección colectivas. Es entonces cuando se introduce la protección individual.

Las protecciones individuales son elementos de uso directo sobre el cuerpo del operario, pero que por sí solas no eliminan el riesgo, sólo son unas barreras colocadas frente al cuerpo del trabajador. El equipo de protección individual, como su nombre indica, debe ser estrictamente personal, pudiendo llevar marcas de identificación personales, por motivos de higiene, siendo necesario dar instrucciones precisas para su correcta utilización a los trabajadores que vayan a utilizarlo.

5.7.1. Descripción del equipo a utilizar

Como protección personal general, se designará al equipo de protección que todo trabajador del área operativa debe utilizar para realizar sus

actividades. Todo trabajador debe tener los siguientes equipos de protección personal general:

- Calzado de seguridad, específicamente el zapato debe ser de construcción fuerte y sólida de preferencia con protección de acero en la parte de los dedos, apoyo en los tobillos de los empleados y provista de bordes que se apoyen en la suela del zapato, además de resistir cargas estáticas y de impacto.
- Pantalón de tela, preferiblemente telas no abrasivas, para evitar el riesgo de quemaduras por incendio de prendas de vestir y flexibles, para que el empleado tenga movilidad en sus actividades, evitando cualquier tipo de incomodidad o restricciones en los movimientos.
- Camisa tipo polo con mangas cortas para eliminar cualquier enrollamiento con partes móviles, sin botones para evitar que se pueda contaminar el producto.

5.7.2. Equipo de protección personal utilizado en el área de extrusión

El uso de equipo de protección individual está enfocado hacia las diferentes áreas de producción y al personal que utiliza las diferentes máquinas y realiza diferentes actividades en la planta.

Para el personal que se encuentra en el área de extrusión, el equipo recomendado es el siguiente:

- Máscaras o caretas respiratorias, para la eliminación satisfactoria de los gases, vapores, polvo u otras emanaciones nocivas para la salud, de las vías respiratorias del trabajador. Estas se utilizarán cuando fuese necesario.
- Gafas y pantallas protectoras adecuadas, contra toda clase de proyección de partículas: sólidas, líquidas o gaseosas, calientes o no, que puedan causar daño al trabajador.
- Cincho protector de espalda y cintura, para la protección de estas dos importantes partes del cuerpo, evita lesiones por levantamiento de cargas con exceso de peso, mejora la postura de manipulación de cargas.
- Protectores auriculares, para personal que manipula o necesite estar cerca de maquinaria con niveles superiores de ruido, estos equipos de protección individual que, debido a sus propiedades para la atenuación de sonido, reducen los efectos del ruido en la audición, para evitar así un daño en el oído.

5.8. Capacitación y motivación

La capacitación se refiere a los conocimientos teóricos y prácticos que adquiere una persona, las cuales permiten incrementar su desempeño dentro de una organización.

Es importante que el empleado se capacite constantemente para que tenga un eficaz rendimiento laboral, en la actualidad, la capacitación en las organizaciones es de vital importancia porque contribuye al desarrollo de los colaboradores tanto personal como profesional. Por ello, las empresas deben

encontrar mecanismos que den a su personal los conocimientos, habilidades y actitudes que se requieren para lograr un desempeño óptimo durante toda la estadía del trabajador dentro de la organización.

La motivación afirma que es un proceso interno y propio de cada persona, refleja la interacción que se establece entre el individuo y el mundo ya que también sirve para regular la actividad del sujeto que consiste en la ejecución de conductas hacia un propósito u objetivo y meta que él considera necesario y deseable. La motivación es una mediación, un punto o lugar intermedio entre la personalidad del individuo y la forma de la realización de sus actividades, es por ello que requiere también esclarecer el de su eficiencia lo que dirige hacia el logro de dichas actividades de manera que tenga éxitos en su empeño. Ver inciso 3.10

5.8.1. Capacitación a operadores y supervisores del área de extrusión

Con los resultados obtenidos en la investigación efectuada se estableció la necesidad de cursos para supera las deficiencias en cuanto a conocimientos se refiere los cuales los cuales se cubrirán a través de seminarios:

5.8.1.1. Seminarios

Los seminarios serán proporcionados de parte del departamento de recursos humanos, los cuales estarán encargados de buscar dichos seminarios entre los temas que se proponen son:

- Descripción del proceso de extrusión
- Controles del proceso de extrusión

- Seguridad en el proceso de extrusión
- Campos de aplicación.

5.8.2. Motivación a operadores y supervisores del área de extrusión

La empresa Polytec se dedica a capacitar a sus colaboradores para que al momento de ocupar el puesto correspondiente garantice un trabajo eficiente el con el mínimo de errores.

Se evita el acoso laboral para que cada trabajador pueda sentirse libre al momento de dar opiniones.

En ocasiones el puesto de trabajo del jefe, supervisores u operarios necesita de algún tipo de capacitación del cual no se tiene un especialista dentro de la empresa, en estos casos se acude a una capacitación externa la cual la empresa absorbe en su totalidad el gasto, se manda al personal y se le paga como si estuviera laborando en su horario normal de trabajo.

Se realiza una evaluación de desempeño semestral en donde se premian a los mejores empleados los cuales hayan destacado en su rendimiento o hayan aportado un nuevo proyecto de mejora en esta premiación se incluyen tanto al personal operativo como al personal administrativo y la selección de los mismo las hace cada jefe de área, se les proporciona un diploma y un obsequio de parte de recursos humanos en muy raras ocasiones se premia consecutivamente a un mismo empleado. Durante la actividad se le muestra a todo el personal las ventas obtenidas durante el semestre, producción, índice de calidad, número de accidentes para que todos tengan presente los índices actuales de la planta.

Los horarios de la empresa Polytec para el área operativa es de dos turnos rotativos de doce horas iniciando a las 6:30am y finalizando a las 6:30 pm cuando finaliza el turno ya está el otro personal para recibir el turno y seguir las siguientes doce horas durante la noche, por la diferencia de horarios la actividad se realiza a las 6:30am para asegurar que se encuentre todo el personal operativo los que estuvieron durante el horario de noche llegan a la actividad debido a que es su hora de salida y los que deben recibir turno es su hora de entrada.

Si un operador sale con nota muy baja durante su evaluación de desempeño el encargado habla con él para tener conocimiento si dentro del área de extrusión hay algo que lo incomode o si tiene algún problema personal que esté afectando su desempeño laboral.

Anualmente se realizan campeonatos de fútbol para veteranos y jóvenes con el objetivo de conocerse con las diferentes áreas de trabajo e ínter actuar sanamente dentro de la empresa. Polytec cuenta con una cancha dentro de sus instalaciones y es allí en donde se lleva a cabo esta actividad, se contrata un árbitro particular para hacer las amena la actividad, los encuentros entre equipos se realizan en horarios de de cinco a seis de la tarde para no perjudicar a las personas que entran a trabajar de noche.

Como es de conocimiento general la remuneración económica es una motivación de gran manera para todos los trabajadores, se cuenta con un bono de productividad anual equivalente a un salario el cual se brinda a todos los colaboradores de la empresa, tanto operativos como administrativos este pago se realiza en el mes de mayo, si aun no lleva un año laborando el pago se realiza proporcional al tiempo dentro de la empresa.

En el mes de enero se da un bono escolar equivalente a quinientos quetzales para todo el personal que labore dentro de la empresa, de la misma manera si el empleado no lleva un año laborando el bono es proporcional al tiempo que lleva dentro de Polytec.

5.8.2.1. Talleres motivacionales

Debido a que el área de extrusión cuenta con alrededor de 70 personas por turno el tiempo es corto para realizar talleres de forma continua para todo el personal por este motivo las capacitaciones o talleres son impartidos para los supervisores y jefe del área para que ellos puedan guiar a todo su personal de manera correcta dando un trato adecuado y sabiendo escuchar a cada uno de ellos. La empresa se enfoca en el liderazgo que debe poseer cada uno de los supervisores y jefe de área para que todos tengan el mismo enfoque respecto a sus labores diarias.

5.9. Adiestramiento de los trabajadores

Es la parte en donde cada uno de los operadores debe adquirir los conocimientos y habilidades necesarias para desarrollarse efectivamente en su área de trabajo. Las áreas en las cuales se debe dar un mayor enfoque en el adiestramiento del personal son las siguientes:

- Reconocer las funciones de la maquinaria
- Realizar cambios de pedido de manera eficiente en cada una de las maquinas extrusoras.
- Conocer las diferentes formulaciones de los clientes
- Registrar los cambios de formulación que puede llevar un producto
- Tener control de toda su herramienta dentro de la planta

5.10. Costos involucrados en el programa de salud y seguridad ocupacional

Los costos involucrados en el programa de salud y seguridad ocupacional serán los siguientes:

5.10.1. Costos por accidentes y lesiones

Para realizar el cálculo de costos por accidentes es necesario determinar de manera adecuada los índices de seguridad y gravedad en el área de extrusión en base a este dato se conocemos la relación en el cálculo de costo y el tipo de accidente ocurrido en el área al momento de que cualquier trabajador sufriese un accidente laboral.

Para el cálculo de los costos de los accidentes se tendrá a bien realizar los siguientes procedimientos, ya que no se cuenta con ningún dato dentro de la empresa de los costos aproximados en que se incurren.

- Realizar el cálculo del tiempo que el operador faltará o estará suspendido en sus labores.
- Una vez se tenga dicho dato se le pasara a contabilidad para que hagan el cálculo del costo por ausencia.
- Guardar registro del costo como referencia para poder obtener reportes semanales y mensuales de costo por accidente.

5.11. Ventajas y beneficios

Entre las ventajas de contar con un sistema de capacitación se encuentra:

- Buena imagen de la empresa
- Ascenso laboral
- Refuerza las capacidades individuales y colectivas
- Evita sanciones
- Cambio de actitud

Entre las desventajas podemos mencionar:

- Genera un costo
- Si no se cuenta con instructores suficientemente capacitados tiende a confundir
- Distorsión de la información

5.12. Acciones correctivas de capacitación

Si se determina con claridad cuál es el problema o la debilidad que se tiene en un proceso o durante se imparte una capacitación es más sencillo buscar acciones correctivas (las causas serán detectadas por el análisis de causas de paros de parte de las extrusoras). En este momento la empresa cuenta con diversas capacitaciones y se llevan registros de todo el personal pendiente de capacitación, aquel que no aprobó. Las capacitaciones tienen un tiempo de vigencia, algunas son válidas por un año, dos años y otras son únicas, al momento que se le vence al operador su capacitación debe tomar nuevamente la capacitación y examinarse.

La tabla XXVII muestra la priorización de causas detectadas para la empresa.

Tabla XXVII. **Tabla de detección de causas en acciones correctivas**

No.	Causas (Acciones de mejora)	Dificultad	Plazo (semanas)	Impacto	Total detecciones
1	Mejora en la capacitación y adiestramiento del personal	5	2	4	11
2	Desarrollo mejoras en el área de extrusión	2	5	3	9
3	Plan de seguridad Industrial	3	2	5	12

Fuente: elaboración propia

La escala ira de 1 de menor priorización hasta 5 como mayor priorización.

Cuando ya se tiene lo de mayor priorización se puede procedes a determinar las acciones correctivas para mejorar las causas

5.12.1. Control del proceso

Cuando se controla un proceso sabes que los resultados obtenidos son fiables debido a la realización del estudio y la corrección de fallas que se tiene en el proceso.

Para controlar un proceso se terminan características principales que nos indican como el sistema lleo a controlar

- Tomar en cuenta todos los fallos que puedan existir durante el proceso y tener el sistema estable.
- Conocer cada uno de los fallos y corregirlos de forma rápida y eficiente
- Tener todos los procesos estables en el área de extrusión.

Por medio del manejo de los indicadores de eficiencia se deberá de seguir controlando los procesos además de conocerlas se le dará seguimiento a través de la tabla de prioridad de las causas para reducir el tiempo de paro.

CONCLUSIONES

1. Por medio de la propuesta de la instalación del chiller con *free cooling* se mejorará la eficiencia al momento de que las maquinas ya no sufran paros por sobrecalentamiento, dicho aumento de eficiencia será en promedio de 10,33 % para toda el área aumentando el rendimiento de cada extrusora.
2. Con la instalación del chiller se reducen los tiempos muertos causados por el calentamiento de las máquinas extrusoras, eliminando las fallas que provocaban las torres de enfriamiento.
3. Se reducen los costos de mantenimiento debido a que las fallas por calentamiento de los equipos abarcan el 50 % de las fallas totales según nuestro estudio de diagrama de Pareto.
4. En la instalación del chiller se mejorará la eficiencia de la circulación de agua por las tuberías y las máquinas, debido a que no se necesitará de un flujo de agua cambiante o en el cual se debe de renovar si no que el circuito cerrado del chiller permitirá ahorro de agua al estar recirculando su propia agua en el mismo circuito, ratificando el compromiso de la empresa con la preservación del medio ambiente.
5. Con el aumento de eficiencia el consumo energético de la factura eléctrica se verá reducido al ya no necesitar horas extras reflejadas en la reducción de mantenimientos preventivos y no correctivos como se realizaban previo al estudio.

6. Debido a la reducción de fallas en el área de extrusión, el ajuste de formato disminuye lo que hace más productivo el proceso en la elaboración de películas plásticas ya que se aprovecha mejor los recursos como materia prima y energía eléctrica.
7. Se llevó a cabo el estudio financiero en el cual se describe la propuesta de implantar un programa de mejora para el proceso de enfriamiento a través de la utilización de chiller utilizando datos proporcionados por la gerencia dado que las cotizaciones son de uso exclusivo de la empresa, se determinó que la viabilidad de la compra e instalación del equipo es factible para la empresa.
8. En el área de extrusión hay diversos factores que afectan la producción y el incremento de desperdicio, se determina que al disminuir el calentamiento de las maquinas los fallos mecánicos disminuyen un 50 %, lo cual reduce el desperdicio, sin embargo, la mala planificación de los pedidos es lo que genera la mayor cantidad de desperdicio, debido a que se colocan pedidos según las urgencias de los clientes y no según la secuencia de la formulación del cliente.

RECOMENDACIONES

1. Realizar la construcción de la instalación de *chiller* con *free cooling* para que la empresa pueda obtener los beneficios mencionados.
2. Tener un control estricto diario y por máquina del tiempo muerto, de mantenimiento y de producción que se tiene en el área de extrusión para controlar de mejor manera la producción.
3. Llevar un seguimiento de los costos de conversión, analizando el retorno de la inversión y replicar el mismo estudio para las demás torres de enfriamiento que se tienen en la planta.
4. Comparar el consumo de agua con las torres de enfriamiento y el nuevo sistema chiller, para determinar el ahorro que se tiene con el nuevo sistema.
5. Tener estaciones en cada área de la planta para poder medir el consumo energético de manera individual y determinar el ahorro que se tiene el área de extrusión con la implementación del sistema Chiller.
6. Mejorar la planificación de los productos para evitar tiempos perdidos en el ajuste de formato y reducir el porcentaje de desperdicio por tener una variación alta en el cambio de formulación.

7. Hacer los cálculos correspondientes con cotizaciones lo más exacta posibles para determinar una TIR viable en el proyecto.

8. Buscar las causas principales tales como mala apariencia, arrugas, bloqueo, calibre, grumos, mal embobinado y contaminación, considerando que el calibre es el factor crítico de desperdicio. Y estandarizar la formulación y la materia prima.

BIBLIOGRAFÍA

1. GÁLVEZ HERNÁNDEZ, Henry. *Digitalización de un proceso de manufactura en una fábrica de plástico*. Trabajo de graduación Ing. Electricista. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1995. 134 p.
2. ASHRAE. *Evolución de la refrigeración en aplicaciones comerciales e industriales*. España: McGraw-Hill, 2016. 44 p.
3. CARNICER ROYO, Enrique. *Ventilación industrial*. México: McGraw-Hill, 2010. 51 p.
4. Código de Trabajo de Guatemala. Guatemala: 2018. 228 p.
5. COPELAND. *Manual de refrigeración*. 2010. 218 p.
6. DANFOSS. *Automatización de instalaciones de refrigeración comerciales*. Mexico: Danfoss. 2014. 36 p.
7. DELMONTE, John. *Moldeo de plásticos (por compresión, inyección, extrusión)*. 2a ed. España: 2014. 51 p.
8. GALDAMEZ, Luis. *Seguridad industrial y mantenimiento*. Trabajo de graduación Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 199 p.

9. GITMAN, Leonel. *Fundamentos de la administración financiera*, Brasil: McGraw-Hill, 2010. 31 p.
10. KARATSU, Humberto. *La sabiduría japonesa*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 1991. 180 p.
11. LUCHA MENA, Pablo Rolando. *El despliegue de la función calidad (QFD) como herramienta para el mejoramiento de la calidad en el proceso de fabricación de ollas de aluminio*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 111 p.
12. POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA. *Manual de producción de plásticos, Departamento de producción. Instructivo de inducción del empleado*. S. A. Guatemala: 2017. 65 p.
13. MONTENEGRO GONZÁLEZ, Carlos Arnoldo. *Incremento de productividad y calidad en una prensa offset mediante la aplicación del sistema Kaizen*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 120 p.
14. MORTON ESPENCER, Alexander Jones. *Procesamiento de plásticos*. 2da. ed. México: Limusa S.A, 1993. 51 p.
15. MORTON, Jones. *Procesamiento de plástico, Plastisoles*, México: Limusa. 2002. 13 p.

16. OHNO, Taiichi. *Toyota production system: beyond large scale production. USA: Productivity Press, 1988. 143 p.*
17. TERCERO DOMÍNGUEZ, Oliver Armando. *Aplicación de la metodología de cinco eses (5's), dentro del proceso de mejora continua, de la empresa Inmoka S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 220 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Bomba 2 KSB ETA 40-200



Fuente: elaboración propia

Apéndice 2. Bomba KSB ETA 65-200



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Bomba KSB ETA 50-250**



Fuente: elaboración propia

Apéndice 4. **Camisa tipo polo**



Fuente: elaboración propia.

ANEXO

Anexo 1. Tabla de jornadas reducidas a causa de incapacidades

Naturaleza de la lesión	Jornadas reducidas a causa de incapacidades	Porcentaje de incapacidad
Muerte.....	6,000	100%
incapacidad permanente absoluta (IPA)	6,000	100%
Ceguera total.....	6,000	100%
Incapacidad permanente total (IPT)	4,500	75%
Perdida de un brazo arriba del codo	4,500	75%
Perdida de una pierna arriba de la rodilla	4,500	75%
Perdida de un brazo por el codo o abajo	3,600	60%
Perdida de la mano	3,000	50%
Perdida de una pierna por la rodilla o abajo	3,000	50%
Sordera total	3,000	50%
Perdida o invalidez permanente del pulgar y cuatro dedos	2,400	40%
Perdida del pie	2,400	40%
Perdida o invalidez permanente del pulgar y tres dedos	2,000	33.3%
Perdida o invalidez permanente de cuatro Dedos.....	1,800	30%
Perdida de un ojo	1,800	30%
Perdida del pulgar o dos dedos o invalidez de los mismos	1,500	25%
Perdida o invalidez permanente de tres dedos.....	1,200	20%
Perdida o invalidez permanente del pulgar y un dedo	1,200	20%
Perdida o invalidez permanente de dos dedos	750	12.5%
Perdida o invalidez permanente del pulgar	600	10%
Perdida de un oído (uno solo)	600	10%
Perdida o invalidez permanente de un dedo	300	5%
Perdida o invalidez permanente del dedo grueso o dos o más dedos del pie	300	5%

Fuente: FRANCO, Robert. *Manual del ingeniero industrial*.

<https://www.casadellibro.com/libro-manual-del-ingeniero-industrial-vol-ii-5-ed/9789701047972/1083153>. Consulta: Mayo 2018.

Anexo 2. Calzado de protección personal



Fuente: GRAIGER. *Calzado de protección personal* www.tecnindustrias.com.es. Consulta: abril 2018

Anexo 3. Pantalón industrial



Fuente: FDS. *Pantalón industrial* www.tecniindustrias.com.es. Consulta: abril de 2018

Anexo 4. **Máscara contra partículas de polvo**



Fuente: AFALPI. Máscara contra partículas de polvo. www.mtas.es. Consulta: abril de 2018

Anexo 5. **Gafas de seguridad industrial**



Fuente: AFALPI. Gafas de seguridad industrial. www.mtas.es. Consulta: abril de 2018

Anexo 6. **Cincho protector de espalda y cintura**



Fuente: AFALPI. Cincho protector de espalda y cintura. www.aniq.org.mx. Consulta: abril de 2018

Anexo 7. **Auriculares de protección de ruidos industriales**



Fuente: TRAXCO. Auriculares de protección de ruidos industriales. www.suratep.com. Consulta: abril de 2018