

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LÁMINAS
ASFÁLTICAS Y LA INFLUENCIA EN LOS DEFECTOS DE CALIDAD DE
PRODUCTO EN LA EMPRESA IMPTEK “CHOVA DEL ECUADOR”.**

**Informe de investigación presentada como requisito previo a la obtención
del título de Ingeniero Industrial.**

AUTOR:

Noroña Torres Jaime Rodrigo

TUTOR

M.Sc. Jacqueline Villacís G.

QUITO – ECUADOR

2017

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de TUTOR del Proyecto: **ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LÁMINAS ASFÁLTICAS Y LA INFLUENCIA EN LOS DEFECTOS DE CALIDAD DE PRODUCTO EN LA EMPRESA IMPTEK “CHOVA DEL ECUADOR”**. Presentado por Jaime Rodrigo Noroña Torres, para optar por el título de Ingeniero Industrial, CERTIFICO que dicho proyecto de tesis ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

Quito, 26 de enero del 2017.

Tutor

M.Sc. Jacqueline Villacís G.

C.C: 0400751988

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Jaime Rodrigo Noroña Torres, declaro ser autor del Proyecto de Tesis, titulado **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LÁMINAS ASFÁLTICAS Y LA INFLUENCIA EN LOS DEFECTOS DE CALIDAD DE PRODUCTO EN LA EMPRESA IMPTEK “CHOVA DEL ECUADOR“**”, como requisito para optar al grado de “Ingeniero Industrial”, autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 26 días del mes de enero del 2017, firmo conforme:

Jaime Rodrigo Noroña Torres

1720295805

jaime_rnt@hotmail.com

0995592021

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Jaime Rodrigo Noroña Torres, declaro que los contenidos y resultados obtenidos en el presente proyecto, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales, de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Jaime Rodrigo Noroña Torres
1720295805

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR

Los miembros del tribunal examinador aprueban el proyecto de investigación, sobre el tema: **ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LÁMINAS ASFÁLTICAS Y LA INFLUENCIA EN LOS DEFECTOS DE CALIDAD DE PRODUCTO EN LA EMPRESA IMPTEK “CHOVA DEL ECUADOR”**, del estudiante Jaime Rodrigo Noroña Torres, de la carrera de Ingeniería Industrial.

Quito,

Para constancia firman:

TRIBUNAL DE GRADO

PRESIDENTE

VOCAL

VOCAL

DEDICATORIA

Con especial cariño dedico este trabajo, fruto de los conocimientos adquiridos a lo largo de estos años de estudio, a las personas que más quiero; mi esposa Gloria, mis hijos Sebastián y Valentina, así como también a quienes siempre han estado a mi lado; mi padre Rodrigo, y Mary que ha sido como mi madre, además a mis hermanos Marco, Ximena, Danilo, Rodrigo y Evelyn. De manera muy especial a mi madre que desde el cielo siempre me ha guiado.

Jaime Noroña T.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Tecnológica Indoamérica y sus docentes que son gestores de mi formación profesional, a mi familia que han sido pilar fundamental y me han apoyado siempre para culminar con éxito este proceso, a la empresa Imptek-Chova del Ecuador en especial a Patricio y María José del área de Ingeniería y Mantenimiento que me ayudaron a lo largo de la elaboración de este proyecto.

Jaime Noroña T.

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR	ii
DECLARACION DE AUTENTICIDAD.....	iii
APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN EJECUTIVO	xvi
EJECUTIVE SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
EL PROBLEMA	2
Tema:.....	2
Línea de Investigación.....	2
Contextualización del Problema.....	3
Contextualización Macro	3
Contextualización Meso	6
Contextualización Micro.....	7
Árbol de Problemas.	9
Análisis Crítico.....	10
Prognosis	11
Formulación del Problema	12
Delimitación de la Investigación.....	12
Delimitación Espacial.....	13
Delimitación Temporal.....	13
Justificación.....	13
Objetivos	15
Objetivo General.....	15

Objetivos Específicos	15
CAPÍTULO II	16
MARCO TEÓRICO.....	16
Antecedentes Investigativos	16
Fundamentación	18
Fundamentación Técnica.....	18
Fundamentación Legal.....	21
Categorías Fundamentales.....	23
Constelación de Ideas Variable Independiente.....	24
Constelación de Ideas Variable Dependiente	25
Fundamentación Teórica	26
Desarrollo de la Variable Independiente: Producción de Láminas Asfálticas. .	26
Administración de Operaciones y Producción.....	26
Proceso de Producción.....	27
Lámina Asfáltica Imptek-Chova del Ecuador	30
Producto.....	32
Especificaciones del Producto	33
Apariencia de la Lámina	33
Variables de Proceso.....	35
Desperdicios.....	36
Productividad	38
Desarrollo de la Variable Dependiente: Defectos de Calidad	39
Defectos de Calidad	39
Control de calidad.....	39
Normas Técnicas.....	40
Calidad	43
Inspección de Calidad	44
Producto no Conforme.....	44
Costos de la mala Calidad.....	45
Índice de Producto no Conforme.....	47
Hipótesis.....	47
Señalamiento de Variables	48

Variable Independiente	48
Variable Dependiente	48
Definición de Términos Técnicos	49
CAPITULO III	50
METODOLOGIA	50
Enfoque de la Modalidad.	50
Investigación de Campo.....	50
Investigación Documental-Bibliográfica.....	51
Tipo de Investigación	51
Población y muestra	51
Operacionalización de las Variables	52
Recolección de la Información.....	55
Procesamiento y Análisis de la Información	55
CAPITULO IV.....	57
ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	57
Análisis de la Cantidad de Defectos Generados.....	60
Análisis de Costos por Defecto.....	63
Diagramas de Pareto	67
Análisis del Proceso Productivo y la Generación de Defectos de Calidad	71
Proceso de Producción de Láminas Asfálticas	71
Líneas de Laminación.....	72
Análisis de Defectos	75
Gelificación de Polímero	75
Rollos con Bajo Peso, Espesor Fuera de Especificación	80
Polietileno Quemado.....	83
Índice de Producto no Conforme.....	85
Análisis de la Situación Actual	86
Verificación de la Hipótesis	88
Conclusiones y Recomendaciones	91
CAPITULO V	93
LA PROPUESTA	93
Tema.....	93

Datos Informativos	93
Antecedentes de la Propuesta.	94
Objetivos	95
Objetivo General.....	95
Objetivos Específicos	95
Justificación de Proyecto.....	95
Factibilidad.....	96
Programación.....	99
Ruta Crítica.....	101
Desarrollo de la Propuesta.....	103
Restricciones de diseño.....	103
Parámetros de funcionamiento y dimensionamiento del sistema	104
Diseño del sistema y circuitos de calentamiento	108
Selección de equipos.....	113
Dimensionamiento y selección de válvulas de control.....	114
Válvula de control requerida.....	131
Selección de la válvula de control	131
Diseño Eléctrico del Sistema	135
Presupuesto.....	139
Beneficios de la Propuesta.....	140
Impacto Ambiental	141
Evaluación Económica	141
Conclusiones y Recomendaciones de la Propuesta.....	143
BIBLIOGRAFIA	145
ANEXOS	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Clientes plantas de producción de láminas asfálticas con betún modificado empresa italiana Boato International	4
Figura 2: Mercados internacionales Imptek-Chova del Ecuador.....	5
Figura 3: Distribuidores América Latina Imptek-Chova del Ecuador.....	5
Figura 4: Distribuidores Ecuador “Imptek-Chova del Ecuador.”	6
Figura 5: Volumen de ventas 2009 – 2014 “Imptek-Chova del Ecuador.”	8
Figura 6: Ventas Totales por Línea 2015 “Imptek-Chova del Ecuador.”	8
Figura 7: Relación Causa –Efecto (Árbol de Problemas)	9
Figura 8: Inclusión de Variables	23
Figura 9: Constelación de Ideas Variable Independiente.....	24
Figura 10: Constelación de Ideas Variable Dependiente	25
Figura 11: Elementos del proceso	28
Figura 12: Factores Determinantes del Proceso.....	29
Figura 13: Resistencia a la temperatura del asfalto.....	31
Figura 14: Lámina asfáltica auto protegida (Imperpol 3000)	32
Figura 15: Lámina asfáltica sin protección (Súper K 2500)	32
Figura 16: Medición de espesor en láminas asfálticas.	35
Figura 17: Componentes de la productividad	39
Figura 18: Repetitividad de defectos	63
Figura 19: Diagrama de Pareto basado en la repetitividad de los defectos.....	68
Figura 20: Diagrama de Pareto basado en el costo de la mala calidad	70
Figura 21: Diagrama de flujo de proceso de producción de láminas asfálticas....	72
Figura 22: Línea de Laminación N°1	73
Figura 23: Línea de Laminación N°2.....	74
Figura 24: Estación de Mezcla.....	75
Figura 25: Polímero Gelificado.....	76
Figura 26: Válvulas de control manual de temperatura (aceite térmico).....	76
Figura 27: Indicadores de temperatura.....	77
Figura 28: Polímero gelificado en líneas de tubería.....	77
Figura 29: Desalojo de mezcla dañada de tuberías	78

Figura 30: Calibrador de galgas	81
Figura 31: Calibración de rodillos en Línea de Laminación N°1	82
Figura 32: Calibración de rodillos en Línea de Laminación N°2	82
Figura 33: Lámina desbordada por mástico a temperatura elevada (peso bajo) ...	83
Figura 34: Lámina asfáltica con polietileno quemado	84
Figura 35: Rodillos manchados luego de la rotura de la lámina por alta temperatura.....	85
Figura 36: Datos de la correlación	89
Figura 37: Dispersión de datos de correlación.....	90
Figura 38: Ubicación planta industrial Imptek.....	93
Figura 39: Cronograma para diseño del sistema	100
Figura 40: Ruta crítica para el diseño del sistema.....	102
Figura 41: Forma de instalación para válvulas de tres vías en sistemas de aceite térmico.....	105
Figura 42: Forma de Instalación para válvula de alivio de presión	106
Figura 43: Matriz de selección para alternativas de diseño del sistema	107
Figura 44: Área pre mezcla (circuito de calentamiento N° 1)	109
Figura 45: Área despacho pre mezcladores (circuito de calentamiento N° 2)....	109
Figura 46: Área bomba de mástico Línea de laminación N° 1	110
Figura 47: Área despacho de mástico Línea de laminación N° 1	110
Figura 48: Área bomba de mástico Línea de laminación N° 2	111
Figura 49: Área despacho de mástico Línea de laminación N° 2	111
Figura 50: Válvulas manuales tipo globo para aceite térmico	114
Figura 51: Requisitos para selección de la válvula de control.....	115
Figura 52: Matriz de selección material de la válvula	117
Figura 53: Curvas características del flujo de las válvulas	120
Figura 54: Diagrama Esquemático líneas de calentamiento en WATERCAD...	123
Figura 55: Parametrización de equipos para simulación en WATERCAD	124
Figura 56: Obtención de reportes de simulación en WATERCAD	125
Figura 57: Matriz de selección para actuador de la válvula.....	130
Figura 58: Matriz de selección válvula de control	133
Figura 59: Imagen referencial válvula de control RKT 5214	134

Figura 60: Funcionamiento control PID para sistema de calentamiento	135
Figura 61: Imagen referencial PLC marca WAGO.....	136
Figura 62: Imagen referencial HMI marca Brainchild.....	136
Figura 63: Imagen referencial PT100 de 6"x1/4"	137
Figura 64: Curva de funcionamiento PT100.....	137
Figura 65: Sensor de presión marca IFM modelo PG 2454.....	138
Figura 66: Sifón para manómetro (cola de chanco).....	139
Figura 67: Evaluación económica del proyecto.	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Especificaciones según el Tipo de Lámina</i>	34
Tabla 2: <i>Requisitos del Mástico Bituminoso Modificado</i>	42
Tabla 3: <i>Matriz de Operacionalización de la Variable Independiente</i>	53
Tabla 4: <i>Matriz de Operacionalización de la Variable dependiente.</i>	54
Tabla 5: <i>Cantidad de PNC por Periodo</i>	55
Tabla 6: <i>Cantidad de producto defectuoso analizado en m² y un</i>	59
Tabla 7: <i>Cantidad de PNC generado por periodo en m².</i>	60
Tabla 8: <i>Cantidad de PNC generado por periodo en Unidades.</i>	61
Tabla 9: <i>Repetitividad de defectos.</i>	62
Tabla 10: <i>Costos de la mala calidad por producto</i>	64
Tabla 11: <i>Costos totales anuales de mala calidad por producto</i>	65
Tabla 12: <i>Costos de la mala calidad generados por tipo de defecto</i>	66
Tabla 13: <i>Cuadro para Diagrama de Pareto por número de eventos</i>	67
Tabla 14: <i>Cuadro para Diagrama de Pareto por costos de la mala calidad</i>	69
Tabla 15: <i>Desechos peligrosos generados en el periodo 2015</i>	79
Tabla 16: <i>Costo de mástico asfáltico por Kg</i>	80
Tabla 17: <i>Costo total anual para desperdicios de asfalto solido</i>	80
Tabla 18: <i>Índice de PNC por defecto</i>	86
Tabla 19: <i>Datos para realizar la correlación</i>	88
Tabla 20: <i>Costos por mala calidad y desperdicios</i>	99
Tabla 21: <i>Calculo de holguras y ruta critica</i>	101
Tabla 22: <i>Ruta crítica del proyecto</i>	103
Tabla 23: <i>Parámetros de diseño del sistema</i>	104
Tabla 24: <i>Peso relativo para factores de decisión</i>	107
Tabla 25: <i>Levantamiento circuitos de calentamiento</i>	108
Tabla 26: <i>Distribución circuitos tanques mezcladores y pre mezcladores</i>	112
Tabla 27: <i>Equipos requeridos para el sistema</i>	113
Tabla 28: <i>Parámetros de funcionamiento para válvulas de control</i>	116
Tabla 29: <i>Parámetros de presión y temperatura nominal para válvulas clase 150 estándar</i>	116

Tabla 30: <i>Clasificación de nivel de fuga de asiento en válvulas de control</i>	118
Tabla 31: <i>Trim material para válvulas de control</i>	119
Tabla 32: <i>Selección de material para sellos en válvulas de control</i>	119
Tabla 33: <i>Datos de presión y caudal obtenidos de WATERCAD</i>	126
Tabla 34: <i>Datos para cálculo de Cv en válvulas de control del sistema.</i>	126
Tabla 35: <i>Coefficiente de flujo requerido para las válvulas de control</i>	129
Tabla 36: <i>Especificaciones para válvulas de control.</i>	131
Tabla 37: <i>Datos técnicos de válvulas de control ofertadas</i>	132
Tabla 38: <i>Datos técnicos de válvula seleccionada</i>	134
Tabla 39: <i>Presupuesto proyecto calentamiento automático</i>	139
Tabla 40: <i>Beneficio estimado por reducción de costos de PNC y desperdicios.</i>	141

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación se desarrolla para la empresa Imptek-Chova del Ecuador, la cual se enfoca en analizar la cantidad de producto no conforme y los defectos presentados en las láminas asfálticas impermeabilizantes que aquí se producen, para esta investigación se realiza un análisis de Pareto considerando la cantidad de defectos más comunes presentados, así también se realiza un análisis de los desperdicios que se generan en las líneas de laminación, con los costos que este producto no conforme y desperdicios implican, de acuerdo a los resultados obtenidos se pudo identificar que la principal causa para la generación de defectos de calidad, producto no conforme y desperdicios está relacionada con el inadecuado control de temperatura antes, durante y después del proceso de producción.

Como resultado se ha llegado a diseñar un sistema de control automático de temperatura para el área de laminación que incluye el diseño del sistema automático, selección y adecuado dimensionamiento de los equipos a utilizar.

Con este sistema se busca reducir la cantidad de producto no conforme y desperdicios generados en el área de laminación de la empresa Imptek-Chova del Ecuador.

EJECUTIVE SUMMARY

The present investigation is developed for the company Imptek-Chova of Ecuador, which focuses on analyzing the quantity of nonconforming product and the defects presented in the waterproofing asphalt sheets produced here, for this investigation is performed a Pareto analysis considering the number of common defects presented, as well as an analysis of the waste generated in the lamination lines, with the costs that this nonconforming product and waste imply, according to the results obtained could identify that the main cause for the generation of quality defects, nonconforming product and waste is related with the inadequate temperature control before, during and after the production process.

As a result, has been designed an automatic temperature control system for the lamination area, which includes the design of the automatic system, and the selection and adequate dimensioning of the equipment to be used.

This system seeks to reduce the quantity of nonconforming product and waste generated in the lamination area of the company Imptek-Chova of Ecuador.

INTRODUCCIÓN

Imptek-Chova del Ecuador, una empresa productora y comercializadora de productos impermeabilizantes para la construcción, presente en el mercado ecuatoriano por más de 30 años, tiempo en el cual sus productos se elaboraban en su planta industrial ubicada en el sector de Sangolquí, hace un par de años atrás la empresa inicio su proceso de traslado de planta industrial buscando una mayor capacidad de producción y almacenamiento de sus productos, en la cual se ha instalado maquinaria nueva y dos líneas de laminación para mantos asfálticos, maquinas que han sido diseñadas y construidas con mano de obra propia.

Posteriormente a la instalación de sus nuevas líneas de producción la empresa Imptek-Chova del Ecuador, y al estabilización de las nuevas condiciones para el desarrollo del proceso de producción, se ha notado un aumento considerable en la cantidad de producto no conforme y desperdicios, los mismos que generan un costo para la compañía afectando directamente a la rentabilidad de sus productos.

Por esta razón este proyecto se enfoca en realizar el análisis de los defectos presentados en las láminas asfálticas de la empresa Imptek-Chova del Ecuador, así también al análisis del proceso productivo, y de esta manera identificar los defectos más recurrentes y las causas o partes del proceso de producción donde estos defectos se generan, resultados con los cuales se identifica la oportunidad de mejora en el proceso productivo para posteriormente diseñar una solución adecuada para mitigar o eliminar las fuentes donde estos defectos se producen.

El objetivo principal de este proyecto es buscar una solución efectiva para reducir los costos que representa la generación de producto no conforme y desperdicios para la empresa Imptek-Chova del Ecuador.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Tema:

“Análisis del proceso de producción de láminas asfálticas y la influencia en los defectos de calidad de producto en la empresa Imptek-Chova del Ecuador”

Línea de Investigación

El siguiente proyecto se desarrolla considerando la línea de investigación de la Universidad Tecnológica Indoamérica.

Empresarialidad y Productividad.- Esta línea de investigación se orienta por un lado al estudio de la capacidad de emprendimiento o empresarialidad de la región, así como su entorno jurídico-empresarial; es decir, la repotenciación y/o creación de nuevos negocios o industrias que ingresan al mercado con un componente de innovación. Por otro lado, el estudio de las empresas existentes en un mercado, en una región, se enmarca en la productividad de este tipo de empresas, los factores que condicionan su productividad, la gestión de la calidad de las mismas, y que hacen que estas empresas crezcan y sobrevivan en los mercados. En este ámbito es de interés estudiar los aspectos como exportaciones, diversificación de la producción y afines, (UTI. 2011).

Contextualización del Problema

Contextualización Macro

En la actualidad el uso de láminas bituminosas con polímeros ha crecido considerablemente en el campo de la impermeabilización de edificaciones, por el uso de mantos elaborados con asfalto modificado con polímeros principalmente del tipo SBS (Estireno-butadieno-estireno).

Alberto del Rio de la Cal, en la Revista Agropecuaria 761 (1995) menciona que “En el mercado se puede encontrar varios productos bituminosos con nuevas propiedades que mejoran sus características generales”. (De la Cal, 1995, Revista Agropecuaria, 761, pág.1022)

De la Cal (1995) (Revista Agropecuaria, 761) menciona lo siguiente “En la actualidad se considera que un sistema de impermeabilización con láminas asfálticas es el más eficaz que existe, esto gracias a las propiedades mejoradas que presentan este tipo de productos”, entre las propiedades principales se puede enumerar.

- Estabilidad dimensional
- Resistencia al punzonamiento
- Resistencia a choque térmico
- Resistencia a la tracción
- Resistencia al desgarro
- Fiabilidad en la ejecución de las uniones.

A nivel mundial existen muchas empresas dedicadas a la fabricación de láminas asfálticas impermeabilizantes, como lo indica la empresa italiana Boato International, especializada en la construcción y montaje de plantas de producción

de láminas de betún modificado con más de 120 plantas de producción instaladas alrededor del mundo como lo indica en su página web.



Figura 1: Clientes plantas de producción de láminas asfálticas con betún modificado empresa italiana Boato International

Fuente: Boato International (<http://www.boato.com/es/clients.html>)

La empresa Imptek-Chova del Ecuador tiene una amplia gama de productos como láminas asfálticas impermeabilizantes, sistemas de aislamiento térmico y acústico, asfaltos viales, canales y bajantes para aguas lluvia y una línea relacionada con la energía alternativa, la diversificación de la empresa ha llevado a posicionar los productos en distintos mercados a nivel internacional principalmente a Colombia, Panamá y con puntos de distribución en la costa oeste desde México hasta Chile (Figura 2), con un red de distribuidores presentes en América Latina (Figura 3) , en total los ingresos que provienen de la exportación de sus productos llega al 30% de los ingresos totales al año (La nueva planta de Imptek abre sus puertas a la innovación, tecnología y nuevos mercados Recuperado de <http://www.brmagazine.com.ec/la-nueva-planta-de-imptek-abre-sus-puertas-a-la-innovacion-tecnologia-y-nuevos-mercados/>)



Figura 2: Mercados internacionales Imptek-Chova del Ecuador.

Fuente: Captura Revista el Oficial “Imptek más que Impermeabilización” (Periódico El Oficial. (2015, agosto 13). [Archivo de Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=DUivXOHiDzY&index=12&list=PL6k5ujWJ5U15vRH5NIVZ9x54P7xLSXdru>)

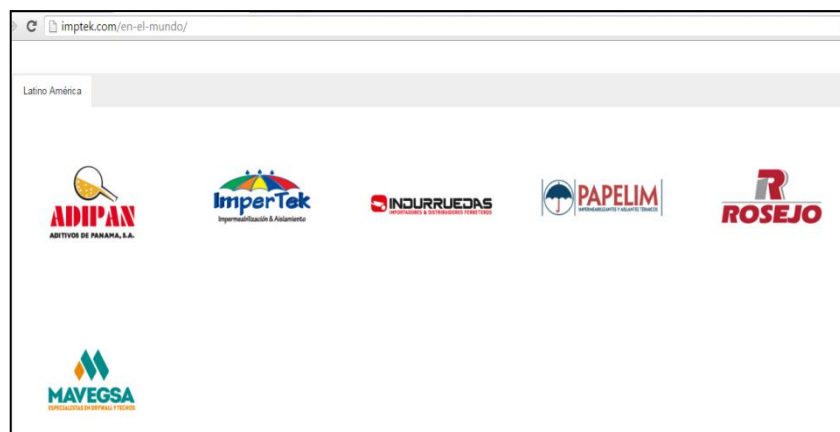


Figura 3: Distribuidores América Latina Imptek-Chova del Ecuador.

Fuente: Imptek (<http://imp.tek.com/en-el-mundo/>)

“A nivel internacional donde la oferta de productos europeos es de muy buena calidad se requiere un producto competitivo” (Caso de Éxito Sistema de Gestión de la Calidad. Recuperado de http://portal.uasb.edu.ec/UserFiles/381/File/CALIDAD_CHOVA%281%29.pdf)

Esto hace necesario que Imptek-Chova del Ecuador fabrique láminas asfálticas impermeabilizantes de calidad y mantener un producto competitivo en el mercado tanto nacional como internacional.

Contextualización Meso

La Empresa Imptek-Chova del Ecuador, una empresa fundada en el año 1978 con inversión extranjera y que en el año de 1986 paso a manos de capitales ecuatorianos, desarrolla una nueva filosofía basada en lograr el liderazgo total en el mercado de la impermeabilización y la satisfacción total del cliente. (Historia de Chova del Ecuador Recuperado de www.imptek.com/historia).

Imptek-Chova del Ecuador cuenta con una amplia red de distribuidores directos en las principales provincias del Ecuador, fortaleciendo la cobertura y distribución de sus productos a nivel nacional, entre los principales distribuidores tenemos a Ecuaroofing, Lamintech, Hidroasist, entre otros.

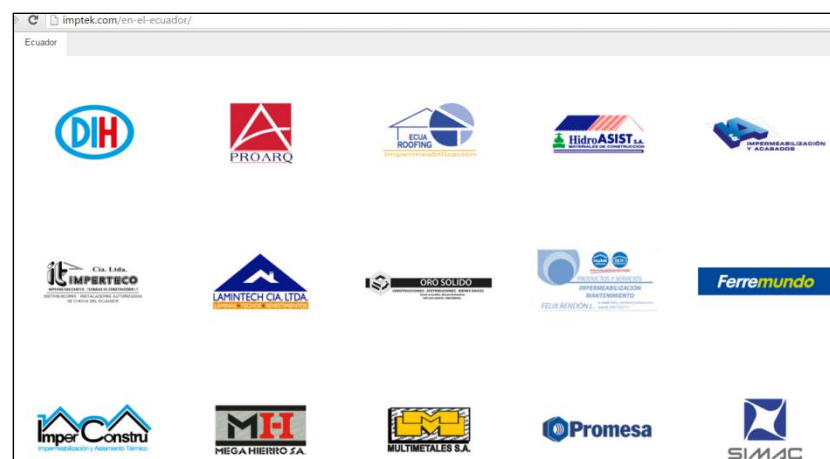


Figura 4: Distribuidores Ecuador “Imptek-Chova del Ecuador.”

Fuente: Imptek (<http://www.imptek.com/en-el-ecuador/>)

Así también Imptek-Chova del Ecuador está presente en las principales cadenas ferreteras a nivel nacional como Comercial Kywi S.A., y Corporación el Rosado (Ferrisariato), además con puntos de venta en ferreterías autorizados a nivel nacional.

Hasta hace poco Imptek-Chova del Ecuador era la única empresa en el Ecuador dedicada a la producción y comercialización de láminas asfálticas impermeabilizantes, pero en la actualidad en el mercado local han aparecido productos importados de características similares, entre los productos encontrados

en el mercado nacional está la marca SIKA, quienes importan mantos asfálticos para la distribución a nivel nacional, por lo cual la empresa Imptek-Chova del Ecuador debe cumplir con los estándares de calidad en el producto para mantener su participación en el mercado.

Contextualización Micro.

La empresa Imptek-Chova del Ecuador durante el año anterior termino su proceso de cambio de planta industrial, anteriormente la empresa funcionó en el sector de Sangolquí, en la actualidad la empresa está instalada en el sector del El Inga con una planta industrial de aproximadamente 5000 m², las nuevas instalaciones de la empresa están construidas en un 90% con los productos que en esta se fabrican, esto con la finalidad de dar mayor realce a sus productos y líneas de negocio de la empresa Imptek-Chova del Ecuador, por otro lado la maquinaria instalada para el proceso de producción de mantos asfálticos se ha diseñado y construido con mano de obra propia de la compañía. La empresa cuenta con una capacidad instalada para producción de láminas asfálticas de 1.5 millones de kilogramos al mes, de esta capacidad al momento se utiliza el 35% de toda la capacidad, la empresa se ha puesto como objetivo ingresar al mercado de Brasil y Venezuela (Chova del Ecuador la Empresa Invirtió USD 11 Millones en su Nueva Planta; Hoy, Busca Llegar a Brasil y Venezuela, Recuperado de <http://edicionimpresa.elcomercio.com/es/05100000f503d507-889c-43e3-86ea-5e3c57cfd8ab>).

Durante los últimos años el aumento en las ventas ha sido un factor en crecimiento para la empresa Imptek-Chova del Ecuador, así es como hasta el año 2015 la empresa llegó a tener un volumen de ventas que supera los 15 millones de dólares al año.

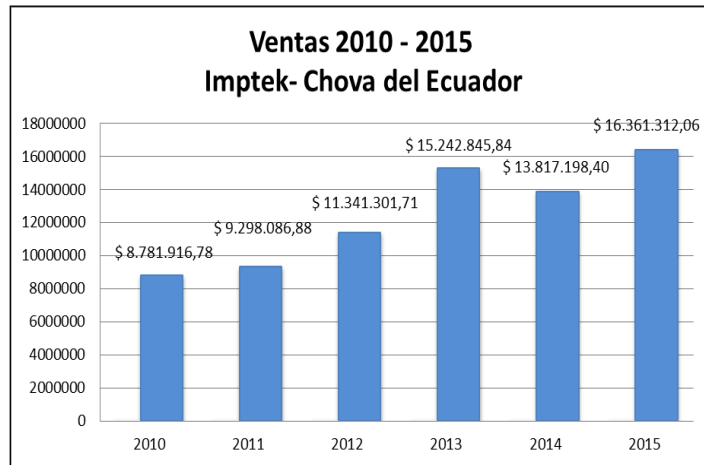


Figura 5: Volumen de ventas 2009 – 2014 “Imptek-Chova del Ecuador.”

Fuente: Imptek-Chova del Ecuador

Elaborado por: Imptek-Chova del Ecuador

La producción y comercialización de láminas asfálticas impermeabilizantes es considerado la principal línea de negocio de la compañía la misma que representa un 62% de las ventas totales del año 2015.

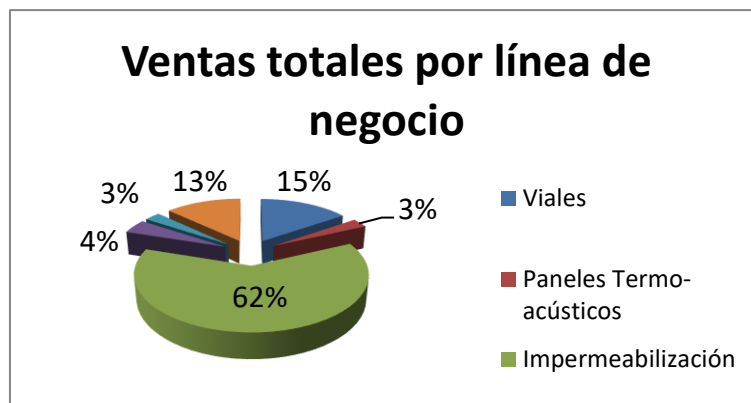


Figura 6: Ventas Totales por Línea 2015 “Imptek-Chova del Ecuador.”

Fuente: Imptek-Chova del Ecuador

Elaborado por: Imptek-Chova del Ecuador

Por esta razón es necesario mantener los estándares de calidad de todos los productos laminares que se elaboran en Imptek-Chova del Ecuador para así garantizar los niveles de rentabilidad que se han obtenido por esta línea de negocio.

Árbol de Problemas.

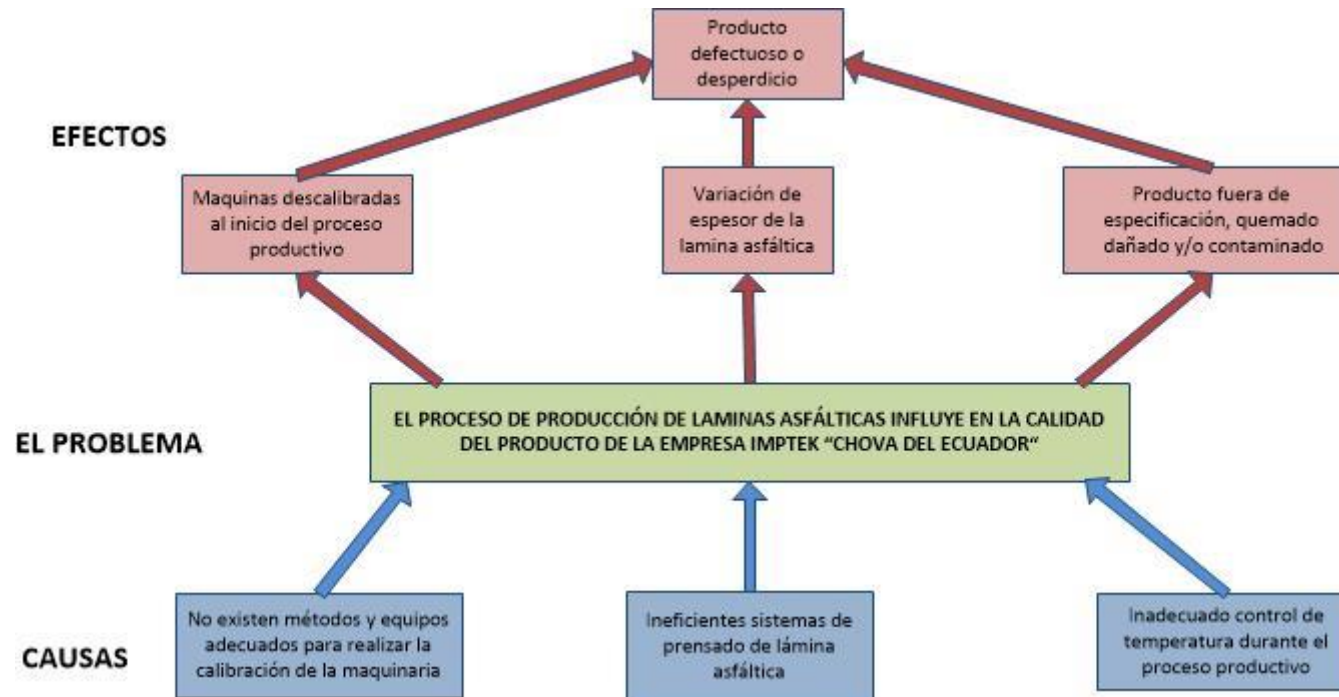


Figura 7: Relación Causa –Efecto (Árbol de Problemas)

Causas: Variable Independiente.- Producción de Láminas Asfálticas

Efectos: Variable Dependiente.- Defectos de calidad

Elaborado por: El autor

Análisis Crítico

De acuerdo al árbol de problemas detallado se realiza un análisis entre las causas, los efectos y la relación que tienen con el problema central, permitiendo identificar las principales causas que generan los defectos de calidad en la producción de láminas asfálticas impermeabilizantes.

El uso de equipos de medición inadecuados para realizar la calibración de las maquinarias, es una causa por la que se genera defectos en el producto, y de acuerdo a esta se identifica que los métodos de calibración de las máquinas de laminación se los realiza de forma manual, y este depende directamente de la habilidad del operario del equipo, de esta manera se concluye que es un proceso susceptible a errores, el uso del calibrador de galgas y el criterio del operario para afinar la abertura de los rodillos que definen el espesor de la lámina en el proceso de producción afecta directamente a la calibración inicial del equipo, al no tener definido un estándar para la calibración de los rodillos, estos pueden tener una abertura mayor o menor a la necesaria para el desarrollo del proceso, generando así producto fuera de especificaciones o desperdicios.

Otra causa es el uso de sistemas de prensado de láminas ineficientes, el prensado de láminas asfálticas dentro del proceso de producción principalmente en láminas auto protegidas es crítico, este consiste en ejercer una fuerza directamente sobre la lámina asfáltica de tal manera que el material utilizado como autoprotección se incrusta en el mástico asfáltico de tal manera que este tenga una sujeción adecuada en la lámina, las afectaciones que puede tener el prensado en el producto es que al ser un prensado menor al necesario, la protección de las láminas no se incrusta adecuadamente por lo que este se desprende con facilidad, en este caso el espesor de la lámina es mayor; al contrario si se prensa demasiado el espesor puede reducir e incluso romper la lámina en el proceso de producción, en este punto del proceso también se controla la separación de los rodillos en los cuales se utiliza el mismo proceso de la causa

anterior, un sistema de prensado ineficiente afecta directamente al producto, generando de la misma manera material fuera de especificación o desperdicios.

La última causa que se detalla es la falta de controles de temperatura en el proceso de producción, durante la elaboración de mantos asfálticos se debe manejar estándares de temperatura que están en el rango de 140°C a 160°C en el proceso de laminación, en la actualidad el control de esta temperatura se la realiza de forma manual, ya que las instalaciones no cuentan con controles de temperatura adecuados, esto afecta en que el mástico asfáltico no esté dentro de los rangos de temperatura óptimos para el desarrollo del proceso, cuando la temperatura es demasiado elevada, genera quemaduras en los polietilenos en el proceso de laminación, desencadenando en producto no conforme o desperdicios de material.

Otro defecto que genera la falta de un control adecuado de temperatura es la generación de mástico asfáltico dañado o contaminado, esto debido a que al tener controles de temperatura manuales que dependen directamente de la influencia del operador, el mástico puede presentar un exceso en la temperatura del mismo, lo que genera que este se deteriore, y una vez que este recircula para el proceso de producción este contamina en su totalidad, esto desencadena en la generación de producto no conforme al utilizar una mezcla contaminada y desperdicio de la mezcla deteriorada.

Prognosis

Luego de realizar el análisis crítico del problema, sus causas y efectos se concluye que todos los factores llegan a un solo punto en general que es la generación del producto no conforme o desperdicios de material, ya sea por defectos en el producto o por desperdicio de material contaminado o deteriorado.

Es necesario identificar los factores que tienen mayor influencia o son los más comunes para la generación de producto no conforme o desperdicio dentro del

proceso productivo, y realizar las mejoras necesarias en el mismo, para reducir los índices de desperdicio y producto no conforme en el área de laminación.

Los costos generados por la cantidad de producto no conforme y desperdicios son asumidos por la empresa, y estos afectan directamente a la productividad y la rentabilidad del producto final. Es indispensable identificar que defectos de calidad son los más comunes y los que mayor afectación económica tienen para la empresa, he identificar las oportunidades de mejora necesarias para reducir o eliminar este tipo de defectos en el producto final, de no hacer este análisis la empresa deberá seguir asumiendo estos costos y reduciendo la rentabilidad de sus productos.

La generación de producto no conforme y desperdicios a más de representar costos para la compañía, afectan a otros factores como la pérdida de clientes cuando uno de los productos elaborados fuera de especificación llega al cliente final, esto lleva a la perdida de participación en el mercado dando oportunidad a los productos de la competencia tengan un mayor reconocimiento por los consumidores e incrementen su participación en mercado.

Formulación del Problema

¿Cómo realizar el proceso de producción de láminas asfálticas en la empresa Imptek “Chova del Ecuador“?

Delimitación de la Investigación

CAMPO: Ingeniería Industrial.

AREA: Producción

ASPECTO: Control de Calidad

Delimitación Espacial

Empresa Imptek-Chova del Ecuador, Área de laminación, ubicada en Km 12 vía Sangolquí - Pífo, sector el Inga.

Delimitación Temporal

Esta investigación se desarrolla con información obtenida en los registros de la empresa Imptek-Chova el Ecuador correspondientes al año 2015.

Justificación

La **importancia** de esta investigación para la empresa Imptek-Chova del Ecuador, está en la contribución de la misma a su visión y a su política de calidad que se enfocan en la búsqueda de ser una empresa líder en la producción y comercialización de productos que cumplan con los más altos estándares de calidad, para ello es importante identificar y reducir la cantidad de producto no conforme y desperdicios generados en el área de laminación y así asegurar la calidad de sus productos.

La **competencia** que poco a poco ha ingresado sus productos importados al mercado nacional, ha despertado en Imptek-Chova del Ecuador el interés por desarrollar y mejorar los procesos productivos con la finalidad de mantener los estándares de calidad y satisfacer las necesidades del cliente nacional e internacional para mantener su participación del mercado.

El **interés** de esta investigación es mejorar el proceso de producción de láminas asfálticas impermeabilizantes de la empresa para reducir la cantidad de defectos en el producto y desperdicios, creando una producción más eficiente, optimizando los recursos, y aumentar la rentabilidad y la calidad de sus productos.

Para Imptek-Chova del Ecuador la **factibilidad técnica** de esta investigación se basa en identificar las oportunidades de mejora para sus procesos productivos, y así incrementar la productividad y la rentabilidad de los productos. El apoyo de la organización para el desarrollo de esta investigación es importante por lo que

permite obtener información veraz para identificar los problemas y puntos para el mejoramiento del proceso, al igual provee los recursos necesarios para el desarrollo de la misma.

Los **beneficios** de este estudio influyen en el área de producción de la empresa, al mejorar sus procesos aseguran que el producto final cumpla los estándares de calidad, reducen los índices de desperdicios y producto no conforme y aumentan la productividad de la línea de producción.

Los conocimientos obtenidos en el transcurso de la carrera de Ingeniería Industrial tienen **utilidad teórica y práctica** para el análisis de este problema, que permiten detectar las causas del problema y plantear una solución adecuada, y de esta manera perfeccionar el proceso productivo y elevar la productividad.

Los **recursos tecnológicos** que existen en el mercado pueden ser utilizados para realizar el mejoramiento del proceso productivo de láminas asfálticas impermeabilizantes, y la empresa tiene acceso estos recursos.

Dentro del plan estratégico de negocios que la empresa Imptek-Chova del Ecuador genera anualmente están considerados los **recursos económicos necesarios** para la implementación de proyectos de mejoramiento o proyectos de inversión enfocados principalmente para la reducción de desperdicios, incremento de la productividad o mejorar de la rentabilidad de los productos en cada una de sus líneas de negocio.

Objetivos

Objetivo General

- Analizar el proceso de producción de láminas asfálticas y la influencia en los defectos de calidad de producto en la empresa Imptek-Chova del Ecuador

Objetivos Específicos

- Identificar los defectos de calidad más comunes presentados en las láminas asfálticas impermeabilizantes producidas en la empresa Imptek-Chova del Ecuador.
- Analizar el costo que representan los defectos de calidad en las láminas producidas en la empresa Imptek-Chova del Ecuador.
- Identificar los factores del proceso productivo que generan la mayor cantidad de defectos en las láminas asfálticas impermeabilizantes.
- Identificar la oportunidad de mejora adecuada dentro del proceso de producción para reducir la cantidad de producto no conforme y desperdicios de láminas asfálticas impermeabilizantes de la empresa Imptek-Chova del Ecuador,

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes Investigativos

La empresa Imptek-Chova del Ecuador durante el proceso de cambio de planta industrial al sector de El Inga realizó varios proyectos enfocados a resolver algunos inconvenientes que se presentaban en las instalaciones que hasta hace poco funcionaron en la planta industrial ubicada en el sector de Cashapamba en Sangolquí, estos proyectos se enfocan en la reducción de los desperdicios generados en el proceso productivo y optimizar los tiempos de producción, los proyectos mencionados se encuentran en la biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas, y se puede citar los siguientes:

Proyecto de tesis con tema. *“Diseño y construcción de un sistema automático de alineamiento angular para la producción de láminas impermeabilizantes asfálticas en la empresa Chova del Ecuador S.A”* (González Bassante, M. K., & Zambrano Cobos, L. A. 2014)

Este proyecto se enfoca en el diseño y construcción de un sistema de alineamiento por medio de un mecanismo pivotante ubicado en la zona previa al área de impregnación asfáltica de la armadura, el objetivo de este mecanismo es eliminar la desviación de la armadura durante el proceso de laminación, ya que este tipo de desviación genera desperdicios de lámina asfáltica, y tiempos muertos durante el proceso productivo, ayuda a mejorar la calidad del producto y reducir la cantidad de producto no conforme. (González Bassante, M. K., & Zambrano Cobos, L. A. 2014).

Gonzales y Zambrano (2014) en las conclusiones de su proyecto detallan que: “El uso del sistema de alineación automático permite mejorar la calidad del producto y reduce la cantidad de producto no conforme”

Proyecto de tesis con el tema “*Diseño y construcción de un sistema automático para el control de espesores en la elaboración de lámina asfáltica de la empresa IMPTEK*” (Paredes W. 2015).

Este proyecto detalla el diseño de un sistema con el cual se puede controlar de forma automática el espesor de la lámina asfáltica, de tal manera que se mantenga estable el espesor durante todo el proceso productivo, la calibración del espesor en los rodillos de laminación se la realiza de forma manual, además que el tiempo de respuesta por parte del operario no es oportuno y no se garantiza la exactitud del espesor del material.

Paredes (2015) en su propuesta anota lo siguiente: “Cuando el sistema propuesto entre en funcionamiento, garantizara a la empresa que la corrección del espesor de lámina sea inmediata por lo cual el producto que se fabrique estará dentro de los parámetros indicados y ya no tendrá que eliminarse o desperdiciarse el material”.

Proyecto de tesis con el tema. “*Diseño y construcción de una estación de absorción de impacto y bastidor para el alineador de las láminas de asfalto en la línea de producción de cubiertas impermeabilizantes de la empresa Chova del Ecuador planta Inga*” (Recalde, D. 2014).

El proyecto nace a partir de la necesidad de reducir los desperdicios generados por la ruptura de las láminas asfálticas al inicio del proceso de enrollado, con el propósito de reducir los costos que este desperdicio genera, para ello se construye una máquina de absorción de impacto para evitar a ruptura de las láminas asfálticas al momento que el proceso de enrollado genera tensión en la lámina. (Recalde D. 2014).

Recalde (2014), en las conclusiones de su proyecto manifiesta: “La estación de absorción de impacto permitió eliminar más del 50% de producto defectuoso, a

más que aporta a mantener la tensión de la lámina en toda la línea, necesaria para el correcto funcionamiento”.

Fundamentación

Fundamentación Técnica.

La empresa Imptek-Chova del Ecuador cuenta con certificación ISO 9001-2008, por esta razón la compañía debe cumplir con los requerimientos determinados en la misma, para el caso de esta investigación se resalta los siguientes puntos de dicha norma:

Norma ISO 9001-2008

7.5 Producción y prestación del servicio

7.5.1 Control de la producción y de la prestación del servicio, dice:

La organización debe planificar y llevar a cabo la producción y la prestación del servicio bajo condiciones controladas. Las condiciones controladas deben incluir, cuando sea aplicable:

- a) La disponibilidad de información que describa las características del producto.

- c) Uso de equipo apropiado

Norma ISO 9001-2008

8.2 Seguimiento y medición

8.2.4 Seguimiento y medición del producto, dice:

La organización debe hacer el seguimiento y medir las características del producto, para verificar que se cumplan con los requisitos del mismo. Esto debe realizarse en las etapas apropiadas del proceso de realización del producto de acuerdo con las disposiciones planificadas, a menos que sean aprobados de otra manera por una autoridad pertinente y, cuando corresponda por el cliente.

Norma ISO 9001-2008

8 Medición, análisis y mejora

8.3 Control de Producto no conforme, dice:

La organización debe asegurarse que el producto que no sea conforme con los requisitos del producto, se identifica y controla para prevenir su uso o entrega no intencionados.

Cuando sea aplicable, la organización debe tratar los productos no conformes mediante una o más de las siguientes maneras:

- a) Tomando acciones para eliminar la no conformidad detectada.

Considerando la posible migración de la certificación con la que cuenta la empresa ISO 9001-2008 a la norma ISO 9001-2015, se considera los siguientes puntos de esta última para este análisis.

Norma ISO 9001-2015

8.- Operación

8.5.1 Control de Producción y/o Prestación del Servicio, dice:

La organización debe implementar condiciones controladas para la producción y o prestación del servicio, incluyendo las actividades de entrega y posteriores a la entrega.

Las condiciones controladas que debe incluir según corresponda:

- c.- Las actividades de seguimiento y medición en las etapas apropiadas, para verificar que se han cumplido los criterios para el control de los procesos y resultados de procesos y criterios de aceptación de los productos y servicios.

Norma ISO 9001-2015

8.- Operación

8.7 Control de los elementos de salida del proceso, productos y servicios no conformes, dice:

La organización debe asegurar que de las salidas de procesos, productos y servicios que no se ajusten a los requisitos, se identifican y controlan para prevenir su uso o entrega no intencionada.

La organización debe tomar las acciones correctivas apropiadas según la naturaleza de la no conformidad y su impacto sobre la conformidad de los productos y/o servicios. Esto se aplica también a los productos y servicios no conformes detectados después de la entrega del producto, o durante la prestación del servicio.

De la misma forma los productos laminares que se fabrican en la empresa Imptek-Chova del Ecuador, son elaborados bajo los requerimientos especificados en la norma NTE INEN-2063-2005, en la cual se detalla lo siguiente:

Norma NTE INEN 2063-2005

5. Disposiciones Generales.

Numeral 5.1 dice:

La lámina debe presentar un aspecto uniforme y debe carecer de defectos tales como bordes desgarrados o no rectilíneos, roturas, grietas, protuberancias hendiduras, etc.

Por lo antes expuesto, la empresa Imptek-Chova del Ecuador debe asegurar la calidad de sus productos, analizar e implementar proyectos de mejoramiento en sus procesos productivos y controlar o reducir la cantidad de producto no conforme que se genera en las líneas de producción, con el propósito de asegurar

la satisfacción del cliente, evitando que este reciba producto defectuoso o de mala calidad.

Fundamentación Legal.

De acuerdo a:

Constitución de la República del Ecuador

Registró Oficial 449 del 20 de octubre del 2008

Título II

Derechos

Capítulo Tercero

Derechos de las Personas y Grupos de Atención Prioritaria

Sección Novena

Personas Usuarias y Consumidores

Artículo N° 52 dice:

Art. 52.- Las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características.

La ley establecerá los mecanismos de control de calidad y los procedimientos de defensa de consumidoras y consumidores y las sanciones por vulneración de estos derechos, la reparación e indemnización por deficiencias, daños o mala calidad de bienes y servicios, y por interrupción de los servicios públicos que no fuera ocasionada por caso fortuito o fuerza mayor.

Ley Orgánica de Defensa del Consumidor

Registro Oficial Suplemento 116 del 10 de julio del 2000

Última modificación del 16 de enero del 2015

Capítulo XIII

Infracciones y Sanciones

Artículo N° 71, numeral 2 dice:

Art. 71.- Indemnización, Reparación, Reposición y Devolución.- Los consumidores tendrán derecho, además de la indemnización por daños y

perjuicios ocasionados, a la reparación gratuita del bien y, cuando no sea posible, a su reposición o a la devolución de la cantidad pagada, en un plazo no superior a treinta días, en los siguientes casos:

2. Cuando cualquier producto, por sus deficiencias de fabricación, elaboración, estructura, calidad o condiciones sanitarias, en su caso, no sea apto para el uso al cual está destinado; y,

Sin perjuicio de las acciones civiles, penales o administrativas a que hubiere lugar, el proveedor que incurriere en uno de los casos contemplados en este artículo, e incumpliere su obligación una vez fenecido el plazo establecido, será sancionado con una multa equivalente al valor del bien o servicio, que en ningún caso será inferior a ciento veinte dólares de los Estados Unidos de América o su equivalente en moneda de curso legal, sin que ello se extinga su obligación de reparar o reponer el bien, o en su caso restituir lo pagado.

Por esta razón la empresa Imptek-Chova del Ecuador asegura que los productos fabricados en su planta industrial y comercializada por los distribuidores autorizados cumplan con los estándares de calidad establecidos por los reglamentos y leyes vigentes, de esta manera evitar acciones legales en contra de la compañía.

Categorías Fundamentales

Grafica de Inclusión de Variables

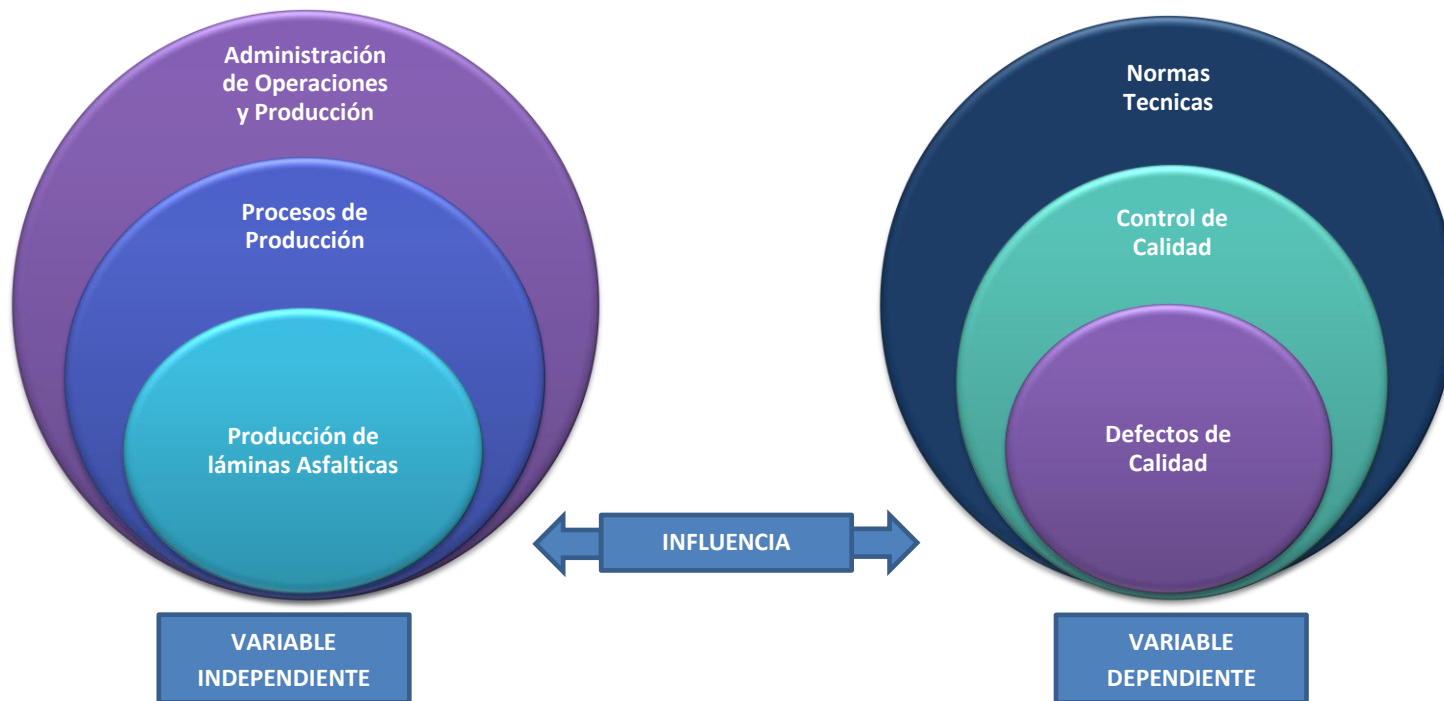


Figura 8: Inclusión de Variables

Fuente: Propia

Elaborado Por: El autor

Constelación de Ideas Variable Independiente



Figura 9: Constelación de Ideas Variable Independiente

Fuente: Propia

Elaborado Por: El autor

Constelación de Ideas Variable Dependiente

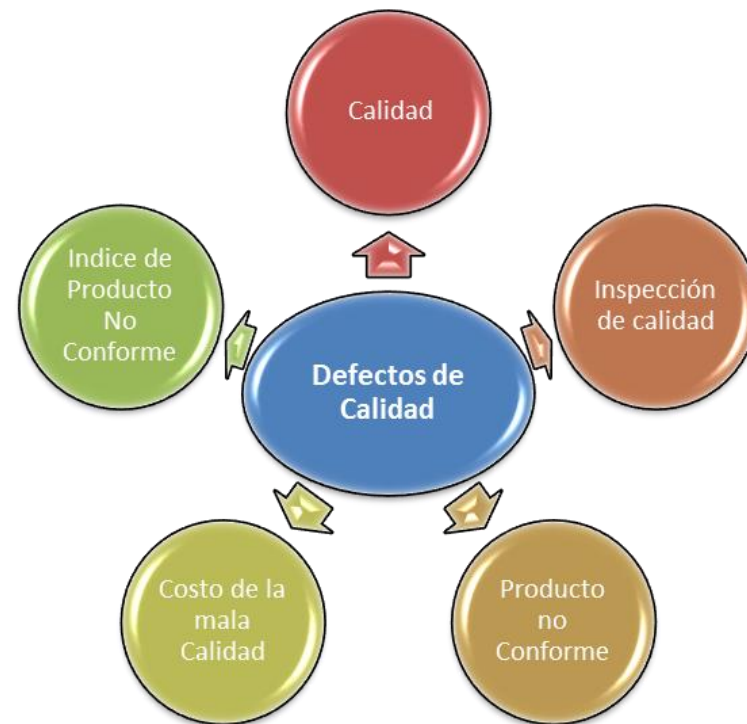


Figura 10: Constelación de Ideas Variable Dependiente

Fuente: Propia

Elaborado Por: El autor

Fundamentación Teórica

Desarrollo de la Variable Independiente: Producción de Láminas Asfálticas.

Administración de Operaciones y Producción

Chase, Jacobs y Aquilano (2009), definen a la administración de operaciones como “El diseño, la operación y la mejora de los sistemas que crean y entregan los productos y los servicios primarios de una empresa”.

Por otro lado Heizer y Render (2009), definen a la administración de operaciones como “El conjunto de actividades que crean valor en forma de bienes y servicios al transformar los insumos en productos terminados”.

En otras palabras se puede definir a la administración de operaciones como el conjunto de actividades que se encargan de la creación y transformación de los insumos o entradas en productos o servicios,

Heizer y Render (2009), en su libro manifiestan que la administración de operaciones contempla a todas las áreas que intervienen en la creación del producto, de esta manera se considera a la administración de operaciones como una filosofía que actúa sobre 10 áreas fundamentales que son:

1. Diseño del producto y del servicio
2. Gestión de la calidad
3. Diseño del proceso y planificación
4. Localización
5. Diseño de la organización
6. Recursos humanos y diseño del trabajo
7. Gestión del abastecimiento
8. Planificación de las necesidades de material
9. Programación a mediano y corto plazo

10. Mantenimiento

La administración de operaciones a más de los 10 campos de decisión que esta tiene 5 campos fundamentales de influencia.

Proceso.- Las decisiones en esta categoría determinan el proceso físico o instalación que se utiliza para producir el bien o servicio, las decisiones influyen en el tipo de equipo, maquinaria, distribución de la planta y el flujo del proceso, (Beuchat, 2007).

Capacidad.- Las decisiones sobre la capacidad influyen en el suministro, la cantidad correcta, en el lugar correcto y el momento exacto, en referencia a los recursos necesarios para la elaboración del producto, (Beuchat, 2007).

Inventarios.- Las decisiones en inventarios determinan lo que se debe ordenar, cuanto pedir y cuando solicitarlo, tanto en los inventarios de materia prima, producto en proceso y producto terminado, (Beuchat, 2007).

Fuerza de trabajo.- La decisión de la gente que va a trabajar en el desarrollo del proceso, este aspecto es fundamental en la administración de operaciones ya que sin la mano de obra no se puede desarrollar el proceso productivo, (Beuchat, 2007).

Calidad.- La administración de operaciones es responsable de asegurar la calidad de los productos o servicios entregados, se debe asegurar que la calidad se mantenga en todas las etapas del proceso de producción.

Proceso de Producción.

Bravo (2008) define al proceso de producción como: “Un conjunto de actividades, interacciones y otros componentes que transforma las entradas en salidas que agregan valor a los clientes del proceso.

En resumen se define al proceso de producción como un conjunto de actividades que transforman las entradas de un proceso en salidas o productos.

Elementos del Proceso.- Un proceso está compuesto por varios elementos interrelacionados con el fin de conseguir un objetivo común como se muestra en la figura.

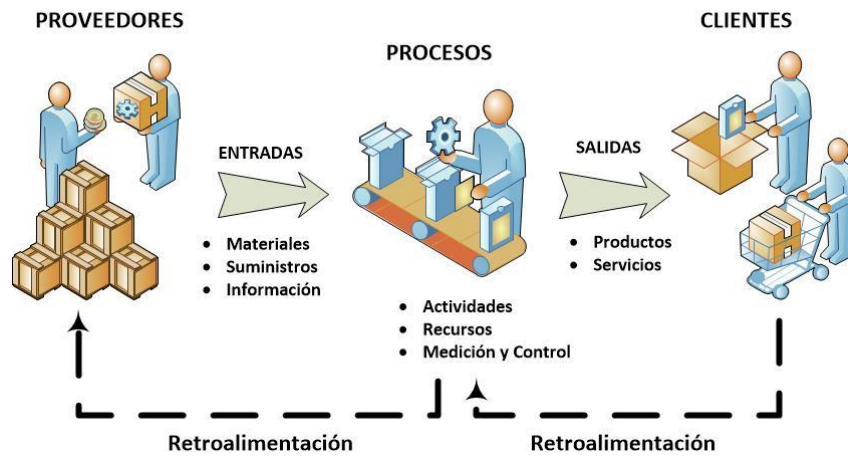


Figura 11: Elementos del proceso

Fuente: Propia

Elaborado Por: El autor

Los elementos que intervienen en el proceso de producción son:

Proveedores.- Son los encargados de suministrar materiales y materias primas, maquinarias o servicios que necesita el proceso para lograr el propósito para el cual fue diseñado, los proveedores son internos, los cuales proveen insumos desde otro proceso interno de la organización y necesarios para el proceso de producción, o externos otras organizaciones que suministran materiales al proceso de producción.

Insumos.- Son los materiales, materias primas o insumos que necesita el proceso productivo para lograr su propósito.

Proceso.- Son las diferentes actividades que transforman los insumos o entradas en salidas o resultados que entrega el proceso.

Salidas.- Son los productos o servicios terminados que entrega el proceso productivo.

Clientes.- Son las personas u organizaciones que reciben los productos o servicios que los procesos productivos de la organización generan.

Factores Determinantes del Proceso.- Todos los procesos están influenciados por varios factores que interactúan entre si y que afectan a su desarrollo y buen desempeño (Benavides G, 2009).

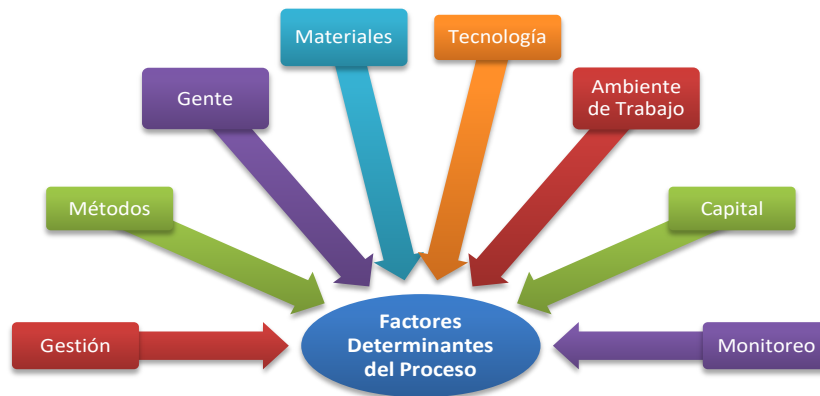


Figura 12: Factores Determinantes del Proceso

Fuente: Modulo de Administración de Procesos Productivos (Benavides 2009)

Elaborado Por: El autor

Es importante comprender los efectos que tiene cada uno de los factores sobre el desarrollo y optimización del proceso productivo, a continuación se describe cada uno de los factores.

Benavides (2009) define a los factores que afectan al proceso de la siguiente manera.

Gestión.- Es el que define el tipo de administración aplicado en la organización para gestionar los procesos.

Materiales.- Establecen el tipo de materiales su forma de manipulación, así también se definen las cantidades de materiales a utilizar en el desarrollo del proceso.

Métodos.- Define los procedimientos, tareas y actividades que se ejecutaran en el desarrollo del proceso para la transformación de los materiales en el producto o servicio que se entregara a un cliente.

La Gente.- Corresponde a la mano de obra directa e indirecta que interviene en la elaboración del producto o servicio que entrega el proceso.

La Tecnología.- Corresponde a los equipos y maquinarias y demás dispositivos utilizados para el desarrollo del proceso.

El Ambiente de Trabajo.- Se considera aspectos como la seguridad y salud y seguridad ocupacional, los factores de riesgo asociados al proceso productivo y el clima organizacional de la compañía.

Capital.- Este factor es fundamental para el desarrollo del proceso, este aspecto define todos los recursos financieros que necesita el proceso para su desarrollo.

El Monitoreo.- Aquí se identifica los medios por los cuales se evalúa el desempeño del proceso e identifica las posibles desviaciones que tiene el proceso para posteriormente corregirlas.

Lámina Asfáltica Imptek-Chova del Ecuador

Definición.- Las láminas son productos prefabricados, cuya base impermeabilizante es de tipo bituminoso de asfalto modificado y reforzadas con armaduras sintéticas, que sirven para solucionar en forma eficiente la impermeabilidad de una superficie. (Jácome 2010).

Descripción de Materiales Bituminosos Modificados

Jácome (2010) define a los materiales bituminosos como “Los que contienen en su composición asfaltos naturales, betunes asfálticos de penetración, betunes asfálticos de oxidación, alquitranes o breas.

Los betunes modificados mejoran las propiedades de los asfaltos puros y asfaltos oxidados (oxiasfalto) brindando una mayor resistencia a las altas y bajas temperaturas mejorando el punto de fragilidad a bajas temperaturas, y aumentando su punto de reblandecimiento altas temperaturas, como se muestra en la siguiente figura, (Jácome 2010).

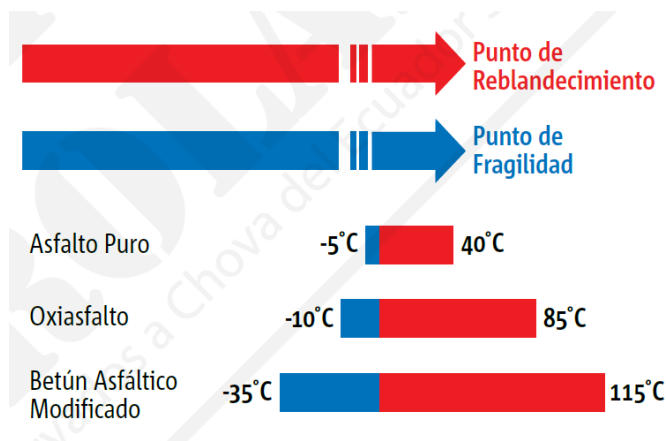


Figura 13: Resistencia a la temperatura del asfalto

Fuente: Manual de impermeabilización Chova del Ecuador (Jácome, S 2010)

Elaborado por: Santiago Jácome, Chova del Ecuador, (2010)

Las propiedades que presenta el betún modificado lo hacen un material idóneo para impermeabilizar una superficie por sus cualidades de repelente al agua, flexibilidad y durabilidad esto se debe a que sus propiedades se mantienen por largos periodos de tiempo llegando a tener una vida útil entre 25 y 30 años. (Jácome 2010).

Existen varios tipos de láminas asfálticas bituminosas las mismas que se puede clasificar en las siguientes:

- Láminas bituminosas de oxiasfalto
- Láminas de oxiasfalto modificado
- Láminas de betún modificado con elastómeros (SBS)
- Láminas de betún modificado con plastómeros
- Láminas extruidas de betún modificado con polímeros
- Láminas de alquitrán modificado con polímeros

Para el estudio se analiza las láminas producidas por la empresa Imptek-Chova del Ecuador S.A.

Láminas de Betún Modificado con Elastómeros (SBS).- Las láminas de Betún Modificado con elastómeros, son láminas de asfalto modificado con polímeros de la familia SBS (Estireno-Butadieno-Estireno), y reforzadas con armaduras sintéticas.

Las láminas de betún modificado con elastómeros se caracterizan por su impermeabilidad, alta elasticidad, recuperación para soportar movimientos estructurales (no se fatiga), resistencia al medio ambiente, excelente durabilidad y resistencia a altas y bajas temperaturas (Jácome 2010).

Descripción.- Las láminas de betún modificado con elastómeros, están constituidas por una o varias armaduras recubiertas con mástico bituminoso modificado con elastómeros, material antiadherente, estas puede ser auto protegidas o sin protección (Jácome 2010).

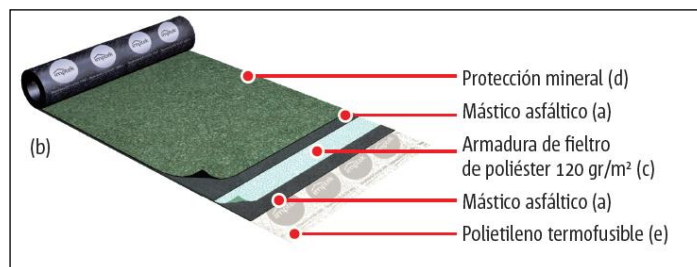


Figura 14: Lámina asfáltica auto protegida (Imperpol 3000)

Fuente: Imptek-Ficha técnica Imperpol 3000 (FT-LAA-02, Revisión: 05)

Elaborado por: Chova del Ecuador. (2015-01)

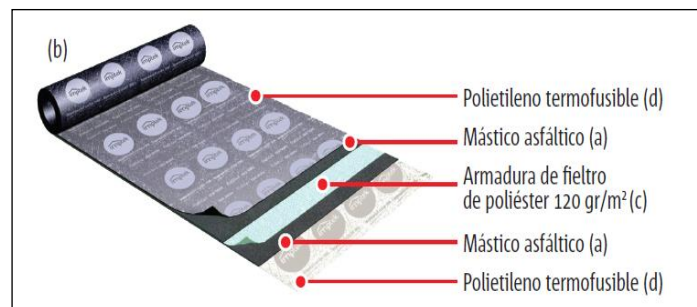


Figura 15: Lámina asfáltica sin protección (Súper K 2500)

Fuente: Imptek-Ficha técnica Súper K 2500 (FT-LAA-08, Revisión: 07)

Elaborado por: Chova del Ecuador. (2015-01)

Producto.

Bonta y Farber (2002) en su libro "199 preguntas sobre Marketing y Publicidad" define al producto como "Un conjunto de atributos que el consumidor considera que tiene un determinado bien para satisfacer sus necesidades o deseos".

Bonta y Farber (2002) en su libro también mencionan que “Según un fabricante, el producto es un conjunto de elementos físicos y químicos engranados de tal manera que le ofrece al usuario posibilidades de utilización”.

Es decir un producto es un bien tangible o intangible que tiene la capacidad de satisfacer las necesidades de un cliente o consumidor.

Especificaciones del Producto

Láminas asfálticas fabricadas en Imptek-Chova del Ecuador se elaboran bajo especificaciones técnicas para cada tipo de láminas, de esta manera se asegura la calidad de los productos que aquí se fabrican.

Las especificaciones de las láminas asfálticas que se fabrican en Imptek-Chova del Ecuador vienen dadas por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2063-2005 Segunda Revisión (Ver anexo 1), entre las principales especificaciones se detallan:

Apariencia de la Lámina.- De acuerdo a lo indicado en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2063-2005 Segunda Revisión, la lámina asfáltica debe tener un aspecto uniforme, sin defectos como perforaciones, bordes desgarrados o no rectilíneos, roturas, grietas, protuberancias, hendiduras etc. (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2005).

Ancho.- El ancho nominal de las láminas que se fabrican en Imptek-Chova del Ecuador es de 1 m.

Longitud.- La longitud de las láminas asfálticas depende de la presentación que tiene cada una de estas, las mismas que se presentan en rollos con las siguientes longitudes, (Ver Tabla 1).

Espesor.- Al igual que la longitud el espesor depende de cada tipo de lámina según se muestra en la siguiente tabla (Ver Tabla 1).

Tabla 1: Especificaciones según el Tipo de Lámina

PRODUCTO	PESO ROLLO			PESO			ESPESOR		
	(Kg)			(Kg/m ²)			REFERENCIAL		
	Mín.	Nom	Máx.	Mín.	Nom	Máx.	Mín.	Nom	Máx.
5k	48	50	52	4,8	5	5,2	3,8	4	4,2
Súper k 2500 Rollo	28	30	32	2,8	3	3,2	2,4	2,5	2,6
Super K 3000 Anti-raíz Rollo	38	40	42	3,8	4	4,2	2,9	3,1	3,3
Techofielt 1500 Rollo	32	34	36	1,6	1,7	1,8	1,4	1,5	1,6
Techofielt 2000 Rollo	37	39	41	2,5	2,6	2,7	1,8	2	2,2
Imperglass 3000 Rollo	38	40	42	3,8	4	4,2	3,2	3,3	3,4
Imperglass 4000 Rollo	48	50	52	4,8	5	5,2	3,8	4	4,2
Imperpol 3000 Rollo	38	40	42	3,8	4	4,2	3,2	3,3	3,4
Imperpol 4000 Rollo	48	50	52	4,8	5	5,2	3,8	4	4,2
Asfalum Rollo	28	30	32	2,8	3	3,2	2,4	2,6	2,8
Alumband Rollo	24	25	26	2,4	2,5	2,6	2,3	2,5	2,7
ATR 1.6 mm Termo adherible	20	21	22	2	2,1	2,2	1,4	1,6	1,8
ATR 3 mm Termo adherible	9	10	11	3,8	4,2	4,6	2,8	3,0	3,2
ATR 5 mm Termo adherible	16	17	18	6,7	7,1	7,5	4,8	5,0	5,2
ATR Autoadhesivo 3 mm	29	30	31	2,9	3	3,1	2,8	3	3,2
ATR Autoadhesivo 5 mm	24	25	26	4,8	5	5,2	4,8	5	5,2
Imperglass Estándar Rollo	36	38	40	3,5	3,7	3,9	2,6	2,8	3
Imptek Parking Rollo 10M2	43	45	47	4,3	4,5	4,7	3,2	3,4	3,6

Especificaciones para láminas asfálticas Imptek-Chova del Ecuador

Fuente: Imptek-Chova del Ecuador**Elaborado por:** El autor

Masa.- La masa de cada una de las láminas asfálticas depende directamente del espesor que esta tenga, entre mayor sea el espesor de la lámina mayor será el peso por área de la lámina asfáltica, así también influye el tipo de armadura y protección que la láminas posea.

Estabilidad Dimensional.- La estabilidad dimensional se refiere a la capacidad que tiene el manto asfáltico de mantener sus dimensiones a lo largo del tiempo.

Variables de Proceso

Durante el desarrollo del proceso productivo se controlan varios factores o variables que afectan al producto o el adecuado desenvolvimiento del proceso productivo, entre las variables que se controlan en el proceso de producción de láminas asfálticas se encuentran los siguientes:

Temperatura.- Vela, L (2007) define a la temperatura como “Un estado relativo del ambiente, fluido o material referido a un valor de un patrón definido por el hombre, un valor comparativo de uno de los estados de la materia”.

Espesor.- El control de espesor en la elaboración de láminas asfálticas se realiza a lo largo de todo el proceso de producción, para asegurar que el producto se encuentra dentro de especificaciones propias del producto.

En la empresa Imptek-Chova del Ecuador durante el proceso de fabricación de láminas asfálticas se realiza el control del espesor de forma manual, con la ayuda de un calibrador de espesores, de esta manera se determina si el producto final se encuentra dentro de las especificaciones definidas para cada tipo de material.



Figura 16: Medición de espesor en láminas asfálticas.

Elaborado por: El autor

Peso por rollo.- Otro de los parámetros que son controlados constantemente durante todo el proceso de producción es el peso por rollo, este parámetro se controla en cada uno de los rollos que salen de la maquina enrolladora previo al embalaje, de esta manera se asegura que todos los productos cumplan con la especificación determinada para cada uno, este parámetro también depende directamente del espesor de la lámina y de la temperatura a la que se encuentra laminando el mástico asfáltico.

Desperdicios.

De acuerdo a la filosofía de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) se considera desperdicio a todo lo adicional a lo mínimo necesario de recursos como materiales, insumos, tiempos de máquinas o trabajadores que se necesitan para agregar valor un producto, (Pérez et al., 2011).

En un concepto más sencillo se dice que desperdicio se considera a todo aquello que no agrega valor a un producto, los desperdicios tienen las siguientes características:

- Cuestan dinero a la empresa
- Consume tiempo el cual se puede utilizar en elaborar productos para el cliente o consumidos.
- Evita que la empresa sea más productiva con los recursos que posee.
- Incrementan los costos de los productos afectando a la competitividad del mismo en el mercado.

La filosofía Lean Manufacturing considera 7 tipos de desperdicios que son:

Sobreproducción.- Se refiere a programar la utilización de recursos en un momento y en cantidades que no se requieren para satisfacer la demanda del consumidor. (Pérez et al., 2011).

La sobreproducción se considera que el mayor de los desperdicios encontrados en las empresas de manufactura, además es el causante de mayoría de los demás desperdicios.

Inventarios.- El almacenamiento prolongado de inventarios ya sean estos productos terminados, materias primas o productos en proceso, estos generan costos de almacenamiento y manipulación de materiales, en algunos casos incluso afecta a la durabilidad del producto. (Pérez et al., 2011).

Transporte: Se caracteriza por el desplazamiento de elementos, bien sea materiales, producto en proceso, producto terminado, personas o herramientas. Durante el periodo de tiempo que se produce este transporte la organización no está agregado valor al producto, pero si agrega un costo adicional a este producto. (Pérez et al., 2011).

Movimientos Innecesarios.- Este desperdicio se genera cuando los espacios o los puestos de trabajo son poco efectivos, por ello los trabajadores se ven obligados a realizar movimientos que exigen más que los movimientos normales de las extremidades poniendo el riesgo la salud del trabajador y generando ambientes poco productivos, este tipo de desperdicio también puede ser generado por el desorden del puesto de trabajo. (Pérez et al., 2011).

Tiempos de Espera.- Este desperdicio hace referencia a los tiempos que un producto o material se detiene en el proceso productivo y espera determinado tiempo para que este vuelva a ser procesado, este tipo de esperas genera costos de producción innecesarios, además este desperdicio puede generar un bajo rendimiento del personal involucrado en el proceso, este desperdicio generalmente es generado por un desbalanceo de las cargas de trabajo, fallas en los equipos, entre otros. (Pérez et al., 2011).

Procesos Innecesarios.- Se consideran a las actividades que se generan cuando los procesos son ineficientes y estos generan defectos en el producto, los mismos que deben ser reprocesados. (Pérez et al., 2011).

Defectos.- Se refiere a producir, aceptar o enviar productos que no cumplen con las especificaciones determinadas por el cliente, esto a la vez genera procesos innecesarios y afectan directamente a los costos del producto final, así también afectan a la satisfacción del cliente final. (Pérez et al., 2011).

Productividad

La productividad hace referencia a los resultados que obtiene de un proceso considerando los recursos utilizados para generar estos resultados. (*Gutiérrez 2010*).

La productividad resulta de dividir los resultados logrados (output) y los recursos utilizados (input), como se muestra en la ecuación.

$$Productividad = \frac{\text{productos totales obtenidos}}{\text{insumos totales gastados}}$$

Como se muestra en la ecuación los resultados se pueden cuantificar por unidades producidas y vendidas o utilidades, en cambio los insumos se pueden cuantificar por número de trabajadores, tiempo utilizado en la elaboración, horas máquina, costo de materias primas, etc. (*Gutiérrez 2010*).

Otra forma de representar la productividad es en términos de eficiencia y eficacia, la primera es la relación de los resultados alcanzados y los recursos utilizados, y la eficacia es el grado en el que se realizan las actividades planeadas y se alcanzan los resultados planeados, es decir la eficiencia el optimizar los recursos y evitar el desperdicio, y la eficacia es utilizar los recursos para alcanzar los resultados planeados, adicionalmente por efectividad se entiende que los objetivos trazados son trascendentes y estos se deben alcanzar. (*Gutiérrez 2010*).

En la siguiente figura se puede ver los componentes de la productividad y se define la eficiencia y eficacia midiendo los recursos empleados y los resultados generados, (*Gutiérrez 2010*).

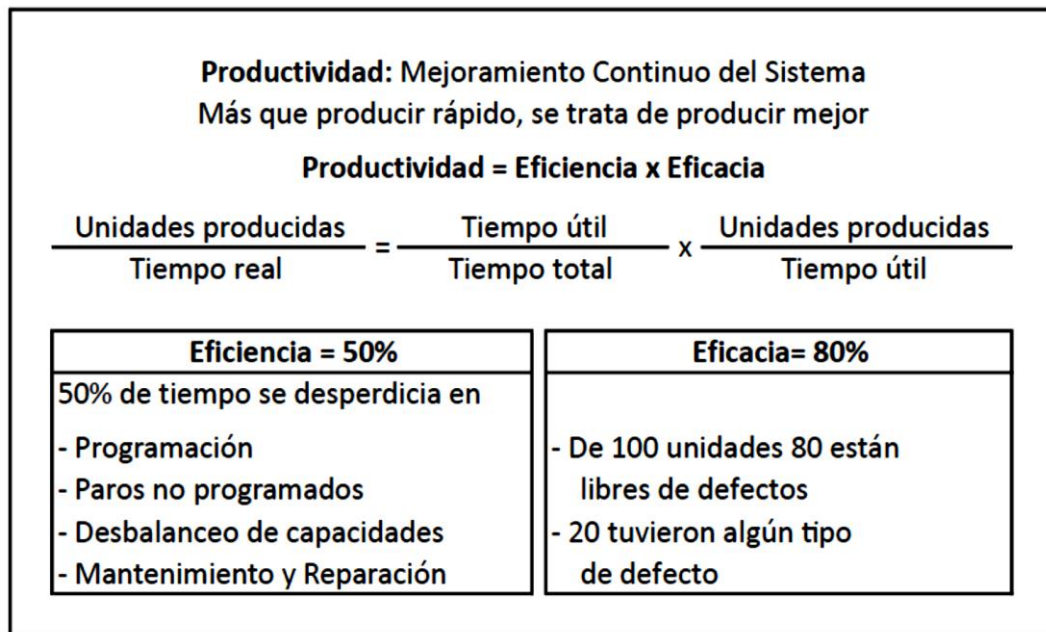


Figura 17: Componentes de la productividad

Fuente: Calidad Total y Productividad, Humberto Gutiérrez Pulido, 2010

Elaborado por: El autor

Desarrollo de la Variable Dependiente: Defectos de Calidad

Defectos de Calidad

De acuerdo a la International Organization for Standardization [ISO] (2005), se considera defecto relacionado con el producto al. “Incumplimiento de una característica asociado a un uso previsto o especificado”

Es decir se define al defecto como una no conformidad de las características o requisitos del producto que puede provocar la no satisfacción del cliente.

Control de calidad

Gryna, Chua y Defeo (2007), definen al control de la calidad de la siguiente manera. “Al proceso empleado para cumplir con los estándares de manera consistente. El proceso de control implica observar el desempeño actual, compararlo con un estándar y luego tomar medidas si el desempeño observado es significativamente diferente al estándar”.

En resumen se define al control de calidad como el conjunto de actividades realizadas para validar el cumplimiento de los estándares o especificaciones en un proceso o producto.

El control de calidad implica una secuencia ordenada de actividades que forman un circuito de retroalimentación:

Gryna, Chua y Defeo (2007), definen a esta secuencia de actividades de la siguiente manera.

1. Elegir el evento de control
2. Establecer una medición
3. Establecer estándares de desempeño
4. Medir el desempeño real
5. Comparar con los estándares el desempeño medido
6. Actuar en relación con la diferencia

Los primeros tres pasos de la secuencia requiere la participación de todo el equipo de trabajo en el proceso, los últimos tres pasos pueden ser responsabilidad del equipo de trabajo del departamento correspondiente (Gryna, Chua y Defeo 2007).

Normas Técnicas

El Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], (2005), en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1000-2009 de la primera revisión, define como norma a:

“Documento aprobado por una institución reconocida, que prevé para uso común y repetido, reglas, directrices o características para los productos o los procesos y métodos de producción conexos y cuya observancia no es obligatoria. También puede incluir prescripciones en materia de terminología, símbolos, embalaje, marcado o etiquetado aplicables a un producto, proceso o método de producción, o tratar exclusivamente de ellas”. (NTE INEN 1000-2009, p.1)

De manera simplificada una norma se define como un documento aprobado por un organismo reconocido que establece especificaciones, técnicas, y procedimientos que se deben cumplir en determinados procesos, productos o servicios.

Los las láminas asfálticas impermeabilizantes fabricadas en Imptek-Chova del Ecuador están elaboradas bajo la norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2063:2005 en su segunda revisión de 2005-03 (Ver Anexo 1), en la cual se detallan las especificaciones técnicas tanto para el mástico asfáltico y para láminas asfálticas según corresponda, en la siguiente tabla se detalla las especificaciones técnicas para mástico asfáltico bituminoso modificado aplicables a las láminas asfálticas producidas en Imptek-Chova del Ecuador.

Tabla 2: *Requisitos del Mástico Bituminoso Modificado*

Características	Unidad	Valor		Método de Ensayo
		Mínimo	Máximo	
Punto de reblandecimiento (anillo y bola)	°C	110	---	NTE INEN 920
Penetración (25°C, 100 g., 5s)	1/10 mm	25	60	NTE INEN 917
Índice de Penetración	---	6	---	UNE 104-281/1-5
Perdida por Calentamiento (5h a 163°C)	%V	---	1	NTE INEN 924
Contenido de cenizas	%P	---	30	UNE 104-281/1-7
Deformación remanente por tracción (Comportamiento Elástico)	%	---	10	NTE INEN 2065
Plegabilidad a Bajas Temperaturas	De 10 probetas preparadas según el numeral 3.3 de la NTE INEN 2065 y ensayados a 0°C, un mínimo de 8 no deben agrietarse cuando se doblen por una de sus caras sobre un borde redondeado de 12,5 mm del radio de curvatura.			UNE 104-281/6-4

Todos los ensayos de deben realizar directamente sobre la muestra del mástico tomada antes de su empleo como recubrimiento.

Cuando alguien disponga de muestras de lámina, el mástico se obtendrá de la misma, preferentemente por separación en frio y únicamente se realizaran los ensayos de punto de reblandecimiento y contenido de cenizas.

Fuente: Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2063:2005

Como se aprecia en la tabla 2 esta norma además de determinar las especificaciones para el mástico bituminoso, hace referencia a las varias normas técnicas necesarias para realizar los ensayos para la validación del producto.

En lo referente a láminas asfálticas esta norma (NTE INEN 2063:2005) también da lineamientos para la validación de producto como por ejemplo:

- Aspecto
- Ancho
- Longitud
- Masa
- Espesor
- Fluencia
- Estabilidad dimensional, etc.

Estos estándares deben cumplir para determinar la conformidad de producto y satisfacción del cliente.

Calidad

Carro y Gonzales (2012) en su publicación definen a la calidad como “La totalidad de los rasgos y características de un producto o servicio que se sustenta en su habilidad para satisfacer las necesidades establecidas o implícitas”.

Por otro lado la International Organization for Standardization [ISO] (2005), define a la calidad como “El grado en el que conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”, entendiéndose como característica a un rasgo que diferencia a un producto o servicio.

En otras palabras se define a la calidad como la capacidad que tiene un producto o servicio para satisfacer las necesidades del cliente.

Importancia de la calidad

Carro y Gonzales (2012) mencionan que la calidad puede y mejorar a la empresa en cuatro maneras:

- **Costos y participación en el mercado.-** Las mejoras en calidad llevan a una mayor participación en el mercado.
- **Prestigio de la organización.-** La calidad surge por percepción que los clientes tiene sobre los productos de la empresa.
- **Responsabilidad de los productos.-** las empresas que elaboran productos defectuosos pueden ser responsables de daños o lesiones.
- **Implicaciones internacionales.-** La calidad es un asunto internacional, los productos deben cumplir con las expectativas de calidad y precio.

Inspección de Calidad

Consiste en evaluar la calidad de los artículos comprados o producidos e informar los resultados, para tomar acciones correctivas cuando sea necesario. (Besterfield 2009).

En otras palabras, durante la inspección de calidad se realiza la verificación del cumplimiento de los estándares establecidos para el producto o servicio, en conformidad con lo estipulado en normas técnicas y reglamentos correspondientes al producto o servicio ofertado.

Para realizar un adecuado proceso de inspección de calidad es necesario contar con equipo de medición adecuado, el mismo que debe ser debidamente almacenado y calibrado, (Besterfield 2009).

Producto no Conforme

Álvarez (2011) en el manual de producto no conforme de la empresa Calefacción y Ventilación S.A. de C.V. define al producto no conforme como. “El resultado de un proceso que no cumple con los requisitos especificados, producto que no cumple con las características planificadas características de tiempo y características de forma”.

En otras palabras, producto no conforme es aquel que no cumple con las especificaciones establecidas del producto, el mismo que presenta defectos y este producto no puede ser utilizado para el fin que fue diseñado.

Costos de la mala Calidad

Costo de la Calidad

Se consideran costos de calidad a los costos totales que se asocian al sistema de gestión de la calidad, y se pueden utilizar como medida de desempeño del sistema de calidad, estos costos se pueden dividir en dos grupos que son los asignados por la empresa para asegurar que sus productos tengan calidad, y los costos por no tener calidad que resultan de las deficiencias y defectos de los productos o procesos. (Gutiérrez 2010, p. 23).

Gutiérrez (2010) divide a los costos de calidad en dos grupos:

Costos de Prevención de la Calidad.- Son los costos asignados por la empresa para prevenir los errores, fallas, desviaciones o defectos durante cualquier etapa del proceso de producción, estos costos se los puede destinar a actividades como:

- Planificación de la calidad
- Planificación de los procesos productivos
- Capacitación y entrenamiento en operación
- Planes de aseguramiento de la calidad
- Implementación de procesos de mejora continua
- Actividades de prevención de defectos
- Manuales técnicos, entre otros.

Costos de Evaluación de la Calidad.- Son los recursos destinados a verificar la calidad de los productos, que estos se encuentren dentro de especificaciones, también se encarga de controlar y medir el adecuado desarrollo de los procesos en la empresa, dentro de las actividades de evaluación de la calidad se encuentran:

- Inspección, pruebas y ensayos de productos
- Auditorías internas y externas
- Calibración y mantenimiento de equipos de medición
- Control de proceso
- Auditorías de proceso
- Auditorías de producto

Costos de la Mala Calidad

Gutiérrez (2010) define a la mala calidad como: “Una utilización deficiente de los recursos financieros y humanos, con lo que entre más deficientes y fallas se tenga los costos por lograr la calidad y por no tenerla serán más elevados”.

Los costos de la mala calidad se pueden dividir en dos grupos que son:

Costos por Fallas Internas.- Son aquellos costos que se origina por fallas internas que tiene la empresa, y que han sido detectados antes de que los productos sean aceptados por los clientes, (García, Quispe y Raez 2002).

Dentro de estos costos se encuentran los originados por:

- Productos defectuosos
- Costos generados por degradación del producto
- Desechos o reproceso
- Costos originado por corrección de problemas
- Reparaciones de equipos y maquinarias
- Horas extras generadas por problemas del producto
- Acciones correctivas.

Costos por Fallas Externas.- Son aquellos costos que tiene que asumir la empresa debido a que al cliente final se le ha entregado productos defectuosos o inaceptables (García, Quispe y Raez 2002).

Dentro de los costos de la calidad originados por fallas externas se detallan:

- Cancelación de proveedores
- Devoluciones de producto
- Reparaciones de productos defectuosos
- Gastos de garantías
- Costos debido a esperas
- Perdidas por transporte
- Retrasos por modificaciones.

Índice de Producto no Conforme.

El índice de producto no conforme es un indicador de gestión en cual evalúa el rendimiento del proceso productivo en referente a la cantidad de unidades defectuosas producidas en un lote de producción.

Para Imptek-Chova del Ecuador el índice de producto no conforme está definido por la siguiente ecuación:

$$\%PNC = \frac{\text{Unidades Defectuosas}}{\text{Unidades Producidas}} \times 100\%$$

Imptek-Chova del Ecuador, en su cuadro de mando integral establece que el índice de producto no conforme (PNC) máximo permitido es de 0.14%, lo que quiere decir; de cada 1000 m² producidos máximo podrá existir 1.4 m² de producto no conforme.

Hipótesis

Hipótesis nula: El proceso de producción de láminas asfálticas influye en los defectos de calidad de producto en la empresa Imptek “Chova del Ecuador“

Hipótesis alternativa: El proceso de producción de láminas asfálticas no influye en los defectos de calidad de producto en la empresa Imptek “Chova del Ecuador“

Señalamiento de Variables

Variable Independiente

Producción de láminas asfálticas.

Variable Dependiente

Defectos de Calidad.

Definición de Términos Técnicos

PNC.- Producto no conforme

Asfalto.- Mineral negro de origen natural u obtenido artificialmente por destilación del petróleo.

Lámina asfáltica.- Lámina impermeable compuesta de sustancias bituminosas derivadas del asfalto, se utilizan para impermeabilizar cubiertas y muros subterráneos.

Mástico Asfáltico.- Mezcla viscosa consistente en asfalto y otro material de relleno que se endurece con la exposición al sol, empleado como adhesivo o capa impermeable.

Desperdicio.- Resto no aprovechable de una cosa, gasto innecesario.

Costo.- Es el gasto económico que representa la fabricación de un producto o un servicio.

Inspección.- Hace referencia a la acción de examinar, investigar o revisar, se trata de una exploración física de una cosa.

Punto de Reblandecimiento.- Temperatura en la que el asfalto fluye con facilidad, se determina por el ensayo de anillo y bola.

Elastómero.- Polímero que presenta propiedades elásticas.

Defecto.- Imperfección o falta que tiene algo en alguna parte o de una cualidad o característica.

PLC.- Controlador lógico programable

HMI.- “Human Machine Interface”, es decir es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina.

CAPITULO III

METODOLOGIA

Enfoque de la Modalidad.

Para el trabajo de investigación se utiliza un enfoque cual-cuantitativo, donde, para la parte cuantitativa se realiza una valoración de la cantidad de producto no conforme generado en el periodo enero – diciembre 2015 en las líneas de laminación de la empresa Imptek-Chova del Ecuador, así también se realiza una valoración de la cantidad de desperdicio generado en las líneas de producción, identificando el defecto generado en cada uno de estos productos y posteriormente aplicar técnicas estadísticas (Pareto) para determinar los defectos de calidad más recurrentes y de mayor impacto económico para la empresa, dicha información se toma de la bitácora de PNC (Producto no Conforme) que mantiene la compañía a cargo del departamento de calidad.

Posteriormente se realiza un análisis cualitativo del proceso productivo para la fabricación de láminas asfálticas, donde se identifica en que parte del proceso se generan los defectos de calidad, y las causas que generan dichos defectos o desperdicios tanto de material y producto terminado.

Investigación de Campo

El presente estudio se realiza en la planta industrial de la empresa Imptek-Chova del Ecuador, específicamente en las líneas de laminación N° 1 y 2 donde se recopila toda la información necesaria para este estudio, como la cantidad de producto no conforme, la cantidad de desperdicios y los defectos que generan dicho producto no conforme, las causas más frecuentes que originan el defecto y los costos que representan cada uno de estos para la empresa, esta información se toma de los datos obtenidos en los registros de la Imptek-Chova del Ecuador correspondientes a producto no conforme y desperdicios en el periodo comprendido entre enero y diciembre 2015.

Investigación Documental-Bibliográfica

En la presente investigación se utiliza información de varias fuentes bibliográficas como: documentos, libros, revistas, folletos, manuales, páginas web, entre otras, las mismas que pueden ser consideradas como fuentes primarias o secundarias y nos ayuda profundizar en las diferentes teorías y conceptualizaciones sobre los temas que se han investigado.

Tipo de Investigación

Investigación Descriptiva

En esta investigación se describen los factores que influyen en la calidad de las láminas asfálticas impermeabilizantes como son: las altas temperaturas, la mala calibración de la máquina laminadora, deficiencias en el prensado, etc., las mismas que generan producto no conforme o desperdicios a lo largo del proceso productivo, de esta manera analizar cada uno de los defectos presentados y definir las causas y posibles soluciones al problema que se está investigando.

De la misma manera relacionar los factores que influyen en la calidad de producto en el proceso de producción, y la cantidad de producto no conforme y desperdicios generados en las líneas de laminación de la empresa Imptek-Chova del Ecuador, de esta manera identificar los defectos que tienen una mayor afectación para la compañía.

Población y muestra

Población.- Para esta investigación se considera como población a un total de 269929.02 m² de lámina asfáltica en diferentes productos y 28154 unidades de cortes de bandas producidas en la empresa Imptek-Chova del Ecuador, dentro del periodo enero - diciembre 2015, los mismos se toman de varios lotes de producción que han llegado a presentar algún tipo de defecto de calidad en el producto, esta información se encuentra en los registros de calidad de la empresa Imptek-Chova del Ecuador, en la bitácora de producto no conforme.

Muestra.- Para esta investigación se considera como muestra a todo el producto no conforme generado en las líneas de laminación N° 1 y 2 de la empresa Imptek-Chova del Ecuador a lo largo del periodo enero-diciembre 2015, los mismos que representan un total de 5183.9 m² de lámina asfáltica y 2070 unidades de cortes de bandas reportados como producto no conforme.

Operacionalización de las Variables

Para realizar la operacionalización de las variables antes debemos tener claro que constituye la variable independiente y la variable dependiente de este estudio.

Variable independiente: Producción de láminas asfálticas

Variable dependiente: Defectos de Calidad.

Variable Independiente: Producción de láminas asfálticas

Tabla 3: *Matriz de Operacionalización de la Variable Independiente*

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas/Instrumentos
La producción de láminas asfálticas consiste en el proceso de laminación del betún asfáltico modificado con polímeros, estos productos pueden ser con armadura y sin armadura, el proceso productivo al no ser automatizado puede generar varios problemas calidad en el producto.	Nº productos defectuosos	Nº de defectos por producto	¿Cuáles son los defectos de calidad más frecuentes y por qué se originan?	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas: Observación • Instrumentos: Reportes Bitácoras Registros

Fuente: Propia

Elaborado por: El autor

Variable dependiente: Defectos de Calidad.

Tabla 4: *Matriz de Operacionalización de la Variable dependiente.*

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas/Instrumentos
Los defectos de calidad presentados en las láminas asfálticas de Imptek-Chova del Ecuador se pueden generar por varios factores asociados a deficiencias en el proceso productivo.	Índice de producto no conforme	N° de productos no conformes / N° Productos totales	¿Cuál es el costo de la no calidad que estos productos no conformes originan?	<ul style="list-style-type: none">• Técnicas: Observación Análisis• Instrumentos: Reportes y Bitácoras

Fuente: Propia

Elaborado por: El autor

Recolección de la Información

En la siguiente tabla se detalla los datos con los que se realiza esta investigación.

Tabla 5: *Cantidad de PNC por Periodo*

Periodo	Cantidad de Producto no Conforme	
	Productos Fabricados en m ²	Productos Fabricados en unidades
Enero 2015	1128,9	6
Febrero 2015	510	43
Marzo 2015	30	0
Abril 2015	0	1944
Mayo 2015	360	0
Junio 2015	615	17
Julio 2015	1275	18
Agosto 2015	475	0
Septiembre 2015	420	27
Octubre 2015	40	0
Noviembre 2015	150	0
Diciembre 2015	180	15
Total	5183,9	2070

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Los datos presentados se obtienen de la bitácora de PNC (Producto no Conforme), manejada por el área de calidad de la empresa Imptek-Chova del Ecuador, en la cual se registra la fecha de fabricación del material, el tipo de material, el lote de producción, la cantidad de material que se fabricó bajo dicho lote, la cantidad de producto no conforme generado y el tipo de defecto presentado.

Procesamiento y Análisis de la Información

Los datos presentados se analizan en 12 periodos (12 meses), en los cuales se totaliza los tipos de defectos presentados, la cantidad de PNC (Producto no Conforme) por cada defecto, se cuantifica la cantidad de PNC generado en base al

costo de mala calidad posteriormente se utiliza la técnica de Pareto para identificar los principales defectos que se deben controlar en el proceso productivo, finalmente se realiza un análisis los principales defectos presentados para identificar la parte del proceso de producción en el cual se genera y definir el punto de mejoramiento dentro del proceso de producción.

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

Para esta investigación se recopila los datos necesarios tomados de la bitácora de PNC (Producto no Conforme) de la empresa Imptek-Chova del Ecuador, donde se registra toda la información referente al producto no conforme generado en las líneas de producción, para esta investigación se elabora una ficha en la cual se detalla la información necesaria para realizar el análisis de datos, comprendidos en el periodo enero a diciembre del 2015, este documento contiene la siguiente información.

- N° PNC04 (registro de Imptek-Chova del Ecuador para dar trazabilidad al producto no conforme)
- Fecha de producción
- Periodo (Mes correspondiente)
- N° de lote de producción
- Producto fabricado
- Línea de Producción
- Cantidad de PNC generada
- Unidad de medida
- Descripción del defecto
- % de validez del material
- Cantidad total producida por N° de lote
- Costo unitario
- Costo total

Una vez obtenida la información de la bitácora de PNC de Imptek-Chova del Ecuador, e ingresada a nuestra ficha (Ver anexo 2) se encuentra un total de 69

registros (PNC04) correspondientes a productos elaborados en las líneas de laminación N° 1 y 2 de la empresa, de los cuales se puede identificar los siguientes defectos.

- Rollos con bajo, Espesor fuera de especificación
- Rollos con Arrugas
- Rollos sin Mástico
- Rollos con pepas
- Rollos sin grano
- Rotura a lo largo del rollo
- Longitud fuera de especificación
- Rollo sin traslape
- Polietileno quemado
- Ancho fuera de especificación
- Gelificación de polímero
- Granulo contaminado
- Traslape quemado

Con la información correspondiente a los defectos presentes en láminas asfálticas se analiza la cantidad de productos que presentan cada uno de los defectos, inicialmente se analiza a los productos que se contabilizan en metros cuadrados (m²), de la misma manera se analiza a los productos que se registran por unidad producida, el detalle de las cantidades analizadas se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 6: Cantidad de producto defectuoso analizado en m2 y un

PRODUCTO	CANTIDAD PNC GENERADA (m2)	PRODUCTO	CANTIDAD PNC GENERADA (Un)
Asfalum Rollo 10M2	1190	Corte Alumband 10x10	102
Super K 3000 Anti-raíz Rollo 10M2	120	Polibrea L-10 (4 un)	1938
Imperglass Estándar Negro Rollo 10.2M2	122,4	Corte Alumband 10x5	30
Imperpol 3000 Tabaco Rollo 10M2	250		
Alumband rollo 10M2	500		
Imperglass Estándar Verde Rollo 10.2M2	50,4		
Imperglass Estándar Tabaco Rollo 10.2M2	30,6		
Imperpol 3000 Negro Rollo 10M2	645,5		
Súper k 2500 Rollo 10M2	190		
Alumband 2mm10m2	290		
Imperpol 3000 Rojo Rollo 10M2	150		
5 k	50		
Techofielt 3000 1 cara de arena	60		
Imperglass 4000 Rojo Rollo 10m2	30		
Imperglass 3000 Rojo Rollo 10m2	50		
Techofielt 2000 Rollo 15M2	1455		
Total m2 Defectuosos	5183,9	Total Unidades Defectuosas	2070

Se analiza total una cantidad de 5183.9 m² de lámina asfáltica y 2070 unidades de cortes

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

En total para esta investigación se analiza una cantidad de 5183.9 m² de lámina asfáltica, y una cantidad de 2070 unidades de cortes, estos se consideran a los productos laminados que no se comercializan en forma de rollo.

Análisis de la Cantidad de Defectos Generados

Una vez que se ha clasificado los tipos de defectos y la cantidad de producto no conforme generado, se inicia con el análisis de dichos defectos y como el proceso productivo influye en los mismos.

Inicialmente se cuantifica la cantidad de PNC (Producto no Conforme) generado por cada defecto en todos los periodos, en la siguiente tabla se muestra la cantidad de PNC generado en m².

Tabla 7: Cantidad de PNC generado por periodo en m².

Defecto	Periodo												TOTAL ANUAL
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación	662,4	170	10	0	150	0	170	0	110	0	90	0	1362,4
Rollos con arrugas	90	20	0	0	0	120	700	0	0	0	0	0	930
Rollos sin Mástico	40	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
Rollos con pepas	110,8	100	0	0	0	30	0	160	0	40	0	0	440,8
Rollos sin grano	100	120	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240
Rotura a lo largo del rollo	10,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,2
Longitud fuera de especificación	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
Rollo sin traslape	85,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85,5
Polietileno quemado	0	70	0	0	0	465	405	315	260	0	0	180	1695
Ancho fuera de especificación	0	0	0	0	210	0	0	0	0	0	60	0	270
Gelificación de polímero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gránulo contaminado	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	20
Traslape quemado	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	30

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Para realizar el análisis de la cantidad generada por cada uno de los defectos también se determina la cantidad de PNC (Producto no Conforme) generado en unidades producidas como se muestra en la tabla, de esta manera realizar un análisis y determinar los defectos que se presentan en mayor cantidad de los productos.

Tabla 8: Cantidad de PNC generado por periodo en Unidades.

Defecto	Periodo												TOTAL ANUAL
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación	1	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
Rollos con arrugas	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
Rollos sin Mástico	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Rollos con pepas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15
Rollos sin grano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotura a lo largo del rollo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Longitud fuera de especificación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rollo sin traslape	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poliétileno quemado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ancho fuera de especificación	0	0	0	6	0	17	18	0	17	0	0	0	58
Gelificación de polímero	0	0	0	1938	0	0	0	0	0	0	0	0	1938
Gránulo contaminado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Traslape quemado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Imptek**Elaborado por:** El autor

Con los resultados obtenidos se puede notar que los productos que se comercializan en m² tienen una mayor cantidad de defectos, en especial se observa que existe una cantidad considerable de rollos con polietileno quemado (1695 m²), seguido por los rollos que presentan bajo peso, espesor fuera de especificación (1362.4 m²), sin embargo en los productos que se contabilizan por unidades producidas aparece el defecto gelificación de polímero que se presenta en un periodo específico con una cantidad bastante alta (1938 un).

Con la cantidad de PNC generado por cada uno de los defectos se contabiliza el número de veces se presenta el defecto durante los 12 periodos del 2015 de esta manera se identifica que defecto tiene una mayor repetitividad, para ello se revisa la bitácora de PNC (Producto no Conforme) de Imptek-Chova del Ecuador y se toma en cuenta el número registros presentes por cada tipo de defecto, esto se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 9: *Repetitividad de defectos.*

Defecto	Periodo												Total
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación	6	2	1	0	1	0	2	0	2	0	1	0	15
Rollos con arrugas	2	1	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	7
Rollos sin Mástico	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Rollos con pepas	5	2	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	11
Rollos sin grano	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Rotura a lo largo del rollo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Longitud fuera de especificación	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Rollo sin traslape	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Polietileno quemado	0	1	0	0	0	1	2	2	1	0	0	1	8
Ancho fuera de especificación	0	0	0	3	1	3	1	0	1	0	1	0	10
Gelificación de polímero	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Gránulo contaminado	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Traslape quemado	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

En la tabla se pueden observar 3 defectos que tienen una repetitividad superior.

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

De acuerdo a los resultados obtenidos de la Tabla 9 se observa que existen tres tipos de defectos que son más repetitivos y están presentes en la mayoría de los periodos analizados, en otros casos se presenta más de una vez en algunos periodos, por ejemplo el defecto “Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación”, es el defecto que más repeticiones tiene a lo largo de todos los periodos, incluso se puede ver que en el primer periodo (enero 2015) se presenta en 6 ocasiones, posteriormente se cuantifica los costos que estos generan, en el siguiente grafico se aprecia de mejor manera el total de defectos presentados en los 12 periodos.

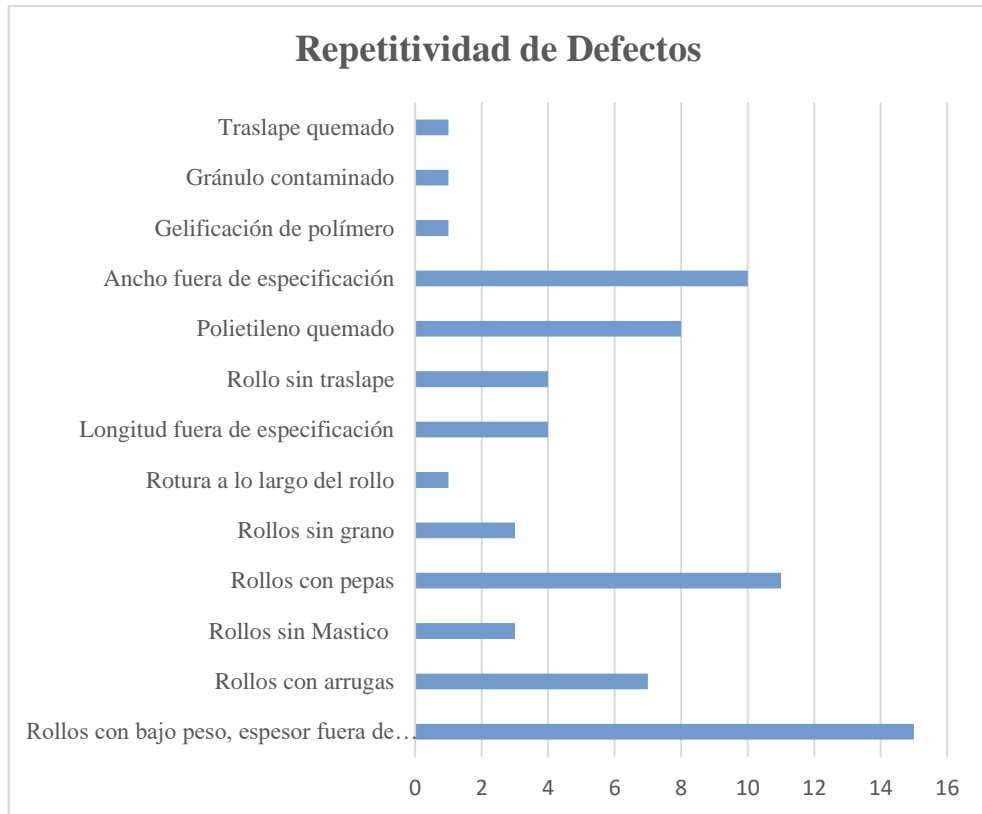


Figura 18: Repetitividad de defectos

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Como se muestra en la figura anterior se puede apreciar que el defecto que tiene una mayor repetitividad durante los 12 periodos del 2015 son los rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación.

Posteriormente se utilizara esta información para realizar un análisis de Pareto en los cuales se determinaran los defectos afectan mayormente a la compañía.

Análisis de Costos por Defecto

Una vez obtenidas las cantidades de PNC generado en cada periodo se analiza el costo anual que representa la generación de PNC (Producto no Conforme), para ello se toma en cuenta el costo de la mala calidad determinado por Imptek-Chova del Ecuador para cada producto de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 10: *Costos de la mala calidad por producto*

Producto	Costo de la Mala Calidad x m²	Producto	Costo de la Mala Calidad x Unidad
Asfalum Rollo 10M2	\$ 2,37	Corte Alumband 10x10	\$ 3,21
Super K 3000 Anti-raíz Rollo 10M2	\$ 3,07	Polibrea L-10 (4 un)	\$ 6,10
Imperglass Estándar Negro Rollo 10.2M2	\$ 1,93	Corte Alumband 10x5	\$ 1,84
Imperpol 3000 Tabaco Rollo 10M2	\$ 2,82		
Alumband rollo 10M2	\$ 3,32		
Imperglass Estándar Verde Rollo 10.2M2	\$ 2,35		
Imperglass Estándar Tabaco Rollo 10.2M2	\$ 2,17		
Imperpol 3000 Negro Rollo 10M2	\$ 2,57		
Súper k 2500 Rollo 10M2	\$ 2,30		
Alumband 2mm10m2	\$ 2,82		
Imperpol 3000 Rojo Rollo 10M2	\$ 2,69		
5 k	\$ 2,82		
Techofielt 3000 1 cara de arena	\$ 3,37		
Imperglass 4000 Rojo Rollo 10m2	\$ 3,06		
Imperglass 3000 Rojo Rollo 10m2	\$ 2,35		
Techofielt 2000 Rollo 15M2	\$ 1,52		

Costos de la Mala Calidad definidos por Imptek-Chova del Ecuador para cada uno de los productos.

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Con la información obtenida en la tabla 6 (cantidad de producto defectuoso analizado en m² y unidades), se procede a cuantificar el costo total que representa

la generación de producto no conforme por producto analizado durante todo el año 2015.

Tabla 11: *Costos totales anuales de mala calidad por producto*

Producto	Cantidad PNC	Unidad	Costo de la Mala Calidad	Total
Asfalum Rollo 10M2	1190	m2	\$ 2,37	\$ 2.820,30
Super K 3000 Anti-raíz Rollo 10M2	120	m2	\$ 3,07	\$ 368,40
Imperglass Estándar Negro Rollo 10.2M2	122,4	m2	\$ 1,93	\$ 236,23
Imperpol 3000 Tabaco Rollo 10M2	250	m2	\$ 2,82	\$ 705,00
Alumband rollo 10M2	500	m2	\$ 3,32	\$ 1.660,00
Imperglass Estándar Verde Rollo 10.2M2	50,4	m2	\$ 2,35	\$ 118,44
Imperglass Estándar Tabaco Rollo 10.2M2	30,6	m2	\$ 2,17	\$ 66,40
Imperpol 3000 Negro Rollo 10M2	645,5	m2	\$ 2,57	\$ 1.658,94
Súper k 2500 Rollo 10M2	190	m2	\$ 2,30	\$ 437,00
Alumband 2mm10m2	290	m2	\$ 2,82	\$ 817,80
Imperpol 3000 Rojo Rollo 10M2	150	m2	\$ 2,69	\$ 403,50
5 k	50	m2	\$ 2,82	\$ 141,20
Techofielt 3000 1 cara de arena	60	m2	\$ 3,37	\$ 202,32
Imperglass 4000 Rojo Rollo 10m2	30	m2	\$ 3,06	\$ 91,92
Imperglass 3000 Rojo Rollo 10m2	50	m2	\$ 2,35	\$ 117,50
Techofielt 2000 Rollo 15M2	1455	m2	\$ 1,52	\$ 2.211,60
Corte Alumband 10x10	102	un	\$ 3,21	\$ 327,52
Polibrea L-10 (4 un)	1938	un	\$ 6,10	\$ 11.821,80
Corte Alumband 10x5	30	un	\$ 1,84	\$ 55,32
TOTAL GENERAL				\$24.261,19

Se representan los costos totales anuales generados por PNC durante todo el año 2015 por cada uno de los productos

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Se puede evidenciar en la tabla 11 que el producto no conforme representa un costo total de \$24.261,19 en el año 2015, dicho costo lo asume la empresa, y se convierte directamente en pérdidas económicas para la compañía.

A continuación se analiza el costo de mala calidad generado por cada defecto, para ello se cuantifica el PNC (Producto no Conforme) generado por defecto y se estima el valor económico que estos representan.

En la siguiente tabla se muestra el valor económico generado por producto no conforme en los diferentes tipos de defectos tomando en cuenta a todos los productos,

Tabla 12: *Costos de la mala calidad generados por tipo de defecto*

DEFECTO	Costo PNC x m2	Costo PNC x Unidad	Total x Defecto
Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación	\$ 3.838,51	\$ 141,24	\$ 3.979,75
Rollos con arrugas	\$ 2.326,30	\$ 32,10	\$ 2.358,40
Rollos sin Mástico	\$ 199,90	\$ 16,05	\$ 215,95
Rollos con pepas	\$ 1.123,81	\$ 48,15	\$ 1.171,96
Rollos sin grano	\$ 646,88	\$ -	\$ 646,88
Rotura a lo largo del rollo	\$ 23,96	\$ -	\$ 23,96
Longitud fuera de especificación	\$ 70,47	\$ -	\$ 70,47
Rollo sin traslape	\$ 219,74	\$ -	\$ 219,74
Polietileno quemado	\$ 2.945,60	\$ -	\$ 2.945,60
Ancho fuera de especificación	\$ 518,40	\$ 145,08	\$ 663,48
Gelificación de polímero	\$ -	\$ 11.821,80	\$ 11.821,80
Gránulo contaminado	\$ 51,40	\$ -	\$ 51,40
Traslape quemado	\$ 91,80	\$ -	\$ 91,80
TOTAL			\$ 24.261,19

Costos de mala calidad generados por tipo de defecto durante el 2015.

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Diagramas de Pareto

Una vez que se ha identificado la cantidad de Producto no Conforme generado por defecto, el costo que estos productos representan para la empresa y la repetitividad que tienen cada uno de los defectos durante el periodo analizado, se utiliza la técnica de Pareto para identificar los defectos más críticos, para ello se realiza un diagrama de Pareto basado en el número de repeticiones de cada uno de los defectos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de Pareto, se identifica los defectos más críticos, para posteriormente analizar en qué lugar del proceso productivo este defecto se genera, y así definir las oportunidades de mejora para implementar dentro del proceso de producción.

En la siguiente tabla se presenta la información necesaria para la elaboración del Diagrama de Pareto basado en la repetitividad de los defectos durante el periodo analizado.

Tabla 13: *Cuadro para Diagrama de Pareto por número de eventos*

Defecto	Eventos	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada
Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación	15	21,74%	21,74%
Rollos con pepas	11	15,94%	37,68%
Ancho fuera de especificación	10	14,49%	52,17%
Polietileno quemado	8	11,59%	63,77%
Rollos con arrugas	7	10,14%	73,91%
Rollo sin traslape	4	5,80%	79,71%
Longitud fuera de especificación	4	5,80%	85,51%
Rollos sin grano	3	4,35%	89,86%
Rollos sin Mástico	3	4,35%	94,20%
Gelificación de polímero	1	1,45%	95,65%
Traslape quemado	1	1,45%	97,10%
Gránulo contaminado	1	1,45%	98,55%
Rotura a lo largo del rollo	1	1,45%	100,00%
Total	69		

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

En el siguiente grafico se muestra el diagrama de Pareto resultante de la información mostrada en la tabla 13, y se realiza el respectivo análisis.

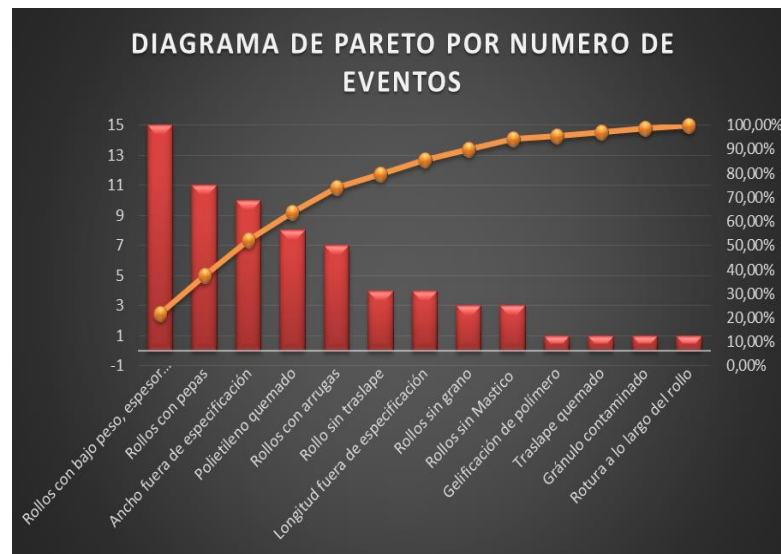


Figura 19: Diagrama de Pareto basado en la repetitividad de los defectos

Elaborado por: El autor

De acuerdo a los resultados obtenidos en este diagrama se identifica seis tipos de defectos, que representa aproximadamente el 80% de los defectos totales, es decir para reducir el 79.71% de todos los defectos es necesario atacar a los siguientes:

- Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación
- Rollos con pepas
- Ancho fuera de especificación
- Polietileno quemado
- Rollos con arrugas
- Rollos sin traslape

Cabe indicar que no necesariamente los defectos que tienen una mayor repetitividad son los más críticos, es decir si un defecto representa el 21.74% del total de repeticiones no significa que este tenga el mayor impacto económico para la compañía.

Con la finalidad de depurar esta lista de defectos y tener una idea más clara de a cuales se debe atacar, se elabora un análisis de Pareto adicional basado en el costo de la mala calidad por Producto no Conforme.

En la siguiente tabla, se presenta la información necesaria para la elaboración del diagrama de Pareto basado en el costo de la mala calidad por defecto generado.

Tabla 14: Cuadro para Diagrama de Pareto por costos de la mala calidad

Defecto	Costo Total	Porcentaje acumulado	Porcentaje relativo acumulado
Gelificación de polímero	\$ 11.821,80	48,73%	48,73%
Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación	\$ 3.979,75	16,40%	65,13%
Polietileno quemado	\$ 2.945,60	12,14%	77,27%
Rollos con arrugas	\$ 2.358,40	9,72%	86,99%
Rollos con pepas	\$ 1.171,96	4,83%	91,82%
Ancho fuera de especificación	\$ 663,48	2,73%	94,56%
Rollos sin grano	\$ 646,88	2,67%	97,22%
Rollo sin traslape	\$ 219,74	0,91%	98,13%
Rollos sin Mástico	\$ 215,95	0,89%	99,02%
Traslape quemado	\$ 91,80	0,38%	99,40%
Longitud fuera de especificación	\$ 70,47	0,29%	99,69%
Gránulo contaminado	\$ 51,40	0,21%	99,90%
Rotura a lo largo del rollo	\$ 23,96	0,10%	100,00%
TOTAL	\$ 24.261,19		

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

En el siguiente grafico se muestra el diagrama de Pareto resultante de la tabla 14, y se realiza el respectivo análisis.



Figura 20: Diagrama de Pareto basado en el costo de la mala calidad

Elaborado por: El autor

Con información presentada en este diagrama se tiene una idea más clara de los defectos que a los que se debe atacar, se puede observar que tres defectos de los totales representan aproximadamente un 80% del costo total de la mala calidad en el periodo de tiempo estudiado, y además dos de ellos aparecen en el diagrama anterior, de acuerdo a lo indicado en el diagrama se concluye que para reducir un 77.27% de los costos de la mala calidad es necesario atacar a los siguientes problemas:

- Gelificación de polímero
- Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación
- Polietileno quemado

Los defectos antes mencionados representan a Imptek-Chova del Ecuador un costo de \$18747.15 correspondientes a la mala calidad, de un total de \$24261.19 generados durante el año 2015.

Al identificar el punto del proceso productivo donde se generan los defectos y gestionando mejoras adecuadas al proceso, este costo se puede convertir directamente en utilidad para la compañía.

Análisis del Proceso Productivo y la Generación de Defectos de Calidad

Para el análisis del proceso de producción de láminas asfálticas en la empresa Imptek-Chova del Ecuador, se toma en cuenta los principales defectos definidos por los diagramas Pareto que son:

- Gelificación de polímero
- Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación
- Polietileno quemado

Para mejor comprensión de la generación de defectos a continuación se detalla el desarrollo del proceso productivo.

Proceso de Producción de Láminas Asfálticas

El proceso de producción de láminas asfálticas de la empresa Imptek-Chova del Ecuador se explica según el siguiente diagrama (Figura 21).

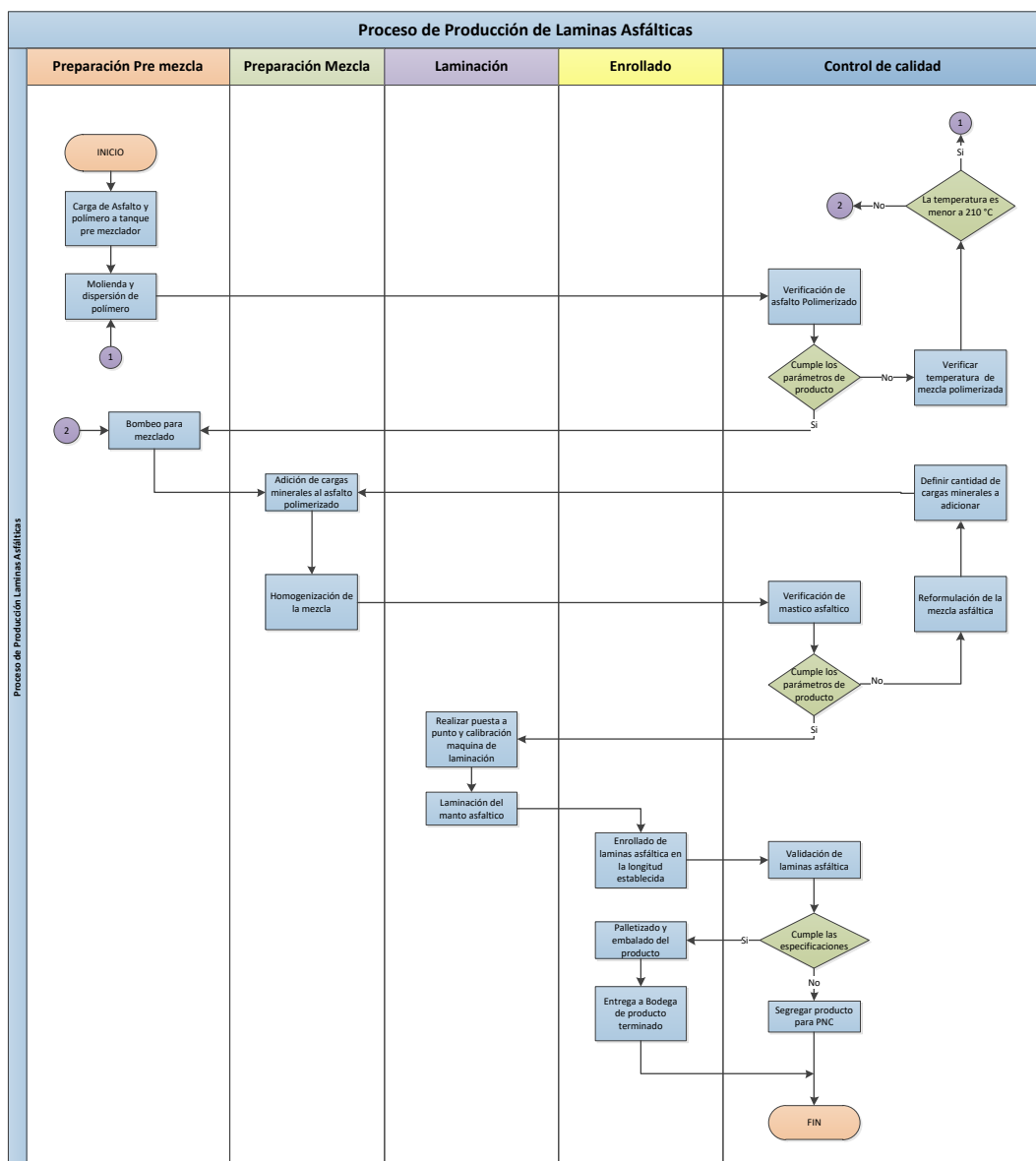


Figura 21: Diagrama de flujo de proceso de producción de láminas asfálticas

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Líneas de Laminación

La empresa Imptek-Chova del Ecuador cuenta con dos líneas de producción de láminas asfálticas las mismas que se distribuyen de la siguiente manera:

Línea de laminación N° 1.

Esta línea de producción está diseñada para fabricar láminas asfálticas con armadura, auto protegidas con granulo mineral o sin protección. Las láminas asfálticas que se elaboran en esta línea son:

- Imperpol
- Imperglass
- Techofielt
- Súper K

Esta línea de producción se encuentra distribuida por etapas como se muestra en la siguiente figura.

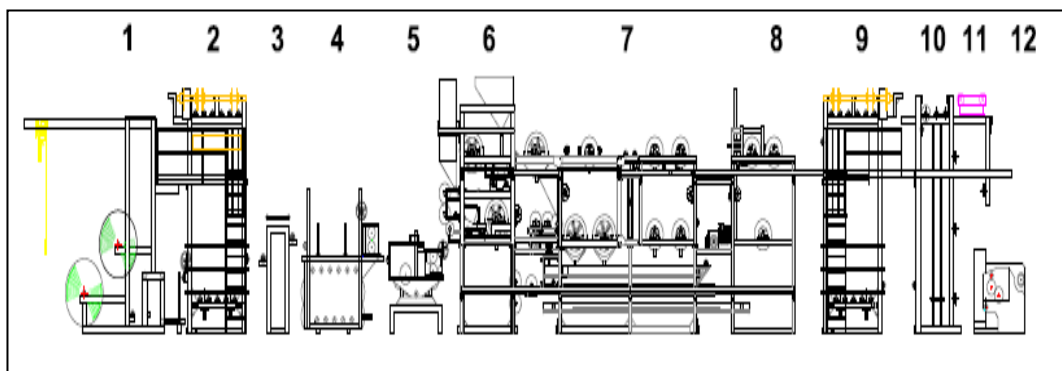


Figura 22: Línea de Laminación N° 1

Fuente: Imptek

Las etapas con las que corresponden a esta línea de laminación son:

1. Desembobinadora y empalmadora de armaduras
2. Compensador de armaduras
3. Alineador de armaduras
4. Balza de saturación
5. Balza de impregnación
6. Granuladora
7. Estación de enfriamiento
8. Secado
9. Compensador de láminas

10. Shock absorber
11. Alineador de láminas
12. Enrolladora

Línea de Laminación N° 2

La línea producción está diseñada para la fabricación de láminas asfálticas sin armadura, protegidas con foil de aluminio o sin protección para aplicaciones viales y automotrices. Los productos que se pueden fabricar en esta línea son:

- Alumband 2.5 mm
- Alumband 2 mm
- Asfalum
- Polibrea lámina
- ATR (Aplicación automotriz)

Esta línea de producción se encuentra distribuida por etapas como se muestra en la siguiente figura.

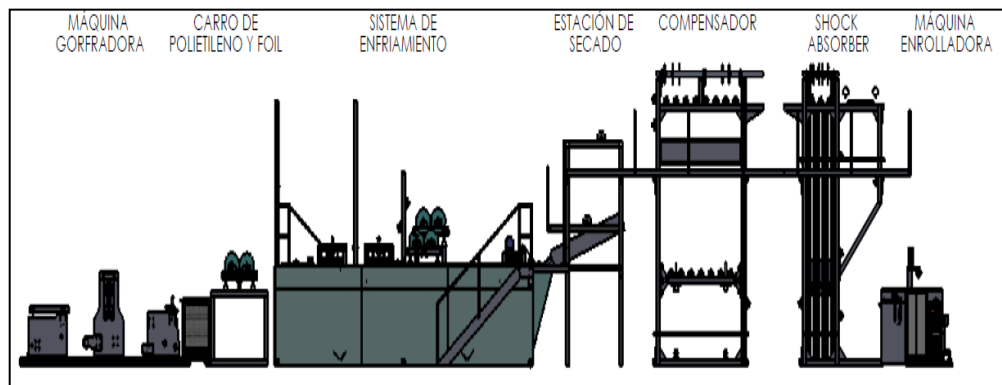


Figura 23: Línea de Laminación N°2

Fuente: Imptek

Las etapas que corresponden a esta línea de producción son:

- Máquina Gofradora
- Carro de polietileno y foil
- Sistema de enfriamiento (Laminadora)
- Estación de secado

- Compensador de láminas
- Shock absorber
- Alineador de láminas
- Enrolladora

Tanto la línea de laminación N° 1 como la línea de Laminación N° 2 es alimentada de mástico asfáltico desde la estación de mezcla por medio de bombas. Este mástico recorre una distancia de 100 m en tuberías encamisadas para calentamiento con aceite térmico, la estación cuenta con dos tanques pre mezcladores y tres tanques mezcladores (Figura 24), en los cuales se prepara la mezcla asfáltica que se utiliza en las líneas de producción.

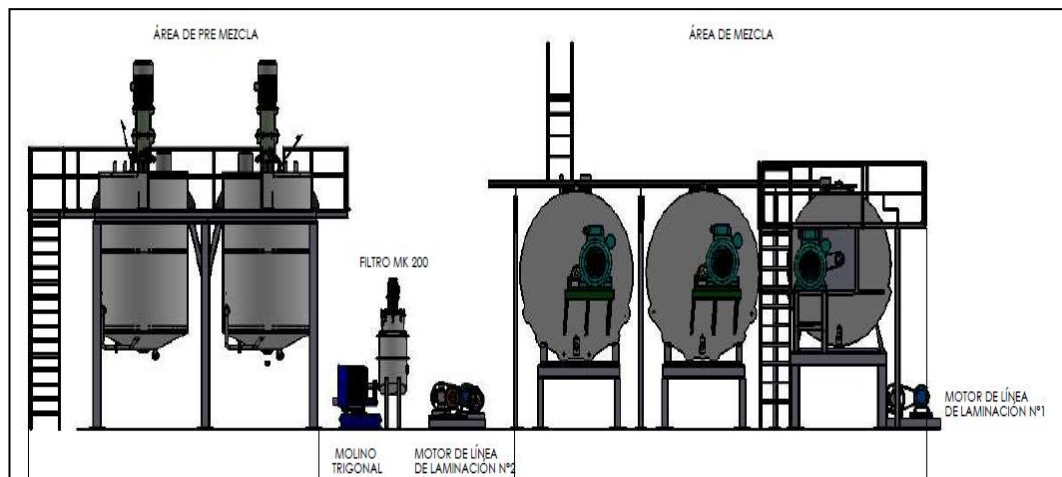


Figura 24: Estación de Mezcla

Fuente: Imptek

Análisis de Defectos

Gelificación de Polímero

Imptek-Chova del Ecuador utiliza para la elaboración de sus productos polímeros de tipo SBS (estireno-Butadieno-Estireno), los cuales soportan una temperatura máxima de trabajo entre 180°C y 210°C (Coyopolt y Salinas, 2006).

Una vez que este supera dicha temperatura, el polímero se degrada e inicia el proceso de gelificación, es decir aparecen masas de polímero en forma de gel

suspendidos en la mezcla asfáltica, este material degradado contamina la mezcla y la lámina asfáltica durante el proceso de producción.



Figura 25: Polímero Gelificado

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Durante el proceso de preparación así como en el de laminación se realiza un control de la temperatura de forma manual (Figura 26), para lo cual el único indicador que tiene la persona encargada de la preparación y laminación es un control visual de la temperatura para tanques mezcladores y pre mezcladores.



Figura 26: Válvulas de control manual de temperatura (aceite térmico)

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

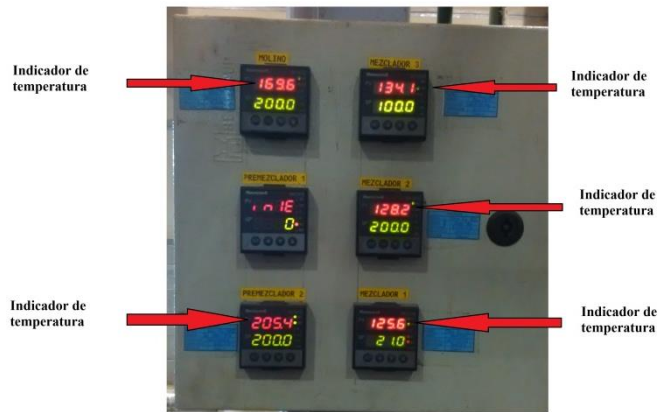


Figura 27: Indicadores de temperatura

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Según la información proporcionada por los trabajadores de la empresa se determina que, la principal fuente de generación de mezcla con polímero gelificado se presenta al momento de realizar el precalentamiento de las líneas de transporte de mástico a las líneas de producción, durante este proceso no existe la forma de controlar o verificar la temperatura a la que se expone el mástico asfáltico residual dentro de la tubería genera que este se sobrecaliente y degrade el polímero contenido (Figura 28), al momento que el material degradado se mezcla con el material que se va a laminar, se contamina generando los defectos de calidad mencionados.



Figura 28: Polímero gelificado en líneas de tubería

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Con el objetivo de disminuir los defectos en el producto y contaminación del mástico asfáltico que se va a laminar, se realiza el desalojo del material degradado contenido en las tuberías previo al arranque de la maquinaria, esta actividad genera un desperdicio constante el cual debe ser almacenado y posteriormente desechado en forma adecuada (Figura 29).



Figura 29: Desalojo de mezcla dañada de tuberías

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Desperdicios

Por lo expuesto anteriormente se realiza un análisis de los desperdicios generados en las líneas de laminación de la empresa Imptek-Chova del Ecuador.

Según los datos obtenidos en las bitácoras correspondientes al área de medio ambiente de la empresa se encuentran los registros de desechos peligrosos que la empresa genera, en los cuales se contempla el asfalto dañado en estado sólido generado por el área de laminación como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 15: *Desechos peligrosos generados en el periodo 2015*

Desecho	2015												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Trampa de grasas (Comedor)						373	328	291				285	1277
Asfalto en estado solido				912	728,5				150		130		1920,5
Resinas de Revestimientos													0
Material Absorbentes							8						8
Epp Usado													0
Aceite térmico/Lubricantes					120	359	52		219		76	78	904
Total	0	0	0	912	848,5	732	388	291	369	0	206	363	4109,5

Todos los datos están representados en Kg

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

De acuerdo a la información mostrada en la tabla 15, se aprecia que durante el año 2015 se genera un total de 1920.5 Kg de asfalto en estado sólido. Al ser considerado desecho peligroso este debe ser eliminado con un adecuado tratamiento realizado por un gestor ambiental autorizado, el costo que representa realizar esta gestión es de \$0.90 por kilogramo de material, lo que le representa a la empresa un costo adicional de \$ 1728.45 anuales.

¿Pero cuánto le cuesta a la empresa generar este desperdicio?, para ello se analiza cual es el costo de mástico asfáltico que se desecha y de esta manera se determina el costo por kilogramo de este tipo de desperdicio, para esto es necesario analizar los componentes que intervienen en la preparación de este material con sus respectivos costos, los componentes que intervienes son:

- Materia prima
- Mano de obra directa
- Costos indirectos de fabricación

Tabla 16: *Costo de mástico asfáltico por Kg*

Detalle	Costo
Material Prima	\$ 1,20
Mano de obra directa	\$ 0,01
Costos indirectos de fabricación	\$ 0,12
TOTAL	\$ 1,33

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Tomando en cuenta esta información se analiza el costo total anual para la generación y tratamiento de los desperdicios de asfalto solido de la empresa Imptek-Chova del Ecuador.

Tabla 17: *Costo total anual para desperdicios de asfalto solido*

Detalle	Cantidad Kg	Valor Unitario	Valor Total
Generación desperdicio de asfalto solido	1920,50	\$ 1,33	\$ 2.554,27
Tratamiento de desperdicio de asfalto solido	1920,50	\$ 0,90	\$ 1.728,45
		TOTAL	\$ 4.282,72

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

En la tabla 17 se presenta el costo total anual que implica la generación y tratamiento adecuado de los desperdicios del área de laminación de la empresa Imptek-Chova del Ecuador.

Rollos con Bajo Peso, Espesor Fuera de Especificación

En el proceso de fabricación de láminas asfálticas el espesor va de la mano con el peso de la lámina, cuando uno de estos sale de especificación afecta directamente al otro.

Para que este tipo de defecto se presente durante el proceso productivo existen dos posibles causas:

- Falla en la calibración inicial de la maquina
- Temperatura excesiva en el mástico asfáltico.

A continuación se analiza cada una de las posibles causas.

Falla en la calibración inicial de la maquina

Previo al arranque de la maquinaria, el operario responsable de la fabricación del producto realiza la calibración inicial del equipo, este proceso se ejecuta manualmente con el uso de un calibrador galgas.



Figura 30: Calibrador de galgas

Fuente: Stanley (Tomado de <http://www.stanleytools.com.ec/es/herramientas-manuales/automotrices/item/calibrador-3.html>)

Con la ayuda de este equipo el operario compara la separación de los rodillos de calibración de las líneas de laminación, los mismos que definen el espesor de la lámina asfáltica durante la fabricación, esta calibración se la realiza en las dos líneas de laminación dependiendo el producto que se va a fabricar, en el caso de la línea de laminación N°1 la calibración se realiza en los rodillos de la balsa de impregnación (Figura 31), y en el caso de la línea de laminación N°2 la calibración se realiza en los rodillos ubicados en bajo las válvulas de descarga de mástico al sistema de enfriamiento (Figura 32).



Figura 31: Calibración de rodillos en Línea de Laminación N°1

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor



Figura 32: Calibración de rodillos en Línea de Laminación N°2

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

La calibración inicial de la máquina al ser un proceso manual queda sujeta al criterio del operario, y al ajuste que éste quiera dar entre las galgas y los rodillos, esto puede generar que la calibración sea errónea y afecte a la calidad del producto cuando este no cumpla con las especificaciones de espesor, el operario puede realizar la corrección de esta calibración durante el desarrollo del proceso productivo, pero este defecto únicamente se puede identificar al momento del enrollado de la lámina (Proceso de final de línea) cuando se pesa cada uno de los rollos, una vez que el operario detecta que el peso del rollo no es el adecuado, verifica el espesor de la lámina con un calibrador de espesores y notifica al

operario de la máquina laminadora para que se ejecute la corrección de la calibración.

Temperatura excesiva del mástico asfáltico

Cuando la temperatura del mástico asfáltico es demasiado elevada, también puede afectar al espesor y peso de la lámina, debido a que la viscosidad de la mezcla asfáltica disminuye y esta fluye con mayor facilidad por los rodillos de calibración de las máquinas laminadoras, por tal razón, este material se vuelve difícil de controlar durante el proceso productivo.

El efecto de disminución en la viscosidad del mástico afecta cuando este es arrastrado por el polietileno o armadura (dependiendo el producto que se esté fabricando), y no ocupa su lugar para la formación de la lámina generando pérdidas del material y disminuyendo el espesor de la misma. Cuando se produce este efecto se puede apreciar en el producto final cuando este presenta desbordes de mástico por los extremos de la lámina asfáltica.



Figura 33: Lámina desbordada por mástico a temperatura elevada (peso bajo)

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Polietileno Quemado

Cuando la temperatura del mástico es demasiado elevada no solo genera desbordes en la lámina, si no que ésta temperatura puede generar otro problema que es la quemadura del polietileno durante el proceso de producción (Figura 34).

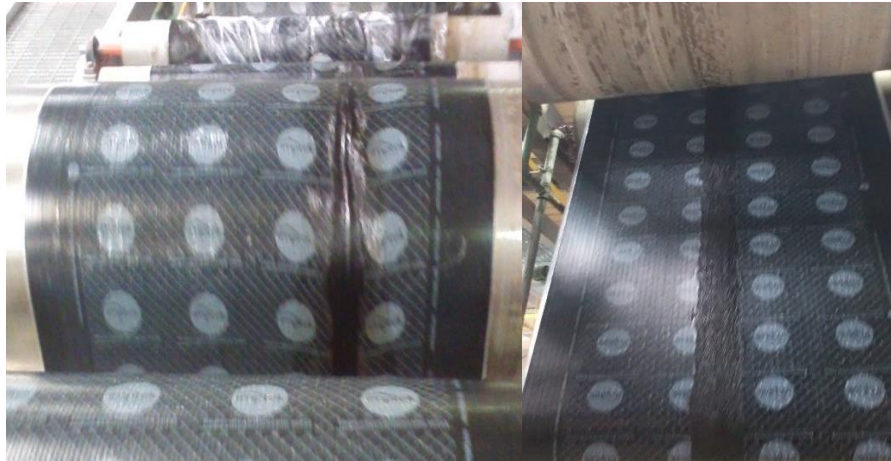


Figura 34: Lámina asfáltica con polietileno quemado

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

El polietileno que utiliza Imptek-Chova del Ecuador para la elaboración de sus láminas asfálticas tiene un espesor de 20 micras, además este polietileno es micro perforado y con características termo fundibles, lo que hace muy fácil que el mismo se quemara durante el desarrollo del proceso productivo si las condiciones de operación no son las adecuadas.

En algunos casos es necesario suspender la producción debido a la temperatura es demasiado elevada y ésta ya no solo genera la quemadura del polietileno o desbordes de lámina, si no que genera la rotura total de la lámina y la contaminación de los rodillos de laminación (Figura 35), en este caso es necesario suspender la producción para realizar la limpieza en los rodillos manchados o contaminados, esta actividad en algunos casos, dependiendo de la cantidad de contaminación de los rodillos puede llegar a tener afectaciones mayores a nivel de maquinaria, cuando este mástico asfáltico llega a tener contacto con los rodamientos y sistema de transmisión de la máquina de laminación.



Figura 35: Rodillos manchados luego de la rotura de la lámina por alta temperatura.

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Para controlar estos defectos el operario debe cerrar las líneas de ingreso de aceite térmico al sistema para que la temperatura del mástico asfáltico baje a los niveles adecuados para el proceso productivo.

Índice de Producto no Conforme

Para el cálculo del Índice de Producto no Conforme se toma la información de la bitácora de PNC (Ver Anexo 2), de la cual se toma la cantidad de producto fabricado, y se compara con la cantidad de Producto no Conforme, de esta manera tendremos un porcentaje de PNC generado para cada uno de los defectos analizados, en la siguiente tabla se muestra el cálculo del índice de PNC por defecto generado en el periodo 2015.

Tabla 18: Índice de PNC por defecto

Defecto	Cantidad Producida	Cantidad PNC Generada	Índice PNC
Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación	76060,66	1406,4	1,85%
Rollos con arrugas	28901	940	3,25%
Rollos sin Mástico	8902	75	0,84%
Rollos con pepas	55050,06	455,8	0,83%
Rollos sin grano	16030	240	1,50%
Rotura a lo largo del rollo	4650,66	10,2	0,22%
Longitud fuera de especificación	18602,64	30	0,16%
Rollo sin traslape	15360	85,5	0,56%
Polietileno quemado	45530	1695	3,72%
Ancho fuera de especificación	22048	328	1,49%
Gelificación de polímero	1938	1938	100,00%
Gránulo contaminado	4010	20	0,50%
Traslape quemado	1000	30	3,00%
INDICE PNC PROMEDIO			9.07%

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

De acuerdo a los objetivos planteados por Imptek-Chova del Ecuador, la meta proyectada es no superar un 0.14% de PNC, de acuerdo a la información presentada en la tabla 18 este porcentaje supera notablemente a la meta proyectada, lo que da a notar que el proceso de producción de láminas asfálticas no cumple con la eficiencia planificada.

Análisis de la Situación Actual

De acuerdo a la información antes analizada se concluye que todos los defectos están relacionados con la temperatura, para ello se analiza el sistema de calentamiento instalado en el área de laminación de la empresa Imptek-Chova del Ecuador.

Análisis del Sistema de Calentamiento.

La empresa Imptek-Chova del Ecuador, no cuenta con un sistema adecuado para control de temperatura en el área de laminación, ya que el accionamiento de válvulas de para calentamiento o enfriamiento de circuitos se realiza en forma

manual, y los operarios únicamente cuentan con indicadores de temperatura para tanques mezcladores y pre mezcladores, más no para conocer la temperatura a la que se encuentran las líneas de calentamiento a las máquinas de laminación, lo que dificulta mantener la temperatura del mástico a los niveles adecuados para el desarrollo del proceso de producción y evitar la generación de defectos.

Para este análisis inicialmente se debe conocer cómo están configurados los circuitos de calentamiento para el área de laminación de la empresa, para ello se realiza el levantamiento del sistema de calentamiento en la situación actual (Ver Anexo 3), en el cual se encuentra las siguientes observaciones:

- En el área de pre-mezcla, el circuito de calentamiento accionado por la válvula HA-AT-012, inicia calentando solo una parte del circuito de recirculación de asfalto polimerizado en la descarga del tanque pre mezclador N°2, posterior a esto continua con el calentamiento en un corto tramo de la línea de asfalto y finalmente retorna a calentar la línea de recirculación de polimerizado al ingreso del tanque pre mezclador N°2.
- No se encuentra independizado el circuito de calentamiento para el tanque pre mezclador N°2 accionado desde la válvula HA-AT-009, con el calentamiento de las línea de recirculación de asfalto polimerizado que inicia en una derivación en la válvula HA-AT-010, y une al sistema accionado por la válvula HA-AT-012.
- El circuito de calentamiento para la línea de ingreso de asfalto polimerizado hacia el tanque pre mezclador N°1, calentado desde el múltiple de ingresos N°1 con la válvula HA-AT-019, y el circuito de calentamiento para recirculación de asfalto polimerizado a la salida del tanque pre mezclador N°1, que inicia en el manifold de ingreso principal con la válvula HA-AT-002 se unen en un punto antes de la válvula de asfalto polimerizado HA-AP-010, circuitos los cuales terminan en un solo punto se salida en la válvula HA-AT-005 ubicada en el múltiple de salidas N°2.

- El calentamiento para los tanques mezcladores N° 2 y 3 no es independiente, el tanque mezclador N° 3 no cuenta con válvula de cierre en retorno de aceite térmico, en este caso se une al retorno del tanque mezclador N°2 que viene desde la válvula HA-AT-035 y terminan conectándose a la línea de retorno principal de aceite térmico a través de las válvula HA-AT-027.

Verificación de la Hipótesis

Correlación de datos

Para verificar la hipótesis, se va a realiza el análisis de correlación de datos obtenidos de la cantidad de producto fabricado y la cantidad de producto con defectos generado, para demostrar que la cantidad la cantidad de producto fabricado puede variar dependiendo de la cantidad de producto no conforme, y cuanto este se pueda reducir, en la siguiente tabla se muestran los datos para realizar la correlación.

Tabla 19: Datos para realizar la correlación

Defecto	Cantidad PNC Generada	Cantidad Producida
	X	Y
Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación	1406,4	76060,66
Rollos con arrugas	940	28901
Rollos sin Mastico	75	8902
Rollos con pepas	455,8	55050,06
Rollos sin grano	240	16030
Rotura a lo largo del rollo	10,2	4650,66
Longitud fuera de especificación	30	18602,64
Rollo sin traslape	85,5	15360
Polietileno quemado	1695	45530
Ancho fuera de especificación	328	22048
Gelificación de polímero	1938	1938
Gránulo contaminado	20	4010
Traslape quemado	30	1000
Total	7253,9	298083,02

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Con los datos obtenidos se realiza el coeficiente de correlación con el método de Karl Pearson, el cual se determina con la siguiente ecuación.

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}}$$

Con los valores totales mostrados para las variables se obtiene la media de cada una de ellas, con la siguiente ecuación.

$$m = \frac{\sum xi}{n}$$

De esta manera para x.

$$x = \frac{7253,9}{13}$$

$$x = 557.99$$

De esta manera para y.

$$y = \frac{298083,02}{13}$$

$$y = 22929.46$$

Con esta información se elabora la tabla de datos para la correlación

X	Y	X-X-x	Y-Y-y	X^2	x y	y^2
1406,4	76060,66	848,41	53131,20	719795,61	45076916,17	2822924086,48
940	28901	382,01	5971,54	145929,88	2281173,04	35659253,22
75	8902	-482,99	-14027,46	233281,57	6775156,76	196769720,37
455,8	55050,06	-102,19	32120,60	10443,27	-3282477,92	1031732746,69
240	16030	-317,99	-6899,46	101119,11	2193976,19	47602590,75
10,2	4650,66	-547,79	-18278,80	300076,41	10012987,72	334114641,92
30	18602,64	-527,99	-4326,82	278775,88	2284529,30	18721397,94
85,5	15360	-472,49	-7569,46	223248,98	3576513,08	57296771,27
1695	45530	1137,01	22600,54	1292786,49	25696984,33	510784269,21
328	22048	-229,99	-881,46	52896,46	202729,73	776977,16
1938	1938	1380,01	-20991,46	1904421,23	-28968380,52	440641522,11
20	4010	-537,99	-18919,46	289435,72	10178525,60	357946083,12
30	1000	-527,99	-21929,46	278775,88	11578587,82	480901350,84
7253,9	298083,02			5830986,49	87607221,29	6335871411

Figura 36: Datos de la correlación

Elaborado por: El autor

A continuación se aplica la fórmula de Karl Pearson.

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}}$$

Reemplazando los datos tenemos:

$$r = \frac{87607221.29}{\sqrt{(5830986.49)(6335871411)}}$$

$$r = 0.45579096$$

$$r = 0.45$$

Con el resultado obtenido en la verificación de la hipótesis a través de la correlación de Karl Pearson, se concluye que las variables tienen una correlación moderada entre ellas, es decir las variables tienen una relación no muy estrecha entre sí, esto se lo puede apreciar de mejor manera en el siguiente gráfico de dispersión.

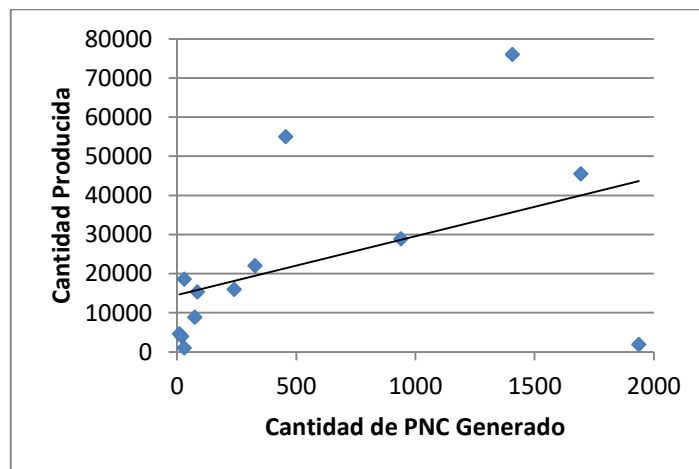


Figura 37: Dispersión de datos de correlación

Elaborado por: El autor

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones.

- De acuerdo al análisis realizado al proceso de producción de láminas asfálticas de la empresa Imptek-Chova del Ecuador, se identifica que su influencia en los defectos de calidad más comunes se debe a la falta de equipos o sistemas adecuados para realizar las actividades de calibración y funcionamiento de los equipos o sistemas, que se realizan en forma manual por los operarios y dependen directamente del criterio que cada uno tenga.
- De acuerdo a los resultados obtenidos se identifican tres tipos de defectos más comunes o que afectan mayormente a la compañía, estos son:
 - La gelificación de polímero
 - Bajo peso espesor fuera de especificación y
 - Polietileno quemado.

Estos defectos representan el 77.27% del total de defectos, a los cuales se los debe atacar para reducir o eliminar y de esta manera reducir los costos que estos generan.

- El producto no conforme generado por defectos de calidad en el área de laminación, representan un costo de \$ 24261.19 en el año 2015, este costo es asumido directamente por la compañía reduciendo la rentabilidad del producto final.
- Los principales defectos encontrados en este estudio están relacionados con la elevada temperatura del mástico asfáltico durante el desarrollo del proceso de producción, esto debido a la falta de un control adecuado para el funcionamiento de los sistemas de calentamiento.
- De acuerdo al estudio se define que factor principal para la generación de defectos es la elevada temperatura del mástico asfáltico, se define al

control de esta variable como el punto en el cual se debe mejorar el proceso de producción, con el objetivo de reducir la cantidad de producto no conforme y los costos que estos generan.

Recomendaciones

- Implementar sistemas para el control y medición para las actividades de calibración de las maquinas laminadoras y evitando que esta quede a criterio de la persona que está encargada de esta actividad.
- La empresa debe buscar e implementar sistemas que le permitan reducir la cantidad de defectos, una vez que se controle los defectos más influyentes se debe considerar analizar las causas de los defectos restantes.
- La empresa debe buscar mecanismos para realizar el reproceso de los productos defectuosos y así reducir los costos correspondientes al producto no conforme.
- Implementar sistemas de medición de temperatura en líneas de calentamiento para monitoreo de la temperatura de mástico previo a la descarga en las líneas de producción.
- Diseñar un sistema de control automático de temperatura para tanques mezcladores, pre mezcladores y tuberías de transporte de mástico del área de laminación.

CAPITULO V

LA PROPUESTA

Tema

“Rediseño y automatización del sistema de calentamiento para tanques y tuberías en el área de laminación de la empresa Imptek-Chova del Ecuador para Reducir la Cantidad de Producto no Conforme”

Datos Informativos

Empresa: Chova del Ecuador S.A.

País: Ecuador

Provincia: Pichincha

Ciudad: Quito

Dirección: Km 12 vía Sangolquí - Pífo, sector El Inga

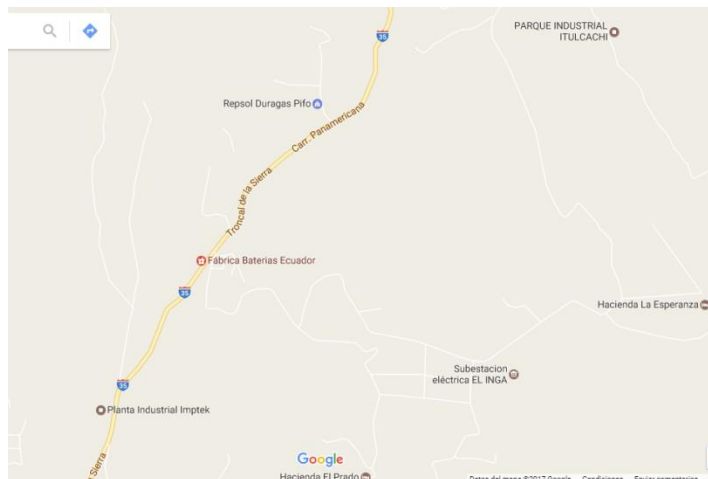


Figura 38: Ubicación planta industrial Imptek

Fuente: Google Maps.

Actividad Económica: Producción y comercialización de productos para la construcción como láminas asfálticas impermeabilizantes, emulsiones y asfaltos viales, revestimientos líquidos, canales y bajantes de agua lluvia.

Beneficiarios: La empresa Imptek-Chova del Ecuador, en la reducción de costos por generación de producto no conforme y desperdicios.

Tiempo estimado para la ejecución: 6 meses

Costo aproximado de la Inversión: de acuerdo al presupuesto referencial la inversión aproximada es de 76.596,85 dólares (ver tabla 39).

Tiempo de recuperación de la inversión.- De acuerdo al análisis realizado al final de este capítulo el tiempo de recuperación de la inversión de este proyecto es de 2 años 11 meses (ver figura 67).

Antecedentes de la Propuesta.

La planta industrial de la empresa Imptek-Chova del Ecuador cuenta con un sistema de transporte de asfalto y mástico asfáltico calentado mediante aceite térmico. Este sistema es operado mediante válvulas manuales que permiten calentar o enfriar los tanques mezcladores, tanques pre mezcladores, las tuberías de transporte de asfalto y mezcla asfáltica, abriendo o cerrando el paso de aceite térmico a cada uno de los elementos.

Durante la producción de láminas asfálticas se necesita calentar los tanques y tuberías, situación que es difícil de controlar debido a que las válvulas únicamente funcionan de forma abierta o cerrada sin garantizar un control adecuado de la temperatura, a esto también se incluye la falta de instrumentos de medición de temperatura, para que los operarios de las máquinas de laminación monitoreen la temperatura del mástico asfáltico durante el proceso productivo.

La falta de un control adecuado de temperatura durante el proceso de calentamiento, preparación y transporte de la mezcla asfáltica genera que esta se caliente a temperaturas por encima de lo admisible, lo que posteriormente, durante el desarrollo del proceso de producción genera volúmenes elevados de mantos

asfálticos fuera de especificación y desperdicio de mezcla asfáltica debido a la gelificación del polímero.

Además se evidencia que los circuitos de calentamiento tiene deficiencias en la instalación actual, por ejemplo existen circuitos que no son independientes unos de otros o que una misma línea de transporte de mástico esta calentado por dos circuitos en tramos diferentes, esta condición también contribuye a la generación de Producto no Conforme y desperdicios, por esta razón se ve la necesidad de implementar un sistema de control automático de temperatura para tanques y tuberías del área de laminación de la empresa Imptek-Chova del Ecuador, donde se toma en cuenta todas estas modificaciones al sistema actual.

Objetivos

Objetivo General

- Rediseñar y automatizar el sistema de calentamiento para tanques y tuberías en el área de laminación de la empresa Imptek-Chova del Ecuador.

Objetivos Específicos

- Rediseñar los circuitos de calentamiento para líneas de transporte y recirculación de mástico en el área de laminación de la empresa Imptek-Chova del Ecuador.
- Seleccionar los dispositivos necesarios, según las necesidades del sistema para realizar el control automático de temperatura.
- Dimensionar de forma adecuada los actuadores de control del sistema automático de control de temperatura.
- Estimar el beneficio económico aproximado que la empresa obtendrá con este sistema.

Justificación de Proyecto

La calidad de los productos y la satisfacción del cliente en un ambiente de competencia imponen a las empresas la necesidad de mejorar los procesos

productivos mediante la implementación e innovación de maquinaria que permitan cumplir con las especificaciones del producto pero sobre todo la satisfacción con los clientes.

Imptek-Chova del Ecuador en su compromiso con la calidad de sus productos, el mejoramiento continuo de sus procesos productivos, y la optimización de recursos, apoya la elaboración de este proyecto, el mismo que de ser implementado beneficia a la empresa en reducir los problemas de calidad que se presentan por temperatura excesiva en el mástico asfáltico.

Imptek-Chova del Ecuador cuenta con el respaldo técnico y tecnológico de empresas proveedoras a nivel nacional con varios años de experiencia en la instalación de este tipo de sistemas que servirán como soporte para la adquisición de los equipos necesarios, la programación y puesta en marcha del sistema, los mismos que bridaran su respaldo durante todo el proceso de adquisición e implementación del sistema hasta llegar a la entrega satisfactoria de este proyecto automatizado de calentamiento.

Con el diseño de este proyecto y si la empresa decide realizar la implementación del mismo, Imptek-Chova del Ecuador se beneficiara con la reducción de los costos por generación de producto no conforme y reducir la cantidad de desperdicios que deben ser desechados de manera adecuada por un gestor calificado lo que implica un gasto adicional para la empresa.

Factibilidad

Análisis de la Factibilidad Legal

Ley Orgánica de Defensa del Consumidor

Registro Oficial Suplemento 116 del 10 de julio del 2000

Última modificación del 16 de enero del 2015

Capítulo XII

Control de Calidad

Artículo N° 66 dice:

Art. 66.- Normas Técnicas.- El control de cantidad y calidad se realizará de conformidad con las normas técnicas establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN -, entidad que también se encargará de su control sin perjuicio de la participación de los demás organismos gubernamentales competentes. De comprobarse técnicamente una defectuosa calidad de dichos bienes y servicios, el INEN no permitirá su comercialización; para esta comprobación técnica actuará en coordinación con los diferentes organismos especializados públicos o privados, quienes prestarán obligatoriamente sus servicios y colaboración.

Las normas técnicas no podrán establecer requisitos ni características que excedan las establecidas en los estándares internacionales para los respectivos bienes.

En cumplimiento con esta disposición Imptek-Chova del Ecuador debe asegurar que los productos que aquí se producen cumplan con los estándares de calidad estipulados en los reglamentos y normas técnicas ecuatorianas vigentes emitidas por el INEN, y reducir la cantidad de productos defectuosos.

Análisis de la factibilidad Tecnológica

El sistema de control automático de temperatura contara con varios componentes eléctricos y mecánicos, los cuales son accesibles en el mercado, y la empresa Imptek-Chova del Ecuador los puede disponer a través de sus proveedores con los cuales ha desarrollado una serie de proyectos de mejoramiento para sus procesos, entre los componentes que formaran el sistema se detallan los siguientes:

- Un controlador lógico programable (PLC) con capacidad de expansión.
- Pantalla HMI para el control del sistema.
- Un medidor de presión para el sistema de aceite térmico.
- Válvulas de control automático.
- Sensores de temperatura.

En la actualidad el uso de sistemas automáticos de control para temperatura son muy utilizados en la industria, implementados para mantener la temperatura adecuada en el desarrollo de los diferentes procesos de producción

La empresa Imptek-Chova del Ecuador cuenta con el respaldo de empresa proveedoras y personal técnico calificado para el desarrollo e implementación de este sistema.

Análisis de la Factibilidad Técnica

El presente trabajo se enfoca en el diseño de una sistema de calentamiento automático para el área de laminación de la empresa Imptek-Chova del Ecuador, enfocado en mantener a temperaturas adecuadas el mástico asfáltico durante el proceso de producción, con lo cual se busca eliminarlos siguientes defectos son:

- La gelificación de polímero
- Bajo peso espesor fuera de especificación y
- Polietileno quemado.

Una vez que se controle de forma adecuada la temperatura del mastico asfáltico tanto en tanques de mezcladores, pre mezcladores y tuberías de transporte de mástico logrando controlar la generación de los defectos antes mencionados se podrá reducir la cantidad de producto no conforme y los costos que a estos se asocian,

Análisis de la Factibilidad Económica-Financiera

Para el análisis de la factibilidad económica-financiera se tomara en cuenta la reducción esperada de los costos de la mala calidad y los desperdicios del área de laminación de la empresa.

Para ello, en las siguientes tablas se realiza un resumen de los costos correspondientes a los desperdicios de asfalto sólido y los costos de la mala calidad generados por cada uno de los defectos que se eliminan con este sistema:

Tabla 20: *Costos por mala calidad y desperdicios*

Defecto	Costo Total
Gelificación de polímero	\$ 11.821,80
Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación	\$ 3.979,75
Polietileno quemado	\$ 2.945,60
Desperdicio de asfalto solido incluido el tratamiento ambientan adecuado.	\$ 4.282,72
TOTAL	\$ 23.029,87

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

De acuerdo a la información mostrada en la tabla 20 con el proyecto se busca reducir un total de \$ 23.029,87 dólares anuales correspondientes a los costos de producto no conforme y desperdicios que se eliminan al mantener un sistema adecuado para el control de la temperatura.

Programación

Para la programación de este proyecto se utilizara la el diagrama de GANTT, en el cual se detallan todas las actividades realizadas para el diseño del sistema, en cada una de ellas se determina el tiempo de ejecución de la misma, en la siguiente imagen se muestra la programación para el desarrollo del diseño para el sistema de calentamiento automático de la empresa Imptek-Chova del Ecuador.

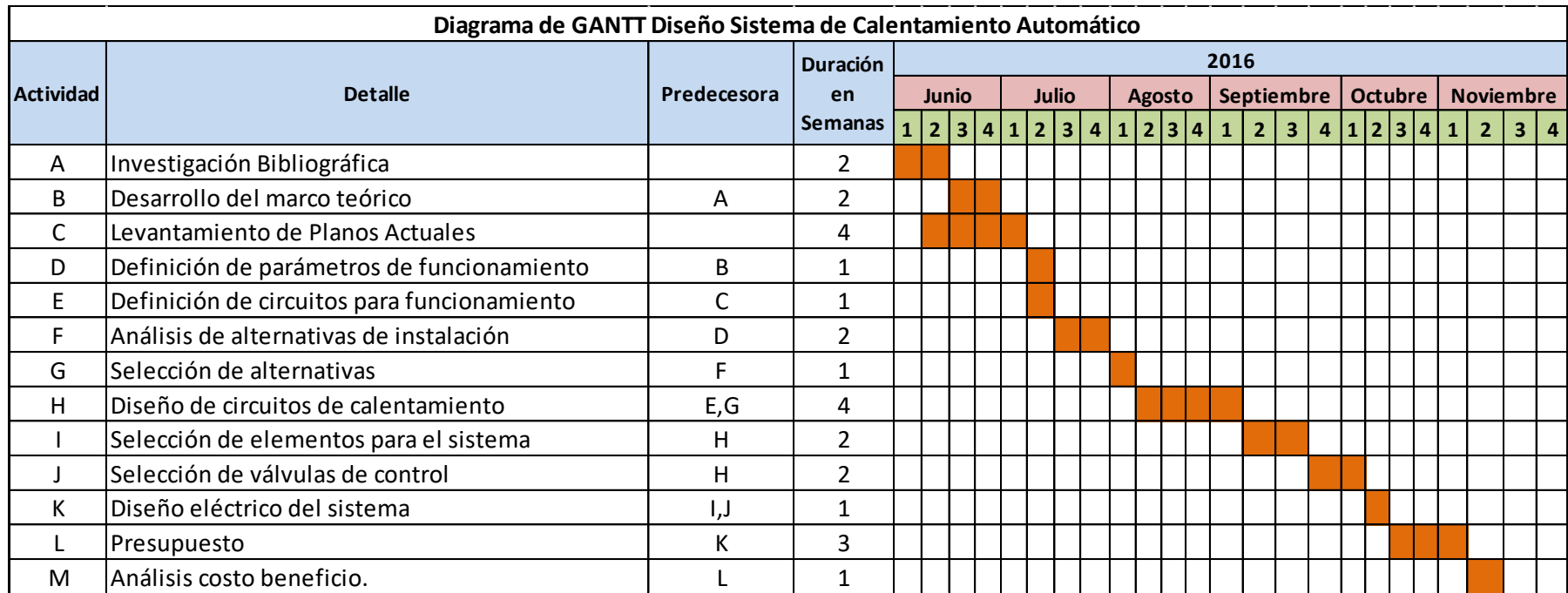


Figura 39: Cronograma para diseño del sistema

Fuente: Propia

Elaborado por: El autor

Ruta Crítica

El método de ruta crítica se utiliza para definir la duración del proyecto desde el inicio hasta su culminación, se elabora un gráfico de la secuencia de las actividades que están concatenadas y se define a través de ellas el tiempo más largo para la ejecución del mismo.

Se utiliza la información presentada en el diagrama de GANTT (Figura 38), y se utiliza la técnica del diagrama de redes para determinar de la manera adecuada la ruta crítica para el desarrollo del proyecto, para ello se elabora la siguiente tabla en la cual se define los tiempos de ejecución para cada actividad, así también se determina las holgura que tiene cada una de las actividades en caso de existir las.

Tabla 21: *Calculo de holguras y ruta critica*

Actividad	Sem	Actividad Predecesora	Inicio Temprano	Final Temprano	Inicio Tardío	Final Tardío	Holgura
A	2	---	0	2	0	2	0
B	2	A	2	4	2	4	0
C	4	---	0	4	3	7	3
D	1	B	4	5	4	5	0
E	1	C	4	5	7	8	3
F	2	D	5	7	5	7	0
G	1	F	7	8	7	8	0
H	4	E,G	8	12	8	12	0
I	2	H	12	14	12	14	0
J	2	H	12	14	12	14	0
K	1	I,J	14	15	14	15	0
L	3	K	15	18	15	18	0
M	1	L	18	19	18	19	0

Datos para el cálculo de ruta crítica y holguras

Fuente: Propia

Elaborado por: El autor

Con la información presentada en la tabla 22 se realiza el diagrama de red correspondiente para el desarrollo de este proyecto, en el diagrama se detalla la ruta crítica y duración de este proyecto, este diagrama se lo puede observar en la siguiente figura.

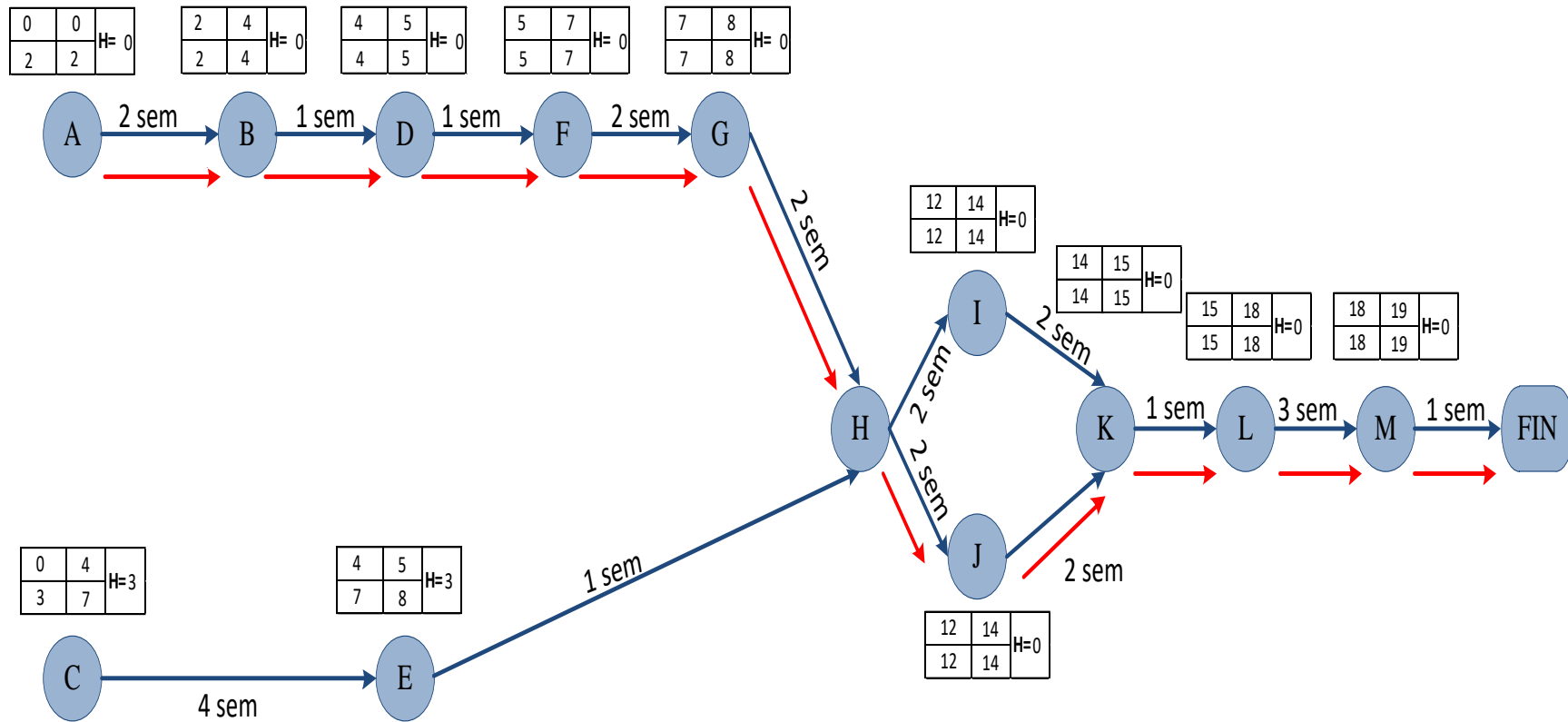


Figura 40: Ruta crítica para el diseño del sistema

Fuente: Propia

Elaborado por: El autor

Con la información presentada en la figura anterior, se procede a realizar el cálculo de la ruta crítica del proyecto, la misma que se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 22: *Ruta crítica del proyecto*

Ruta Critica	Duración en Semanas
A+B+D+F+G+H+J+K+L+M	19
2+2+1+2+1+4+2+1+3+1	19

Según lo indicado en la tabla anterior, se define que la duración del proyecto es de 19 semanas.

Desarrollo de la Propuesta

Restricciones de diseño

Previo al desarrollo del diseño del proyecto se determina las condiciones bajo las cuales se realiza el diseño de dicho sistema. A continuación se enumeran las siguientes condiciones para el diseño:

1. Todos los circuitos de calentamiento deben ser independientes entre cada uno de ellos.
2. El todo el sistema se centralizara desde un solo punto de control para los circuitos que sean necesarios.
3. Es indispensable monitorear las mediciones de temperatura en cada uno de los elementos y circuitos instalados.
4. Todo el sistema debe ser controlado por medio de un PLC, el mismo que deberá tener capacidad para posteriormente incluirlo en un sistema de control estadístico de proceso.
5. El sistema debe tener la capacidad de setear las temperaturas de funcionamiento de cada circuito de calentamiento.
6. Para el sistema se utilizara válvulas automáticas y deben contar con un sistema de BY PASS, para realizar control manual en caso de avería de una de ellas.
7. La temperatura máxima de funcionamiento del sistema será de 210°C (temperatura máxima que soporta el polímero sin degradarse)

8. La presión máxima de funcionamiento del sistema viene dada por la presión máxima del caldero (3 Bar).
9. El sistema debe incluir un dispositivo de para medición de presión del sistema.

Parámetros de funcionamiento y dimensionamiento del sistema

La empresa Imptek-Chova del Ecuador cuenta con un caldero de aceite térmico marca Pirobloc modelo GFT-06/20C como fuente de energía (Ver Anexo 4), cuyas características sirven para definir los parámetros de diseño y funcionamiento del sistema de control automático de temperatura, para ello se toma en cuenta lo siguiente.

Tabla 23: *Parámetros de diseño del sistema*

Parámetro	Unidad	Valor
Fluido de trabajo	---	Aceite Térmico
Caudal de Seguridad	m ³ /h	65
Caudal Nominal	m ³ /h	85
Presión máxima de trabajo	Bar	8
Presión nominal de trabajo	bar	4
Temperatura máxima de trabajo	°C	300

Fuente: Ficha técnica Caldero Pirobloc

Elaborado por: El autor

Para el dimensionamiento de los dispositivos se toma en cuenta las siguientes características:

- Diámetro de tubería para circuitos de calentamiento en líneas de transporte de asfalto y mástico 1” cedula 40 clase 150.
- Diámetro de tubería para circuitos de calentamiento de tanques mezcladores y pre mezcladores 2” cedula 40 clase 150.
- Diámetro de tubería de ingreso y retorno principal de aceite térmico 3” cedula 40 clase 150.

Alternativas para el diseño de un sistema con aceite térmico

Durante el diseño de un sistema de control de temperatura en sistemas de aceite térmico se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

En los sistemas de calentamiento que trabajan con aceite térmico es indispensable el control de la presión del sistema, evitando las súbitas variaciones de presión del sistema, estas afectan a la estabilidad del trabajo de la caldera, para evitar estas variaciones de presión en el sistema existen dos alternativas posibles para utilizar en dichos sistemas:

Alternativa 1.- Instalación de válvulas de control de tres vías instaladas en la línea de ingreso de fluido térmico a consumidor, conectadas de tal manera que al actuar la válvula y cortar el paso del fluido al equipo o consumidor, el fluido que este no se utiliza es direccionado a la línea de salida de dicho equipo como se muestra en la siguiente figura, de esta manera se mantiene un flujo y una presión constante dentro del sistema de fluido térmico y la caldera.

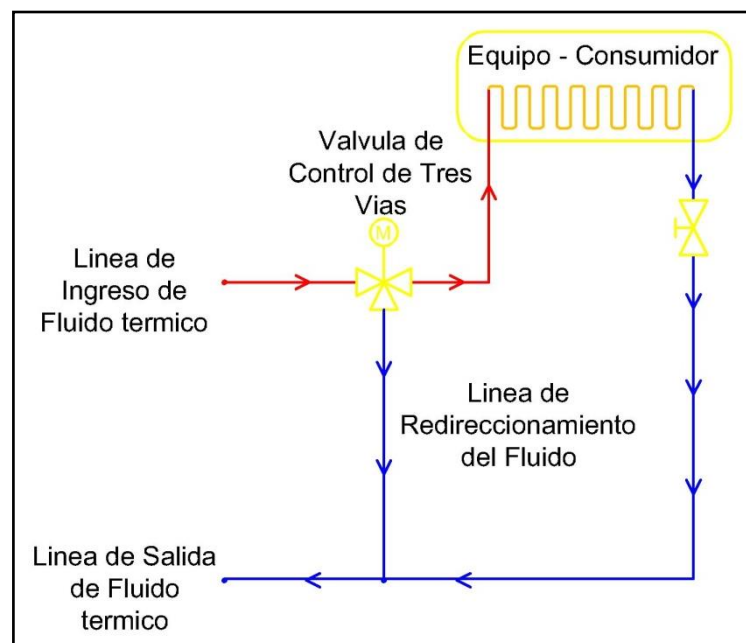


Figura 41: Forma de instalación para válvulas de tres vías en sistemas de aceite térmico

Fuente: Technical Investigation into Thermal Oil Technology

Elaborado por: El autor

Alternativa 2.- Instalación de válvulas de control de dos vías en los consumidores, estas se encargan de abrir o cerrar el paso del fluido al equipo, y adicionar un sistema de control modular de presión, el mismo que mantendrá la presión estable del sistema con la utilización de una válvula de control adicional para alivio de presión ubicada a la salida del manifold o repartidor principal a los consumidores como se muestra en la siguiente figura, esta válvula actuara cuando una de las válvulas de dos vías en los consumidores genere una variación presión en el sistema, de tal manera que esta válvula de control de presión se abre o cierra según corresponda, hasta llegar a la presión del trabajo del sistema.

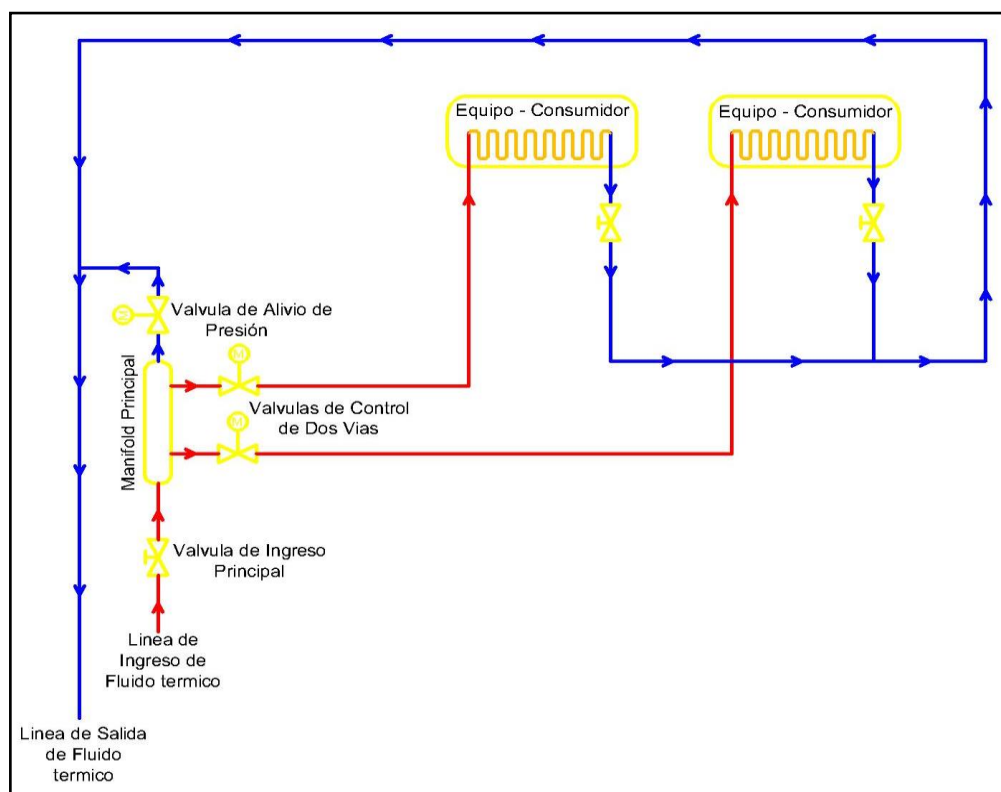


Figura 42: Forma de Instalación para válvula de alivio de presión

Fuente: Technical Investigation into Thermal Oil Technology

Elaborado por: El autor

Evaluación de las alternativas

La evaluación de las alternativas de diseño y su posterior selección se realizara tomando en cuenta los siguientes aspectos.

- Costo de implementación
- Tiempo de entrega de los equipos
- Facilidad de instalación
- Costo de reposición o reparación

Para la evaluación de las alternativas se realiza por el método de ponderados, para ello se en la siguiente tabla se detalla el factor de importancia que se da a cada uno de los factores antes descritos.

Tabla 24: *Peso relativo para factores de decisión*

Factor	Peso Relativo
Costo de implementación	45 %
Tiempo de entrega del equipo	30 %
Facilidad de instalación	15 %
Costo de reposición o reparación	10 %

Fuente: Propia

Elaborado por: El autor

Una vez definido el peso relativo que va a tener cada factor se realiza la matriz de ponderación, tomado en cuenta que la escala de evaluación tiene una puntuación de 1 a 10, se obtiene la siguiente matriz de ponderación.

Factor	Peso Relativo %	Alternativa N°1 Válvulas de 3 vías	Alternativa N°2 Válvulas de 2 vías
Costo de implementación	45%	4	6
Tiempo de entrega del equipo	30%	3	5
Facilidad de instalación	15%	3	8
Costo de reposición o reparación	10%	5	7
TOTAL		3,65	6,1

Figura 43: Matriz de selección para alternativas de diseño del sistema

Elaborado por: El autor

De acuerdo a los resultados obtenidos en la matriz de ponderación se puede concluir que la alternativa N°2 (el uso de válvulas de control de 2 vías), es la que

más se ajusta a los criterios de selección, por esta razón se realiza el diseño del sistema hidráulico bajo estas condiciones.

Identificación de circuitos de calentamiento.

Se realiza una inspección en las instalaciones en la cual se verifica el funcionamiento del sistema, y se puede definir los siguientes circuitos de calentamiento para el sistema automático.

Tabla 25: *Levantamiento circuitos de calentamiento*

N° Circuito	Equipos a Controlar	Diámetro de Tubería
1	Tanque mezclador N°1	2"
2	Tanque mezclador N°2	2"
3	Tanque mezclador N°3	2"
4	Tanque pre mezclador N°1	2"
5	Tanque pre mezclador N°2	2"
6	Línea de recirculación asfalto polimerizado	1"
7	Línea de despacho asfalto polimerizado	1"
8	Succión bomba de mástico Línea de laminación N° 1	1"
9	Succión bomba de mástico Línea de laminación N° 2	1"
10	Línea de despacho Línea de laminación N° 1	1"
11	Línea de despacho Línea de laminación N° 2	1"

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Diseño del sistema y circuitos de calentamiento

De acuerdo a la información presentada se realiza el diseño de los circuitos de calentamiento, donde se ubican cada uno de los dispositivos necesarios para el funcionamiento del sistema, el detalle de este diseño se muestra en plano de tuberías e instrumentación (P&ID) correspondiente (Ver anexo 5).

Según el diseño realizado en el P&ID, y de acuerdo a los circuitos identificados anteriormente, se puede detallar las siguientes modificaciones al sistema actual:

- **Circuito de calentamiento N°1.-** Calentamiento para líneas de recirculación para los dos tanques pre mezcladores accionada por la

válvula de control AT-CV-001, contempla líneas de carga y descarga de tanque, calentamiento de bomba de recirculación, molino trigonal y filtro vertical para asfalto polimerizado.



Figura 44: Área pre mezcla (circuito de calentamiento N° 1)

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

- **Circuito de calentamiento N°2.-** Calentamiento para líneas de despacho de asfalto polimerizado, accionada por la válvula de control AT-CV-002, contempla el calentamiento de la línea de despacho de asfalto polimerizado hacia los tres tanques mezcladores hasta el punto de recirculación de tanques.



Figura 45: Área despacho pre mezcladores (circuito de calentamiento N° 2)

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

- **Circuito de calentamiento N°3.-** Calentamiento para la línea de succión y descarga de la bomba de mástico de la línea de laminación N°1, accionada por la válvula de control AT-CV-004, contempla la línea de descarga trasera de los tanques mezcladores hasta la tubería de descarga de la bomba de mástico de la línea de laminación N°1, hasta el punto de recirculación de tanques.



Figura 46: Área bomba de mástico Línea de laminación N° 1

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

- **Circuito de calentamiento N°4.-** Calentamiento para la línea de despacho de mástico desde el punto de recirculación de la bomba de mástico de la línea de laminación N°1 hasta la descarga en la balza de impregnación de la línea de laminación N°1, accionada por la válvula de control AT-CV-006.



Figura 47: Área despacho de mástico Línea de laminación N° 1

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

- **Circuito de calentamiento N°5.-** Calentamiento para la línea de succión y descarga de la bomba de mástico de la línea de laminación N°2 accionada por la válvula de control AT-CV-005, contempla la línea de descarga delantera de los tanques mezcladores hasta la tubería de descarga de la bomba de mástico de la línea de laminación N°2, hasta el punto de recirculación de tanques.



Figura 48: Área bomba de mástico Línea de laminación N° 2

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

- **Circuito de calentamiento N°6.-** Calentamiento para la línea de despacho de mástico desde el punto de recirculación de la bomba de mástico de la línea de laminación N°2 hasta la descarga en la máquina de laminación N°2, accionada por la válvula de control AT-CV-003, contempla tanto la línea de producción normal y la línea de producción de ATR.



Figura 49: Área despacho de mástico Línea de laminación N° 2

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

- **Circuitos de calentamiento 7 al 11.-** Estos circuitos se contemplan uno para cada tanque mezclador y pre mezclador como se indican en la siguiente tabla:

Tabla 26: *Distribución circuitos tanques mezcladores y pre mezcladores*

Tanque	Válvula de Accionamiento
Tanque Pre Mezclador N° 1	AT-CV-007
Tanque Pre Mezclador N° 2	AT-CV-008
Tanque Mezclador N° 1	AT-CV-009
Tanque Mezclador N° 2	AT-CV-010
Tanque Mezclador N° 3	AT-CV-011

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Adicionalmente a esto se incluye la válvula AT-CV-012, encargada del sistema de control de presión, esta válvula realiza el trabajo de estabilizar la presión del sistema, en caso que existan variaciones súbitas de presión, esto con la finalidad de no afectar al funcionamiento de la caldera, esta válvula está ubicada a la salida del manifold principal conectada directamente a la línea de retorno principal de aceite térmico.

Todos los circuitos de calentamiento están diseñados con una válvula de control automático de dos vías, y una válvula tipo by pass, la misma que funcionara caso de una eventual avería de la válvula de control automático

- El sistema cuenta con un sistema de medición de presión para aceite térmico, instalado en la tubería de salida del manifold principal con una válvula de control AT-CV-012 conectada a la línea de retorno principal del sistema, la misma que será controlada desde el tablero de control de todo el sistema.
- El sistema de calentamiento se controla por medio de un tablero centralizado equipado con un PLC, el cual recibire todas las señales de los sensores de temperatura de cada circuito y comandara el funcionamiento de cada una de las válvulas de control de los circuitos.

- El tablero de control está equipado con una pantalla HMI (Interfaz Hombre Maquina), en la cual el operario tiene la capacidad de configurar el set point de la temperatura requerida para el funcionamiento de cada uno de los circuitos, controla el encendido y apagado de los circuitos de calentamiento, adicionalmente cuenta con un punto de monitoreo en el cual el operario visualizara todos los parámetros de presión y temperatura en tiempo real de todos los sensores instalados.

Selección de equipos

De acuerdo al diseño del sistema de calentamiento automático es necesario incluir nuevos equipos, los cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 27: *Equipos requeridos para el sistema*

Ítem	Detalle	Cantidad
1	Válvulas de control para aceite térmico de 1" clase 150	6
2	Válvulas de control para aceite térmico de 2" clase 150	5
3	Válvulas de control para aceite térmico de 3" clase 150	1
4	Válvulas manuales para aceite térmico 1" HN clase 150	12
5	Válvulas manuales para aceite térmico 2" HN clase 150	1
8	PLC con módulos de entradas y salidas	1
9	Pantalla HMI	1
10	Sensores de temperatura.	6
11	Medidor digital de presión	1

Fuente: Diseño P&ID

Elaborado por: El autor

A continuación se detalla la selección de cada uno de los equipos mencionados para la instalación del sistema.

Válvulas manuales de aceite térmico de 1" y 2"

El sistema de calentamiento instalado en la empresa Imptek-Chova del Ecuador, cuenta con válvulas tipo globo instaladas en todas las líneas de aceite térmico, por esta razón con el propósito de estandarizar las instalaciones, se toma en cuenta este tipo de válvulas para el diseño.

Las válvulas de globo son muy utilizadas para control de fluidos con gran precisión y tiene un cierre hermético, En esta clase de válvulas el fluido no corre de manera directa, sino que el fluido realiza un movimiento de columpio, es decir tiene un recorrido tipo “S” dentro de la válvula, la principal ventaja de este tipo de válvula es su facilidad para realizar una reparación, pese a que son más costosas que otro tipo de válvula (Cruz. C, 2009)

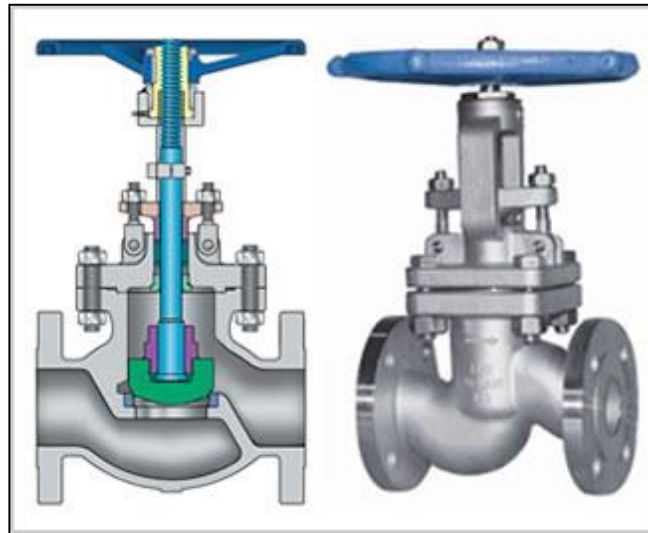


Figura 50: Válvulas manuales tipo globo para aceite térmico

Fuente: <http://www.tuvacol.com/valvulas/valvulas-de-globo/>

Elaborado por: Jaime Noroña

Dimensionamiento y selección de válvulas de control

La válvula de control es el dispositivo que se encarga de la regulación del flujo aceite térmico al sistema, la misma que genera una pérdida de presión en sistemas de aceite térmico pueden desencadenar en varios fenómenos como la cavitación, ruido y vibraciones en los equipos de bombeo, o daños en la caldera, por ello es indispensable realizar un adecuado proceso selección de las válvulas de control.

Para seleccionar de forma adecuada una válvula de control se toma en cuenta los requisitos indicados en la siguiente figura.

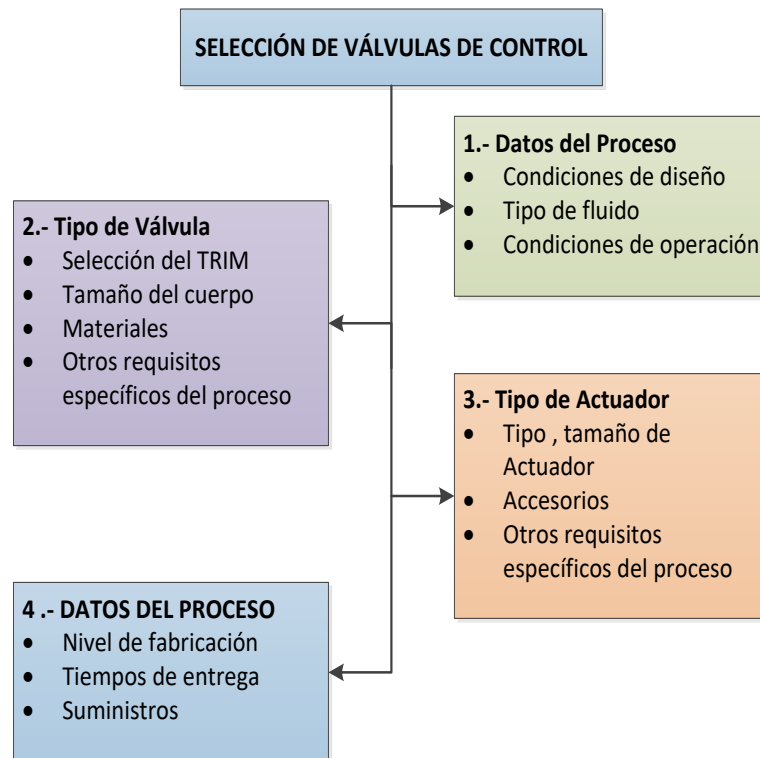


Figura 51: Requisitos para selección de la válvula de control

Fuente: Válvulas de Control Selección y Calculo (Campo, A.)

Elaborado por: El autor

A continuación se detalla todo el proceso para la selección de las válvulas de control para el sistema automático de calentamiento.

1.- Datos del proceso.

Las condiciones de trabajo para el funcionamiento del sistema se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 28: *Parámetros de funcionamiento para válvulas de control*

Características del Sistema	
Tipo de Fluido	Aceite térmico (Texaco Texatherm 46)
Presión Máxima	8 bar
Temperatura Máxima	300 °C
Presiones de entrada	3 bar
Presiones de salida	4 bar
Diámetros de Tubería	1", 2", y 3"
Caudal	65 m ³ /h
Tipo de válvula	Globo
Tipo de conexión	Bridada Clase 150

Fuente: Imptek

Elaborado por: El autor

Con los datos presentados en la tabla 28 se realiza la selección de las válvulas de control, para ello se utiliza como guía de selección al manual de válvulas de control de la marca Emerson cuarta edición, capítulo 5.

Selección del material del cuerpo de la válvula.

Para realizar la selección del tipo de material de las válvulas de control se basa en la presión, temperatura de trabajo y las características corrosivas a la que la válvula está sometida, para esto se realiza la selección según lo indicado en las tablas materiales del manual de válvulas de control de la marca Emerson cuarta edición, capítulo 5.

Tabla 29: *Parámetros de presión y temperatura nominal para válvulas clase 150 estándar*

Presión y Temperatura Nominal para Válvulas de Clase 150 Estándar		
Material	Temperatura °C	Presión BAR
Válvulas de Fundición de Acero al Carbono	316	10
ASTM A 216 Grado WCC / WCB	343	9
Válvulas de Acero Inoxidable 316	316	10
ASTM A 351 Grado CF8 M	343	9

Información tomada de las tablas del manual de válvulas de control de la marca Emerson cuarta edición, capítulo 5 pg. 78 y 83.

Fuente: Manual de válvulas de control Emerson cuarta edición.

Elaborado por: El autor

De acuerdo a la información presentada en la tabla 29, se tiene dos opciones de materiales para la selección de válvulas, los mismos que cumplen con los requerimientos de temperatura y presión del funcionamiento del sistema.

Para realizar la selección del material de acuerdo a las opciones que se tiene se utiliza la matriz de ponderación, en la cual se obtiene los siguientes resultados.

Factor	Peso Relativo %	Valvula Grado WCC o WCB	Valvula Grado CF8M
Costo del Equipo	40%	6	4
Disponibilidad en el mercado	30%	4	6
Durabilidad	15%	5	7
Recomendación del proveedor	15%	3	8
TOTAL		4,8	5,65

Figura 52: Matriz de selección material de la válvula

Elaborado por: El autor

De acuerdo a la matriz de ponderación se selecciona una válvula de acero inoxidable 316 para válvulas de grado CF8M, este material cumple con las características de presión y temperatura para el funcionamiento del sistema adicionalmente estas válvulas son resistentes a la corrosión, el material seleccionado para esta válvula la hace más costosa, pero de acuerdo a las recomendaciones del proveedor y tiempos de entrega de los equipo obtiene una mejor puntuación.

Selección del porcentaje de fuga.

Otro de los parámetros necesarios para la selección de una válvula de control es el porcentaje de fuga por el asiento (Seat Leakage), este parámetro se refiere al porcentaje de paso de fluido que va a tener la válvula cuando esté completamente cerrada, en nuestro caso se refiere a la cantidad de aceite térmico que la válvula dejara escapar cuando esté cerrara completamente, la clasificación de este parámetro se divide en 6 clases como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 30: *Clasificación de nivel de fuga de asiento en válvulas de control*

Clase	Nivel de fuga máximo admisible	Medio de prueba	Presión de Prueba
I	---	---	---
II	0,5% de la capacidad nominal	Aire o agua de 10 - 52 °C	3-4 Bar o la presión diferencial máxima
III	0,1% de la capacidad nominal	Igual al anterior	Igual al anterior
IV	0,01% de la capacidad nominal	Igual al anterior	Igual al anterior
V	0,0005 ml de agua por minuto por pulgada del diámetro del orificio por psi.	Agua de 10 - 52 °C	La máxima caída de presión de servicio por el tapón de la válvula, que no exceda la clasificación ANSI
VI	Que no exceda la cantidad determinada en función del tamaño de la válvula.	Aire o nitrógeno de 10 - 52 °C	3,5 Bar o máximo la presión nominal diferencial

Información tomada de las tablas del manual de válvulas de control de la marca Emerson cuarta edición, capítulo 5, pg. 93.

Fuente: Manual de válvulas de control Emerson cuarta edición.

Elaborado por: El autor

De acuerdo a la información presentada en la tabla anterior, y como se ha definido un punto crítico dentro del proceso productivo al control de la temperatura, para la implementación de este proyecto se buscara la instalación de válvulas de control clase IV (< 0.1% de la capacidad nominal de la válvula), de esta manera se asegura que no exista un calentamiento involuntario del sistema cuando esté desactivado.

Selección del material para los componentes internos (Trim Material)

El Trim Material es el parámetro que define el material para componentes internos de la válvula como ejes, vástagos y asiento de la válvula, este parámetro se lo define de acuerdo a los materiales antes seleccionados para el cuerpo de la válvula y los parámetros de funcionamiento de la misma, por esta razón se busca implementar una válvula con el siguiente material.

Tabla 31: *Trim material para válvulas de control*

Material para Componentes Internos de la Válvula (Trim Material)		
Material	T Min °C	T Max °C
Acero Inoxidable 316	-268	316

Información tomada de las tablas del manual de válvulas de control de la marca Emerson cuarta edición, capítulo 5, pg. 94.

Fuente: Manual de válvulas de control Emerson cuarta edición.

Elaborado por: El autor

Como se indica en la tabla anterior los componentes internos de las válvulas de control para el sistema deben ser como mínimo es acero inoxidable 316 (También material seleccionado para el cuerpo de la válvula), de esta manera se asegurara la durabilidad de los elementos.

Selección de sellos de la válvula

Para la selección de los sellos de la válvula de control se toma en cuenta dos aspectos para el funcionamiento de estos:

- La compatibilidad del sello con el fluido
- La temperatura de operación de la válvula.

En base a estos criterios se selecciona los materiales como opciones para el uso en los sellos de las válvulas de control,

Tabla 32: *Selección de material para sellos en válvulas de control*

Material	Compatibilidad con el Fluido (Aceite)	Temperatura de Operación
Nitrilo Buna-N (NBR)	+A	-54 °C – 82 °C
Grafito, grafoil	+A	-185 °C – 540°C
Teflón (PTFE)	A	-73 °C – 204 °C

Información tomada de las tablas del manual de válvulas de control de la marca Emerson cuarta edición, capítulo 5, pg. 106-108.

Fuente: Manual de válvulas de control Emerson cuarta edición.

Elaborado por: El autor

De acuerdo a la información mostrada en la tabla 32 el material seleccionado para la implementación de estas válvulas de control, son los sellos de grafito, este tipo de material cumple con la compatibilidad del sello y el fluido y la temperatura de trabajo del sistema, lo que asegura que el fluido no dañara los sellos y se garantiza la durabilidad de la válvula.

Selección del tipo de control de flujo de la válvula.

El tipo de control de flujo de la válvula es la relación que tiene la tasa de paso del fluido por la válvula y el porcentaje de apertura de esta, cuando varía de 0 a 100% de apertura.

Existen varias características de flujo de una válvula, la misma que depende del tipo de válvula que se esté utilizando, en la siguiente imagen se muestra las diferentes características del flujo de las válvulas

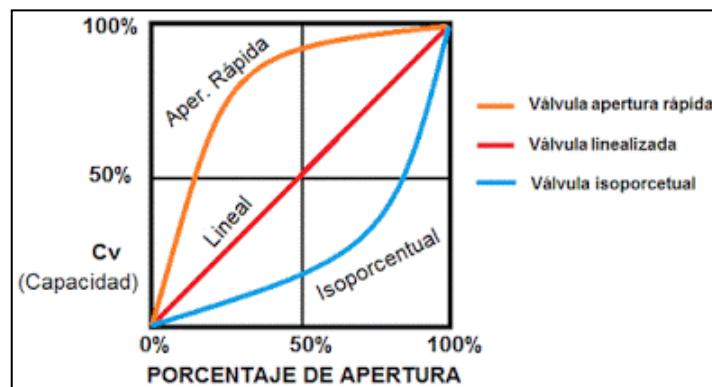


Figura 53: Curvas características del flujo de las válvulas

Fuente: <https://instrumentacionhoy.blogspot.com/2014/12/valvulas-de-control-conceptos-basicos.html>

Brevemente se explica el funcionamiento de cada una de las características de flujo de las válvulas.

Válvulas de apertura rápida.- En una válvula de apertura rápida la ganancia de caudal disminuye mientras aumenta el porcentaje de apertura de la válvula, la mayor parte del flujo que pasa por este tipo de válvula se desarrolla en el primer

tercio de apertura de esta, por esta razón este tipo de válvula no es recomendable para utilizar en el control de flujo.

Válvulas lineales.- En una válvula lineal la carrera de apertura de la válvula es proporcional en sentido lineal a la capacidad de flujo de la misma, su ganancia de capacidad es constante en todos los puntos de apertura de la válvula, se utilizan en procesos lineales en los cuales la caída de presión a través de la válvula no cambia con la variación del flujo. (Greene R. 1988)

Válvulas isoporcentuales.- Un válvula de tipo isoporcentual o de igual porcentaje quiere decir que el porcentaje de incremento de apertura de la válvula genera un igual incremento del porcentaje del flujo a través de la válvula, es decir cada porcentaje de aumento en la apertura de la válvula aumentara el volumen en aproximadamente el 3% del volumen, entonces el porcentaje de flujo es directamente proporcional al porcentaje de apertura de la válvula, estas válvulas se utilizan para realizar control del flujo proporcional (Greene R. 1988).

Para este sistema es necesario mantener un control del flujo adecuado, ya que con este se controla directamente la temperatura del sistema, por esta razón para la implementación del proyecto se utiliza válvulas de tipo isoporcentual.

Dimensionamiento de la válvula

Una vez que se ha seleccionado los materiales y el tipo de funcionamiento para las válvulas de control se procede a realizar el cálculo para el dimensionamiento de válvula, Para ello se determina del coeficiente de caudal de la válvula.

Este parámetro nos sirve para determinar el diámetro idóneo de la válvula correspondiente al flujo que maneja el sistema de aceite térmico.

Calculo del coeficiente de caudal de la válvula

Para realizar el cálculo del coeficiente de caudal de la válvula se utiliza la siguiente ecuación:

$$Cv = \frac{q}{\frac{N1 \times Fp}{121} \sqrt{\frac{\Delta P}{Gf}}}$$

Dónde:

Cv.- es el coeficiente de caudal

q.- es el caudal que pasa por la válvula

N1.- Constante

Fp.- Factor de geometría de la válvula

ΔP .- Es la variación de presión en la válvula

Gf.- Gravedad específica del fluido

Como se muestra en la ecuación anterior para el cálculo del Cv que requiere la válvula es necesario conocer los datos de ΔP (variación de presión), y el caudal (q) que circula por dicha válvula; debido a que estos datos no se los puede obtener en las instalaciones actuales se realiza una simulación de los sistemas de calentamiento considerados en el diseño y de esta manera se determina dichos factores.

Para realizar dicha simulación se utiliza el software WATERCAD, sistema utilizado para el diseño y modelación de sistemas a presión y sistemas de distribución hidráulicos.

Inicialmente para realizar la simulación se elabora un diagrama esquemático de las líneas, bomba y válvulas que interviene en el sistema, de esta manera se puede estimar las condiciones de operación actuales, es indispensable que este esquema simule la realidad del sistema instalado para de esta forma obtener resultados reales en la simulación, en la siguiente figura se muestra en diagrama esquemático elaborado para esta simulación.

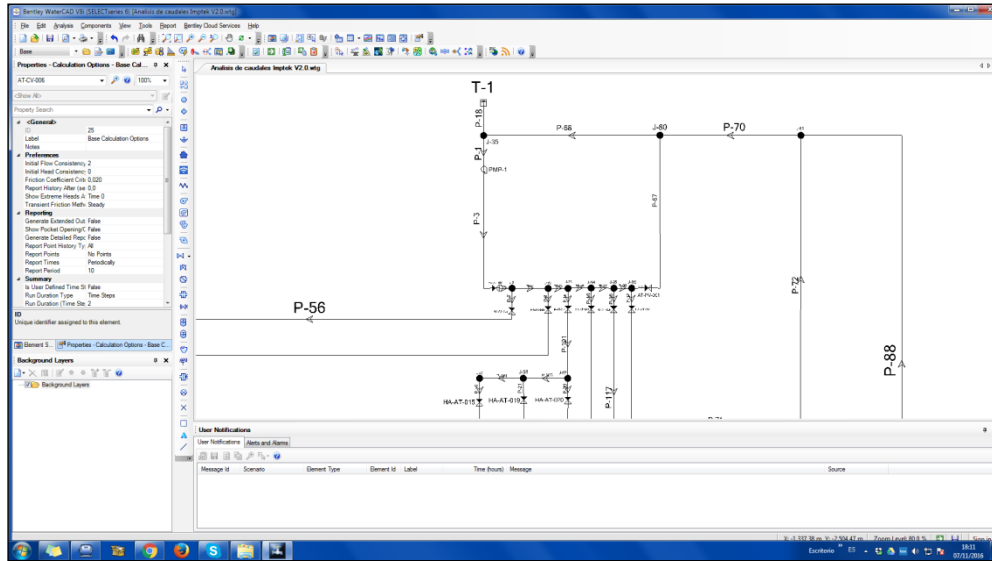


Figura 54: Diagrama Esquemático líneas de calentamiento en WATERCAD

Fuente: Simulación Watercad

Elaborado por: El autor

Una vez realizado el diagrama esquemático se parametriza los equipos que componen el sistema como se muestra en la figura, para ello es necesario ingresar los datos correspondientes a:

- Nombres y diámetros de las válvulas
- Diámetros y distancias de tuberías
- Tipo de válvulas utilizadas
- Caudal proporcionado por la bomba
- Los materiales de los equipos
- Las características del fluido.

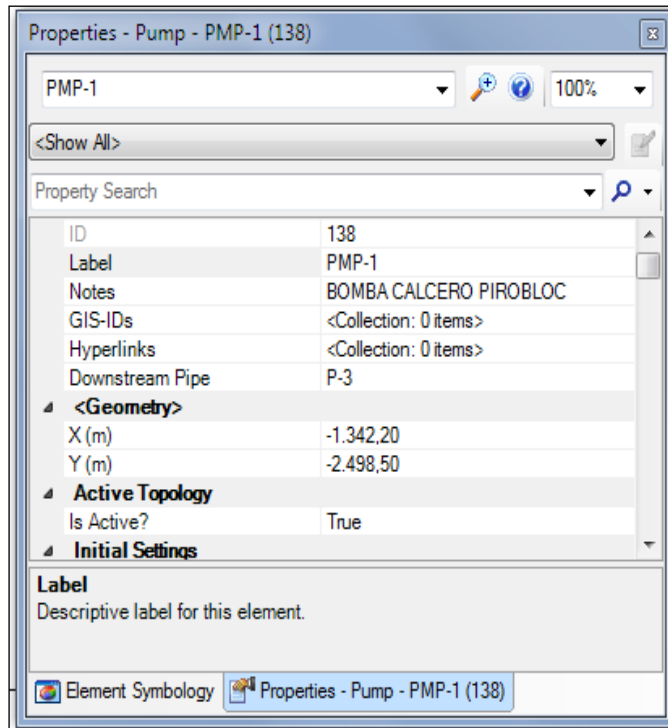


Figura 55: Parametrización de equipos para simulación en WATERCAD

Fuente: Simulación Watercad

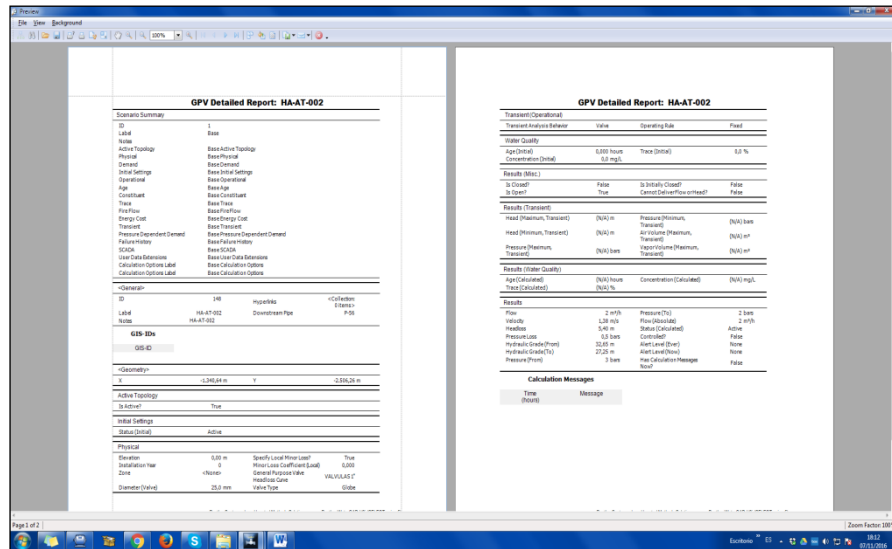
Elaborado por: El autor

Una vez realizada la parametrización de los componentes se ejecuta la simulación del sistema para obtener los reportes en los cuales se detallan los datos requeridos para el dimensionamiento de las válvulas de control.

De los reportes de la simulación se va a tomar los datos presentados en la tabla de resultados (figura 55), de los cuales se tomara la siguiente información_

- Presión del componente
- Variación de presión del componente
- Caudal que atraviesa por el componente.

Con esta información es la que se requiere para realizar el dimensionamiento de las válvulas de control necesarias para el sistema.



Results			
Flow	2 m ³ /h	Pressure (To)	2 bars
Velocity	1,38 m/s	Flow (Absolute)	2 m ³ /h
Headloss	5,40 m	Status (Calculated)	Active
Pressure Loss	0,5 bars	Controlled?	False
Hydraulic Grade (From)	32,65 m	Alert Level (Ever)	None
Hydraulic Grade (To)	27,25 m	Alert Level (Now)	None
Pressure (From)	3 bars	Has Calculation Messages Now?	False

Calculation Messages	
Time (hours)	Message

Figura 56: Obtención de reportes de simulación en WATERCAD

Fuente: Simulación Watercad

Elaborado por: El autor

De los reportes de la simulación del sistema, se obtiene los datos de presión y caudal que circulan por cada una de las válvulas de control (Ver anexo 6), los mismos que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 33: *Datos de presión y caudal obtenidos de WATERCAD*

Válvula	Presión Entrada (bar)	Δ Presión (bar)	Caudal m ³ /h
Válvula 1" (AT-CV-001)	2	0.2	1
Válvula 1" (AT-CV-002)	2	0.5	2
Válvula 1" (AT-CV-003)	2	0.3	1
Válvula 1" (AT-CV-004)	2	0.3	1
Válvula 1" (AT-CV-005)	2	0.3	1
Válvula 1" (AT-CV-006)	2	0.2	1
Válvula 2" (AT-CV-007)	2	0.5	4
Válvula 2" (AT-CV-008)	2	0.5	4
Válvula 2" (AT-CV-009)	2	0.3	2
Válvula 2" (AT-CV-010)	2	0.3	2
Válvula 2" (AT-CV-011)	2	0.3	2
Válvula 3" (AT-PV-001)	2	1	14

Valores obtenidos de los reportes de simulación de WATERCAD

Fuente: Reportes de resultados WaterCad

Elaborado por: El autor

Con los datos obtenidos, y los antes conocidos se elabora la tabla de datos necesarios para el cálculo del factor de flujo Cv para las válvulas del sistema.

Tabla 34: *Datos para cálculo de Cv en válvulas de control del sistema.*

Descripción	Símbolo	Unidad	Válvulas 1"	Válvulas 2"	Válvulas 3"
Caudal	q	gpm	8.80	17.6	61.6
Gravedad específica del aceite térmico	Gf	---	0,91	0,91	0,91
Presión de entrada a la válvula	P in	psi	29	29	29
Caída de presión de la válvula	Δ P	psi	7.25	7.25	14.5
Tamaño nominal de la válvula	d	Inch	1	2	3
Diámetro interno de la tubería	D	Inch	1	2	3
Valores de la tabla de constantes	N1	---	1	1	1
Valores de la tabla de constantes	N2	---	890	890	890
Cv estimado por tipo de válvula	Cve	gpm - psi	8.84	59.7	136

Fuente: Propia

Elaborado por: El autor

Para realizar el cálculo del Cv es necesario antes realizar el cálculo del factor de geometría de la válvula, para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$Fp = \left[1 + \frac{\sum K}{N_2} \left(\frac{C_{ve}}{d^2} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}$$

Descomponiendo $\sum K = K1 + K2$

Dónde:

Fp.- Factor de geometría de la válvula

Cve.- Es el coeficiente de caudal estimado según el tipo y diámetro de válvula

K1.- Coeficiente de resistencia de salida

K2.- Coeficiente de resistencia de entrada

N2.- Constante

d.- Tamaño nominal de la válvula

Cuando se utilizan tuberías del mismo diámetro de la válvula el factor K es igual a cero, de esta manera el factor de geometría para todas las válvulas se calcula de la siguiente manera:

Calculo del Factor de Geometría

$$Fp = \left[1 + \frac{\sum K}{N_2} \left(\frac{C_{ve}}{d^2} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$\sum K = K1 + K2$$

$$K1 + K2 = 1,5 \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right)^2 \text{ Por que se utilizan tuberías del mismo diámetro}$$

ΣK= 0,00

Fp= 1,00

Ahora que ya se ha determinado el factor de geometría para las válvulas se determina el Cv para las válvulas de 1", el cual queda de la siguiente manera.

Calculo Coeficiente de Caudal

$$Cv = \frac{q}{N1 \times Fp \sqrt{\frac{P1-P2}{Gf}}}$$

Cv= 3,12 gpm - psi

Una vez obtenido este valor se transforma en Kv, que es el equivalente en m³/h, en esta unidad también se encuentran las válvulas de control en el mercado, la transformación se la realiza de la siguiente manera.

Transformación de Cv (gpm - psi) a Kv (m3/h - bar)

Kv= Cv x 0,86488

Kv= 2,70 (m3/h - bar)

Se repite el mismo procedimiento para las válvulas de 2" y 3" consideradas en el diseño del sistema de calentamiento automático, para ello se realizan los cálculos correspondientes de la siguiente manera.

Válvulas de control de 2"

Calculo Coeficiente de Caudal

$$Cv = \frac{q}{N1 \times Fp \sqrt{\frac{P1-P2}{Gf}}}$$

Cv= 6,24 gpm - psi

Transformación de Cv (gpm - psi) a Kv (m3/h - bar)

Kv= Cv x 0,86488

Kv= 5,39 (m3/h - bar)

Válvulas de control de 3"

Calculo Coeficiente de Caudal

$$Cv = \frac{q}{N1 \times Fp \sqrt{\frac{P1-P2}{Gf}}}$$

Cv= 15,43 gpm - psi

Transformación de Cv (gpm - psi) a Kv (m3/h - bar)

$$Kv = Cv \times 0,86488$$

Kv= 13,35 (m3/h - bar)

Una vez que se obtienen todos los resultados de los cálculos se los puede resumir en la siguiente tabla.

Tabla 35: *Coeficiente de flujo requerido para las válvulas de control*

Válvula	Cv	Kv
Válvulas de control 1"	3.12	2.70
Válvulas de control 2"	6.24	5.39
Válvulas de control 3"	15.43	13.35

Fuente: Propia

Elaborado por: El autor

Selección del Actuador

En cuanto se refiere a los actuadores para válvulas de control existen varias opciones en el mercado, entre las más utilizadas tenemos:

- Actuadores neumáticos
- Actuadores eléctricos
- Actuadores hidráulicos

Actuadores Neumáticos.- Equipos recomendados para trabajos en exteriores, el costo de instalación es más costoso debido a la necesidad de instalar varias fuentes de energía para su funcionamiento (eléctrica, aire comprimido), requieren la instalación de un posicionador adicional para poder realizar el control proporcional de la válvula.

Actuadores Hidráulicos.- Equipos de instalación costosa, requieren la instalación de un sistema hidráulico adicional para el funcionamiento de la válvula, requiere mayor mantenimiento tanto para la válvula de control como para el sistema hidráulico de accionamiento.

Actuadores Eléctricos.- Equipos sencillos de instalar y de bajo costo de mantenimiento, recomendable para trabajos en interiores, el costo del actuador es ligeramente superior al neumático, pero el costo de instalación es inferior.

De la misma manera para realizar la selección del actuador se utiliza la matriz de ponderados para la selección, para este caso se evaluara los siguientes parámetros.

- Costo de instalación
- Mantenimiento del actuador
- Facilidad de instalación
- Recomendaciones del fabricante.

Con la estos parámetros se realiza la matriz de selección, de la cual se obtiene los siguientes resultados.

Factor	Peso Relativo %	Actuador Neumatico	Actuador Electrico	Actuador Hidraulico
Costo del Equipo	25%	3	5	7
Mantenimiento del Actuador	25%	5	6	3
Facilidad de instalación	35%	5	7	2
Recomendación del proveedor	15%	6	8	2
TOTAL		4,65	6,4	3,5

Figura 57: Matriz de selección para actuador de la válvula.

Elaborado por: El autor

Tomando en cuenta los resultados de la matriz de selección se decide la instalación de válvulas de control con actuadores eléctricos, estos no requieren de

instalaciones y equipos adicionales para su funcionamiento, y no requieren de algún tipo de mantenimiento adicional.

De acuerdo a esto se requiere que los actuadores estén diseñados para trabajar a un voltaje de 220 V AC, que es lo que se puede suministrar en las instalaciones de Imptek-Chova del Ecuador, en lo que se refiere a los datos de fuerza de accionamiento del actuador y dimensionamiento, no se puede especificar ya que esto depende directamente del fabricante de la válvula de control.

Válvula de control requerida

Una vez que se ha seleccionado todos los requerimientos para la válvula de control, se elabora una tabla en la cual se detallan todos los parámetros constructivos de la válvula, información necesaria para la adquisición del equipo.

Tabla 36: *Especificaciones para válvulas de control.*

Parámetro	Especificación	
Material del cuerpo de la válvula	Acero Inoxidable 316	
Seat Leakage (% de fuga)	Clase IV	
Trim Material (Componentes internos)	Acero Inoxidable 316	
Sellos de la válvula	Grafito, grafoil	
Tipo de control de flujo	Iso porcentual	
Coefficiente de flujo Válvulas 1"	Cv= 3,12	Kv= 2.70
Coefficiente de flujo Válvulas 2"	Cv= 6.24	Kv= 5.39
Coefficiente de flujo Válvulas 3"	Cv= 15.43	Kv= 13.35
Tipo de actuador	Eléctrico 220 V AC	

Fuente: Propia

Elaborado por: El autor

Selección de la válvula de control

Una vez determinado los requerimientos para la válvulas de control del sistema automático de temperatura de la empresa Imptek-Chova del Ecuador, se solicita a proveedores locales las respectivas fichas técnicas de las válvulas que cada uno de ellos provee, en la siguiente tabla se detalla la información correspondiente a las válvulas ofertadas por los diferentes proveedores para posteriormente realizar la matriz de selección.

Tabla 37: Datos técnicos de válvulas de control ofertadas

Característica	Características Técnicas de las Válvulas Ofertadas		
	Proveedor Ecuainsetec	Proveedor Castek	Proveedor Control CIA. LTDA.
Marca	FESTO	RKT	SAMSON
Material del cuerpo de la válvula	Acero Inoxidable 316	Acero Inoxidable 19-11-2	Acero Inoxidable
Seat Leakage (% de fuga)	No especifica	Clase IV	No especifica
Trim Material (Componentes internos)	Acero Inoxidable 316	Acero Inoxidable 1,4408	Acero Inoxidable 1,4571
Sellos de la válvula	Tek-Fill (PTFE)	Grafito Max 530°C	PTFE
Tipo de Válvula	V-Port 60°	Globo	Globo
Tipo de control de flujo	No especifica	Iso porcentual	Iso porcentual
Coeficiente de flujo Válvulas 1"	No especifica	9,2 m3/h	12 m3/h
Coeficiente de flujo Válvulas 2"	No especifica	37 m3/h	40 m3/h
Coeficiente de flujo Válvulas 3"	No especifica	95 m3/h	94 m3/h
Tipo de actuador	Neumático	Eléctrico 220 V	Eléctrico 24 V
Tiempo de entrega	16 - 20 semanas	4 - 8 semanas	14 - 16 semanas
Costo válvula 1"	\$ 5.571,95	\$ 2.680,00	\$ 3.278,12
Costo válvula 2"	No especifica	\$ 9.650,00	\$ 3.588,12
Costo válvula 3"	No especifica	\$ 3.609,05	\$ 5.458,11
Datos Adicionales	No existe stock de la Válvula	Procedencia alemana	No existe stock de la Válvula

Fuente: Cotizaciones Proveedores

Elaborado por: El autor

Con la información proporcionada de las características de cada válvula disponible por cada proveedor, se realiza la matriz de selección de ponderados según los siguientes criterios.

- Cumplimiento con los requerimientos definidos
- Costo de la válvula
- Tiempo de entrega

Se realiza la matriz de decisión, en la cual se obtiene los siguientes resultados:

Factor	Peso Relativo %	Válvula Festo	Válvula RKT	Válvula SAMSON
Cumplimiento de los requerimientos definidos	40%	2	7	6
Costo de la valvula	30%	3	8	6
Tiempo de entrega	30%	1	9	2
TOTAL		2	7,9	4,8

Figura 58: Matriz de selección válvula de control

Elaborado por: El autor

De acuerdo a los resultados de la matriz de decisión se selecciona las válvulas de control del proveedor Castek marca RKT de procedencia alemana, modelo MV5214, la misma que en base a la su ficha técnica (Ver anexo 7), esta cuenta con las siguientes características, se muestra una imagen referencial de la válvula de control seleccionada.

Tabla 38: Datos técnicos de válvula seleccionada

Parámetro	Detalle
Marca	RKT
Procedencia	Alemania
Modelo	MV5214
Material del cuerpo de la válvula	Acero Inoxidable GX5CrNiMo19-11-2
Trim Material (Componentes internos)	Acero Inoxidable 1.4122
Seat Leakage (% de fuga)	Clase IV (<0.01% KVS)
Sellos de la válvula	Grafito Max 530°C
Tipo de control de flujo	Iso porcentual
Coefficiente de flujo Válvulas 1"	Kv= 9.2
Coefficiente de flujo Válvulas 2"	Kv= 37
Coefficiente de flujo Válvulas 3"	Kv= 95
Tipo de actuador	Eléctrico 220 V AC

Fuente: Manual válvulas de control RKT Serie 5200-7010

Elaborado por: El autor



Figura 59: Imagen referencial válvula de control RKT 5214

Fuente: Manual válvulas de control RKT Serie 5200-7010

Diseño Eléctrico del Sistema

Tipo de Control de Temperatura

Para el desarrollo del sistema automático de temperatura se incluye un control tipo PID (Proporcional-Integral-Derivativo), el principio de funcionamiento de este tipo de control es evaluar el error de la señal de referencia (set point), es decir el nivel de temperatura al que se desea llegar, y la señal de salida es decir la variable que seamos controlar, para este caso la temperatura del sistema, de tal manera que la variación que exista entre estas dos variables sea cero la mayor parte del tiempo, esto se lo conoce como la acción integral.

Por otra parte este tipo de control interactúa con la dinámica del proceso de calentamiento, de tal manera que la acción derivativa predice la velocidad en la que la temperatura varía en función del tiempo, de esta manera la señal de salida será proporcional en relación a las variaciones de la temperatura medida con la temperatura de set point, es decir, ya en el funcionamiento del sistema mientras mayor sea el error entre a temperatura setada y la temperatura medida, el sistema de control accionara la válvula de control abriendo o cerrando proporcionalmente el paso de aceite térmico caliente.

De acuerdo a lo indicado anteriormente el funcionamiento del sistema se define de la siguiente manera.

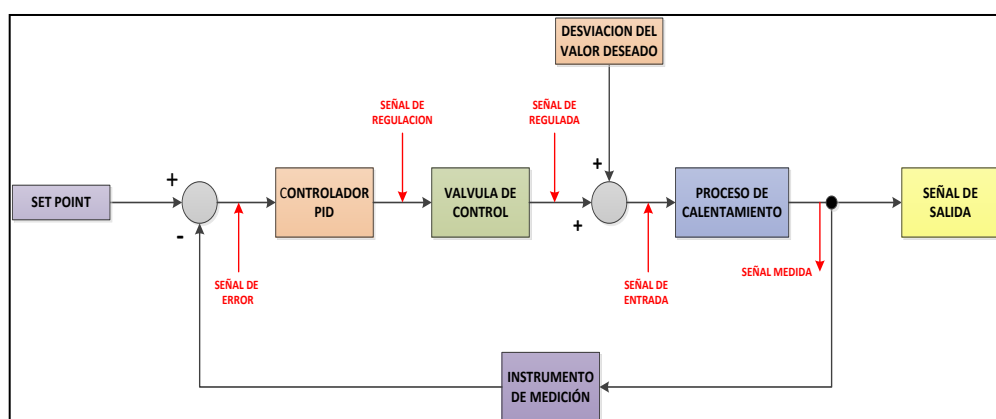


Figura 60: Funcionamiento control PID para sistema de calentamiento

Elaborado por: El autor

PLC para control del sistema

El diseño e instalación de este sistema busca mantener la línea tecnológica que la empresa ha manejado durante todo el proceso de automatización de sus maquinarias y equipos, por esta razón se contempla para este sistema un PLC marca WAGO distribuido por la empresa Ecuainsetec, el mismo que contara con la programación adecuada para el funcionamiento del sistema.



Figura 61: Imagen referencial PLC marca WAGO

Fuente: WAGO

HMI para interfaz grafica

El sistema cuenta con una pantalla HMI de 7", en la cual el operario puede visualizar y controlar el funcionamiento del sistema, para esto se considera una pantalla HMI marca Brainchild, la misma que es compatible con el PLC marca WAGO y es distribuida por la misma empresa.



Figura 62: Imagen referencial HMI marca Brainchild

Fuente: BRAINCHILD

Sensores de Temperatura

Para el control y monitoreo de la temperatura de los circuitos de calentamiento se utiliza sensores de temperatura tipo PT100 de 6" de largo y 1/4" de diámetro, con caja de montaje, las mismas que distribuye la empresa Ecuainsetec.



Figura 63: Imagen referencial PT100 de 6"x1/4"

Elaborado por: El autor

Este tipo de sensor se selecciona debido a que las características que este presenta en cuanto a la temperatura son las adecuadas para trabajar en este sistema, en la siguiente figura se presenta la curva característica de funcionamiento del sensor según la temperatura del sistema.

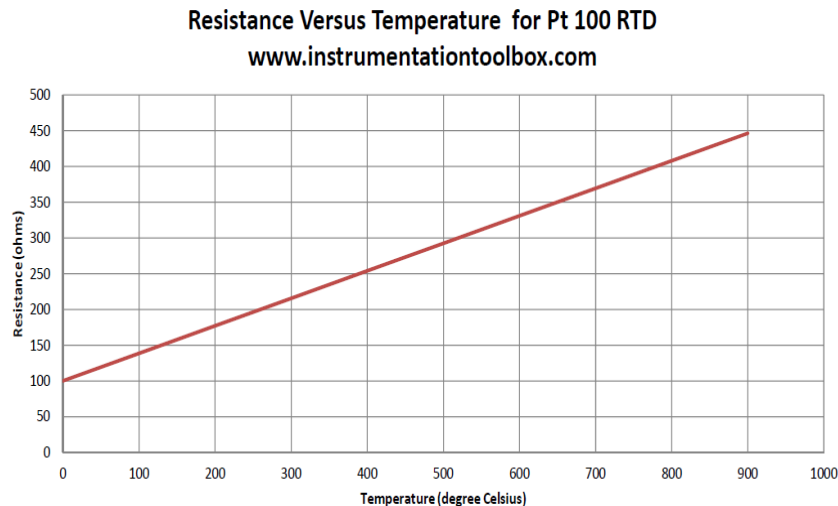


Figura 64: Curva de funcionamiento PT100

Fuente: www.instrumentationtoolbox.com

Medidor Digital de Presión

Para este sistema es necesario la instalación de un instrumento para medición y control de la presión del sistema de aceite térmico, el mismo que debe enviar una señal al PLC por la cual controlara la válvula de regulación de presión que se instala a la salida del manifold principal del sistema, para esto se utiliza un medidor de presión digital con una capacidad de 0 a 10 bar marca IFM modelo PG 2454, el mismo que tiene la capacidad de enviar una señal análoga de 4 a 20 mA hasta el PLC con la cual se controla el funcionamiento de la válvula de regulación de presión, de acuerdo a las especificaciones del equipo (Ver Anexo 8) la temperatura máxima de trabajo es de 80°C, para poder utilizar este equipo será necesario el uso de un elemento llamado sifón para manómetro (cola de chanco), este elemento se utiliza para reducir el golpe de ariete y como enfriador o disipador de temperatura para la instalación de manómetros.



Figura 65: Sensor de presión marca IFM modelo PG 2454

Fuente: IFM



Figura 66: Sifón para manómetro (cola de chancho)

Elaborado por: El autor

Presupuesto

Una vez que se ha considera todos los componentes, requerimientos y el tipo de funcionamiento del sistema de control de temperatura, se solicita las cotizaciones necesarias a los proveedores en las cuales se contemplan las actividades y equipos requeridos para este (Ver anexo 9).

Para realizar la posible implementación de la propuesta se desarrolla un presupuesto completo para la totalidad del proyecto (Ver anexo 10), el cual se lo puede resumir en 6 grandes rubros de tal manera que el presupuesto resumido se presenta de la siguiente manera.

Tabla 39: *Presupuesto proyecto calentamiento automático*

Presupuesto Proyecto Automático de Calentamiento	
Rubro	Valor
Instrumentación Industrial	\$ 1.573,78
Sistema de Control Automático	\$ 12.692,24
Válvulas de Control y Actuadores	\$ 43.775,25
Instalación Tubería de Aceite Térmico	\$ 5.509,40
Instalación Aislamiento Térmico	\$ 4.222,83
Mano de Obra	\$ 1.860,00
Subtotal	\$ 69.633,50
Imprevistos 10%	\$ 6.963,35
TOTAL	\$ 76.596,85

Fuente: Cotizaciones proveedores

Elaborado por: El autor

El presupuesto presentado en la tabla anterior considera la implementación integral del proyecto, tanto para tanques mezcladores, pre mezcladores y tuberías de transporte de mástico.

Beneficios de la Propuesta

Una vez que se realice la implementación de la propuesta se espera que la empresa Imptek-Chova del Ecuador se beneficie de la siguiente manera.

Beneficios Técnicos.- dentro de los beneficios técnicos que alcanza la empresa Imptek-Chova del Ecuador se puede enumerar:

- Garantizar que la temperatura de los materiales sea adecuada para el desarrollo del proceso productivo.
- Reducir la cantidad de producto no conforme y desperdicios generados por el sobre calentamiento de materiales en el proceso productivo en un 80% mínimo.
- Mejorar los tiempos estimados para el proceso de producción al evitar que se generen demoras en el proceso por sobre calentamiento de los materiales.
- Mejorar la calidad del producto final.

Beneficios Económicos.- Dentro de los beneficios económicos que se desea alcanzar con la implementación del proyecto se encuentran:

- Reducir los costos de mala calidad generados por producto no conforme en el área de laminación de la empresa Imptek-Chova del Ecuador S.A. reduciendo el índice de producto no conforme promedio al 0.95% mínimo.
- Reducir los costos de generación y tratamiento de desechos peligrosos de asfalto solido con polímero gelificado.
- Reducir los costos operativos durante los procesos de preparación y laminación al no tener un operario controlando manualmente la temperatura de los equipos.

Impacto Ambiental

La implementación de este sistema conlleva un impacto ambiental beneficioso para la empresa al implementar este proyecto reduce la cantidad de desechos considerados peligrosos, generados por la empresa Imptek-Chova del Ecuador, los mismos que por su naturaleza deben ser tratados por gestores ambientales calificados.

Así también este proyecto contribuye a las políticas de Responsabilidad Social y Ambiental (RSA) empresariales de Imptek-Chova del Ecuador en la búsqueda de ser una empresa responsable con el medio ambiente.

Evaluación Económica

Los resultados esperados con la implementación de este sistema se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 40: *Beneficio estimado por reducción de costos de PNC y desperdicios.*

Parámetro	Beneficio Económico Esperado		
	Costo	Beneficio Esperado	Costo Esperado
Índice de PNC 9,07%	\$ 24.261,19	Reducir al 0,95%	\$ 21.720,05
Costo por desperdicio de asfalto solido	\$ 4.282,72	Reducir el 100%	\$ 4.282,72
	Total \$ 28.543,91		Total \$ 26.002,77

Fuente: Propia

Elaborado por: El autor

Como se muestra en la tabla anterior la reducción estimada de costos con la implementación de este sistema es de \$26002,77, valor el cual sirve para realizar la evaluación económica del proyecto, en la siguiente figura se muestra el cálculo de los factores para evaluación del proyecto según los datos obtenidos.

DATOS	
Inversión Inicial	\$ 76.596,85
Ingresos Periodo	\$ 26.002,17
Tasa de Descuento	16%

Mes	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	V. presente
Egresos	\$ -76.596,85	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -66.031,77
Ingresos	\$ -	\$ 26.002,17	\$ 26.002,17	\$ 26.002,17	\$ 26.002,17	\$ 26.002,17	\$ 85.138,74
Saldo	\$ -76.596,85	\$ 26.002,17	\$ 26.002,17	\$ 26.002,17	\$ 26.002,17	\$ 26.002,17	\$ 8.541,89
Saldo Acumulado	\$ -76.596,85	\$ -50.594,68	\$ -24.592,51	\$ 1.409,66	\$ 27.411,83	\$ 53.414,00	-----

RESULTADOS	
V.A.N.=	\$ 8.541,89
T.I.R. =	20,7%
Costo Beneficio	1,29
T. Recuperación =	2,95

TASA DE RECUPERACIÓN	
2,00 AÑOS	11,00 MESES

Figura 67: Evaluación económica del proyecto.

Elaborado por: El autor

De acuerdo a los datos obtenidos en la evaluación económica del proyecto se concluye lo siguiente:

- De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis financiero se concluye que el proyecto es viable para su implementación al tener un valor actual neto (VAN) positivo, es decir al final de los 5 años el proyecto dejara una utilidad para la empresa.
- El proyecto es viable ya que su tasa interna de retorno (TIR) es del 20.7%, es decir que el proyecto entrega una rentabilidad mayor a la tasa de descuento.
- El valor del costo beneficio es mayor a uno, lo que nos indica que el beneficio que el proyecto entrega es mayor a la inversión realizada.
- La tasa de recuperación del proyecto es de 2 años y 11 meses, es decir que este es el periodo de tiempo en el cual se recuperara la inversión realizada en el proyecto.

Conclusiones y Recomendaciones de la Propuesta

Conclusiones.

- El nuevo sistema de calentamiento, está diseñado para garantizar una temperatura adecuada para el desarrollo del proceso de producción de láminas asfálticas, evitando la generación de producto no conforme y desperdicio.
- En el diseño del sistema se ha contemplado la independización de todos los circuitos de calentamiento instalados, de tal forma que cada una de las válvulas accionara un sistema independiente, de esta manera se evita posibles daños en la mezcla asfáltica en las líneas de transporte de mástico de forma involuntaria.
- Los equipos seleccionados que se han seleccionado para el funcionamiento del nuevo sistema de calentamiento cumplen con los requerimientos necesarios para el buen funcionamiento del sistema, garantizando la durabilidad de los mismos, además se alinean a la línea tecnológica que mantiene la empresa en sus procesos productivos, y canalizando para sus nuevos proyectos de automatización.
- Las válvulas de control RKT Serie 5200-7010 seleccionadas cumplen todos los requerimientos de caudal, temperatura y presión con las que trabaja el sistema, además que su material constructivo alarga la vida útil de la misma.
- Con la posible implementación del sistema se puede llegar a tener una reducción de costos de \$26002,77, los mismos que corresponden a los costos generados por PNC y desperdicios de asfalto sólido, llegando a reducir el índice de producto no conforme del 9.07% al 0.95% y los desperdicios en su totalidad.

Recomendaciones

- Implementar el sistema de control automático de temperatura diseñado para el área de laminación de la empresa Imptek-Chova del Ecuador.
- Durante el proceso de instalación tomar en cuenta las consideraciones y modificaciones necesarias para independizar los circuitos de calentamiento y así obtener un mayor rendimiento del sistema.
- Al implementar el sistema considerar los equipos seleccionados como requerimiento mínimo para la implementación y funcionamiento del sistema.
- Implementar el sistema con las válvulas de control seleccionadas, las mismas que se consideran la mejor alternativa en cuanto a características técnicas, durabilidad y costo.

BIBLIOGRAFIA

- Universidad Tecnológica Indoamérica (2011). Políticas y líneas de investigación de la Universidad Tecnológica Indoamérica.
- de la Cal, A. D. R. (1995). Impermeabilización de cubiertas industriales y agrarias. Agricultura. Revista agropecuaria, (761), p. 1022-1027.
- González, M & Zambrano, L. (2014). Diseño y construcción de un sistema automático de alineamiento angular para la producción de láminas impermeabilizantes asfálticas en la empresa Chova del Ecuador S.A. (Tesis de pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, Ecuador.
- Paredes, W. (2015). *Diseño y Construcción de un sistema automático para el control de espesores en la elaboración de lámina asfáltica de la empresa IMPTEK.* (Tesis de pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, Ecuador.
- Recalde, D. (2014). *Diseño y construcción de una estación de absorción de impacto y bastidor para el alineador de las láminas de asfalto en la línea de producción de cubiertas impermeabilizantes de la empresa Chova del Ecuador planta Inga.* (Tesis de pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, Ecuador.
- Constitución de la República del Ecuador. Registró Oficial 449. *Título II, Derechos de Libertad.* 20 de octubre del 2008.
- Ley Orgánica de Defensa del Consumidor. Registro Oficial Suplemento 116. *Control de Calidad,* Quito, 10 de julio del 2000.
- Constitución de la República del Ecuador. Registró Oficial 449. *Derechos de las Personas y Grupos de Atención Prioritaria.* 20 de octubre del 2008.
- Ley Orgánica de Defensa del Consumidor. Registro Oficial Suplemento 116. *Infracciones y Sanciones.* Quito, 10 de julio del 2000.
- Bravo, J., (2008), *Gestión de Procesos,* Santiago, Chile: Editorial Evolución S.A.

- Benavides, G., (2009), *Administración de proceso productivos*, Bogotá, Colombia; Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Bonta, P., & Farber, M., (2002), *199 Preguntas sobre marketing y publicidad*, Bogotá, Colombia: editorial Norma.
- Jácome, S., (2010), *Manual de impermeabilización*, Sangolquí, Ecuador: Chova del Ecuador.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2063-2005, *Productos derivados del petróleo. Láminas de betún modificado con elastómeros, Requisitos*. Quito, Ecuador 14 de febrero del 2005.
- Vela, L., (2007). *Automatización y control de una máquina reactivadora para la empresa Plasticaucho Industrial S.A.* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Pérez, J., la Rotta, D., Sánchez, K., Madera, Y., Restrepo, G., Rodríguez, M.,...Parra, C., (2011). *Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo*. *Ingeniare*, 19, N°3, p 396 – 408.
- Gutiérrez, H., (2010). *Calidad total y productividad*. México D.F., México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.
- Carro, R., & González, D., (s.f.). *Administración de la calidad total*. Universidad Nacional del Mar del Plata.
- Coyopolt, R & Salinas M., (2006). *Ventajas y Desventajas del Uso de Polimeros en el Asfalto*, Universidad de las Américas Puebla.
- International Organization for Standardization [ISO], (2005), *Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario*. Ginebra, Suiza.
- Gryma, F., DeFeo, J., y Chua, R., (2007). *Método Juran: análisis y planeación de la calidad*. México D.F., México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.

- Besterfield, D., (2009). *Control de calidad*. México D.F., México: Pearson Education.
- Álvarez, E., (2011). *Producto no conforme*. Calefacción y Ventilación S.A. de C.V
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1000-2009, *Elaboración, adopción y aplicación de reglamentos técnicos ecuatorianos, RTE INEN*. 18 de julio del 2008.
- García, M., Quispe, C., & Raez, L. (2002). *Costo de la calidad y la mala calidad*. *Industrial Data*, 5(1), 15-21.
- Cruz, C., (2009). *Válvulas para tuberías*. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.
- Campo, A., (s.f). *Válvulas de control selección y cálculo*. Díaz de Santos.
- Northern Innovation, (2010). *Technical Investigation into Thermal Oil Technology*. Maryland Industrial Estate.
- Emerson Process Management, (2005). *Control valve handbook*. Estados Unidos.
- Greene, R., (1988). *Válvulas selección, uso y mantenimiento*. México: McGraw-Hill
- Boato International (s.f.). Nuestros Clientes en el Mundo. *Recuperado de* <http://www.boato.com/es/clients.html>
- Br Magazine. (s.f.) La nueva planta de Imptek abre sus puertas a la innovación, tecnología y nuevos mercados. *Recuperado de:* <http://brmagazine.com.ec/la-nueva-planta-de-imptek-abre-sus-puertas-a-la-innovacion-tecnologia-y-nuevos-mercados/>
- El Oficial. [Periódico El Oficial]. (2015, agosto 13). Imptek, más que impermeabilización. [Archivo de Video]. *Recuperado de:*

<https://www.youtube.com/watch?v=DUivXOHIDzY&index=12&list=PL6k5ujWJ5U15vRH5NIVZ9x54P7xLSXdru>

- Imptek. (s.f.). Imptek en el Mundo. *Recuperado de:* <http://imptek.com/en-el-mundo/>
- Universidad Simón Bolívar. (s.f.). Chova del Ecuador S.A., Caso de Éxito - Sistema de gestión de la calidad. *Recuperado de:* http://portal.uasb.edu.ec/UserFiles/381/File/CALIDAD_CHOVA%281%29.pdf
- Imptek. (s.f.). Imptek en el Ecuador. *Recuperado de:* <http://imptek.com/en-el-ecuador/>
- Redacción Quito (s.f.). Chova del Ecuador la Empresa Invirtió USD 11 millones en su Nueva Planta; Hoy, Busca Llegar a Brasil y Venezuela. *Recuperado de:* <http://edicionimpresa.elcomercio.com/es/05100000f503d507-889c-43e3-86ea-5e3c57cfd8ab>

ANEXOS