

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

**PROYECTO DE MODIFICACIÓN DE SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA
MAQUINA CIGARRERA**

Trabajo de Titulación para optar al
Título Profesional de Ingeniero en
Ejecución en MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL

Alumno:

Mario Luis Farías Garrido

Profesor Guía:

Mg. Ricardo Javier Ciudad Cartagena

2018

Dedico este trabajo a todos los que de una u otra forma me otorgaron su apoyo participaron de él ayudándome a concretarlo y de manera muy especial agradezco a mi mujer Paulina y a mi madre Mónica.

RESUMEN

El siguiente trabajo tiene por objeto desarrollar un dispositivo de seguridad que permita minimizar el riesgo al cual está expuesto un operario de máquinas cigarreras al momento que las máquinas realicen acciones automáticas.

La sección SMD de la fábrica BAT, Chile (en la que se desarrolla este proyecto), es la encargada de transformar la materia prima de la fábrica, en el producto terminado (cajas con cartones de cajetillas de cigarrillos). La sección a su vez se divide en células, las que están formadas por grupos de máquinas y cada grupo se compone de una cigarrera, un acumulador y una empaquetadora.

En su funcionamiento las máquinas cigarreras, las cuales serán la base del desarrollo de este proyecto, incorporan sectores en donde se realizan empalmes automáticos de bobinas de papel para la conformación de la columna de tabaco y para la boquilla de los cigarrillos. El sector empalmador de papel cigarrillo llamado BOB-M, se encuentra apartado y completamente aislado de la maquina cigarrera, por lo que no representa un peligro para el operario.

Sin embargo, en los modelos más antiguos, el sector de la maquina donde se realizan los empalmes de papel boquilla, no cuenta con una adecuada protección.

Se debe desarrollar una defensa para el sector de “empalmes de bobinas de papel boquilla” en el sector “MAX” de las máquinas cigarreras debido a que su defensa actual en este sector solo sirve para impedir el acceso frontal del operador, dejando acceso por otros espacios laterales, incluso pudiéndose introducir un brazo completamente extendido al sector donde se ejecutan los empalmes.

Dicho sistema debe ser desarrollado tomando en cuenta observaciones y planteos de funcionamiento del sistema y sus requerimientos realizados por los encargados de las células y por los propios operarios de las máquinas cigarreras, además de contar con el apoyo y aprobación del departamento de seguridad de la fábrica EHS.

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

CAPÍTULO 1: PLANTEO DEL PROBLEMA

- 1.1. LA ORGANIZACIÓN
- 1.2. PRINCIPIO DE NEGOCIO
- 1.3. CONTEXTO OPERACIONAL
- 1.4. UBICACIÓN
- 1.5. PROBLEMÁTICA
- 1.6. JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN
 - 1.6.1. Condición de riesgo del sector
 - 1.6.2. Corte por cuchillo
 - 1.6.3. Accidentabilidad
- 1.7. PROMEDIO ANUAL DE ACCIDENTES CTP/STP
- 1.8. ANALISIS FODA

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

- 2.1. SITUACIÓN SIN PROYECTO
 - 2.1.1. Funcionamiento del dispositivo empalmador
- 2.2. SOLUCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA
 - 2.2.1. Alternativas de solución
- 2.3. CARACTERÍSTICA Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DEL SISTEMA
- 2.4. DESARROLLO DEL SISTEMA
- 2.5. DESARROLLO DE LA BASE DEL SISTEMA
 - 2.5.1. Diseño de la base
 - 2.5.2. Esquema de los componentes del sistema
 - 2.5.3. Esquema de la base
 - 2.5.4. Esquema de barras de transmisión
 - 2.5.5. Esquema de brazos
 - 2.5.6. Esquema de tornillos
 - 2.5.7. Espaciadores
 - 2.5.8. Ensamble de componentes

- 2.5.9. Torre de giro o pivote
- 2.5.10. Montaje de los brazos
- 2.5.11. Montaje de sistema en MAX
- 2.6. MONTAJE DE LA DEFENSA
- 2.7. CONEXIONADO NEUMÁTICO
- 2.8. CIRCUITO NEUMÁTICO DE LA DEFENSA

CAPÍTULO 3: ASPECTOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS DEL SISTEMA

- 3.1. ASPECTOS TÉCNICOS DE LOS COMPONENTES
- 3.2. CÁLCULOS DE ESFUERZOS EN LA BASE
- 3.3. CÁLCULOS DE ESFUERZOS EN LOS BRAZOS
- 3.4. CÁLCULOS DE ESFUERZOS EN LOS PERNOS
- 3.5. CÁLCULOS DE ESFUERZOS EN LAS BARRAS DE TRANSMISIÓN
- 3.6. CÁLCULOS DE ESFUERZOS EN LA TORRE
- 3.7. PAUTA BÁSICA DE MANTENCIÓN DEL SISTEMA
- 3.8. GUÍA PARA LA OPERACIÓN SEGURA DEL SISTEMA
- 3.9. OPERACIÓN DEL SISTEMA
- 3.10. ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA
- 3.11. CICLOS DE FUNCIONAMIENTO
- 3.12. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA
- 3.13. INDICADORES
 - 3.13.1. Valor actual neto (VAN)
 - 3.13.2. Tasa interna de retorno (TIR)
 - 3.13.3. Periodo de recuperación PRI
 - 3.13.4. Horizonte del proyecto
 - 3.13.5. Depreciación
 - 3.13.6. Costos por accidentabilidad
 - 3.13.7. Accidentes con tiempo perdido (CTP)
- 3.14. EHS
- 3.15. COSTOS DEL SISTEMA
- 3.16. COMPONENTES DISEÑADOS DEL SISTEMA
 - 3.16.1. Otros componentes reutilizados
 - 3.16.2. Otros componentes reutilizados
- 3.17. FLUJO DE CAJA E INDICADORES

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1-1. Esquema del proceso productivo
- Figura 1-2. Plano de la fábrica BAT
- Figura 1-3. Fábrica de cigarrillos de British American Tobacco, Chile
- Figura 1-4. Ubicación de BAT en la V región / Comuna
- Figura 1-5. Máquina Cigarrera MK9
- Figura 1-6. Máquina Cigarrera Protos
- Figura 1-7. Máquina Empaquetadora GD. X2
- Figura 1-8. Acumulador B21
- Figura 1-9. Defensa existente en MAX
- Figura 1-10. Sector empalmes de papel Boquilla
- Figura 1-11. Grupo empalmador
- Figura 1-12. Peligros de la defensa actual del grupo empalmador
- Figura 1-13. Cigarrera con protección incorporada de tipo abatible
- Figura 1-14. Cigarrera con protección incorporada de tipo Neumático
- Figura 1-15. Planilla de incidentes BAT
- Figura 1-16. Accidente sufrido en sector empalme
- Figura 1-17. Documento de EHS, sobre causa raíz y medidas acordadas
- Figura 2-1. Bobina de papel boquilla (corcho)
- Figura 2-2. Sistema de detección de giro de porta bobinas
- Figura 2-3. Dispositivo virador de bobinas preparado para recibir nueva bobina
- Figura 2-4. Detección de código de barras para empalme de bobinas nuevas
- Figura 2-5. Recorrido del papel por los rodillo
- Figura 2-6. Inserción y posicionamiento de regleta
- Figura 2-7. Barra para inserción de cinta adhesiva
- Figura 2-8. Ubicación de regleta para cinta adhesiva en grupo empalmador
- Figura 2-9. Condición errónea para efectuar empalme
- Figura 2-10. Microswitch de la protección
- Figura 2-11. Cuchillos del aparato empalmador
- Figura 2-12. Protección manual
- Figura 2-13. Protección abatible
- Figura 2-14. Protección automática
- Figura 2-15. Espacio de giro del dispositivo
- Figura 2-16. Medida del ancho para el diseño
- Figura 2-17. Plantilla de cartón para molde y verificación de espacios
- Figura 2-18. Protección diseñada

Figura 2-19. Protección real de policarbonato

Figura 2-20. Vista superior de sector de instalación de la protección

Figura 2-21. Vista del soporte de la tolva

Figura 2-22. Medida de la base

Figura 2-23. Vista posterior de tolva de filtros con sistema de volteo desconectado

Figura 2-24. Cilindro y Base del sistema de bisagra de Tolva de filtros

Figura 2-25. Placa técnica del cilindro

Figura 2-26. Vista superior y posterior MAX

Figura 2-27. Esquema de componentes ensamblados

Figura 2-28. Esquema de Base para la protección

Figura 2-29. Esquema de las barras de transmisión. Medidas en [mm]

Figura 2-30. Esquema de brazos

Figura 2-31. Esquema de los tornillos. Medidas en [mm]

Figura 2-32. Esquema de los espaciadores. Medidas en [mm]

Figura 2-33. Base perforada

Figura 2-34. Montaje del cilindro neumático

Figura 2-35. Torre o Pivote

Figura 2-36. Esquema de Torre de giro o “Pivote”

Figura 2-37. Montaje de los pernos

Figura 2-38. Unión de los brazos

Figura 2-39. Unión de barras al brazo de pivote

Figura 2-40. Montaje de base en MAX

Figura 2-41. Base configurada montada en MAX

Figura 2-42. Vista frontal del montaje en MAX

Figura 2-43. Defensa montada en brazos con refuerzos laterales

Figura 2-44. Prueba manual de movimiento del sistema

Figura 2-45. Elementos neumáticos del sistema

Figura 2-46. Circuito neumático

Figura 4-1. Peso de la protección

Figura 4-2. Esquema de esfuerzos en la base

Figura 4-3. Esquema de esfuerzos de pandeo

Figura 4-4. Esquema del cálculo de brazos

Figura 4-5. Distancia de los brazos

Figura 4-6. Área sometida a esfuerzo

Figura 4-7. Diagrama de esfuerzos

Figura 4-8. Torre de giro

Figura 4-9. Sistema de protección elevado

Figura 4-10. Defensa posicionada

Figura 4-11. Esquema de palanca del accionamiento
Figura 4-12. Objetivos de seguridad establecidos por EHS

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1-1. Accidentes con tiempo perdido CTP desde el año 2014 a 2016
- Tabla 1-2. Accidentes sin tiempo perdido STP desde el año 2014 a 2016
- Tabla 1-3. Promedio accidentes
- Tabla 2-1. Instrumento de evaluación
- Tabla 3-1. Composición Química SAE 1045.
- Tabla 3-2. Propiedades Mecánicas SAE 1045
- Tabla 3-3. Pauta básica
- Tabla 3-4. Costos de componentes fabricado
- Tabla 3-5. Componentes neumáticos
- Tabla 3-6. Flujo de caja
- Tabla 3-7. Indicadores

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: OTRAS FOTOGRAFÍAS.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la seguridad en las industrias ya no es un concepto que se trate a la ligera, puesto que existen regulaciones, normas, leyes, etc., enfocadas a resguardar la integridad de los trabajadores en su labor diaria. Décadas atrás, la mayoría de las maquinarias no estaban dotadas de guardas o protecciones, solo se concebían para su función final sin considerar, por ejemplo, su ergonomía o seguridad operacional.

Siguiendo este lineamiento, BAT Chile, ha implementado planes y programas enfocados a mantener ambientes y espacios seguros para sus trabajadores. Entre las varias medidas que se han adoptado, se desprende el análisis de posibles riesgos que pueda existir en el entorno que rodea a la labor realizada en las secciones de producción PMD, SMD y FMD.

BAT Chile, ha sido la evolución de CHILETABACOS, lo que ha traído consigo un sinnúmero de nuevas tecnologías, entre ellas, máquinas con mejores sistemas de bloqueo, guardas y seguridad en su operación, sin embargo, aún se siguen usando las máquinas de más larga data que no cuentan con todos sus espacios debidamente protegidos (partes móviles) con este tipo de sistemas, por lo que se hace imperativo otorgar a los operarios espacios de trabajo seguros y libres de riesgos.

Se pretende dar solución a esta condición insegura por medio del diseño y puesta en marcha de un sistema funcional y ergonómico que permita al operario desarrollar su labor de manera segura al preparar los empalmes de papel boquilla, además de lograr ser un aporte en su seguridad y el desarrollo de sus funciones diarias como operador.

Cabe destacar que este sistema ha sido diseñado en base a la propia experiencia y conocimientos adquiridos en el plan de estudios por lo cual el presente documento brindará como resultado la validación del diseño por medio de la comparación de lo que se instaló y/o fabricó para la puesta en marcha del sistema, con los datos que serán obtenidos como resultado de la ejecución de este escrito, lo que permitirá corregir o replicar el sistema en otras máquinas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema, contemplando el diseño, instalación y puesta en marcha para el sector de “empalmes de papel boquilla” de máquinas cigarreras para su sector MAX.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Aplicando la propia experiencia junto a los conocimientos adquiridos en el plan de estudios, lograr identificar falencias del sector en cuanto a aspectos de seguridad para el desarrollo de un sistema de protección.
2. Lograr una correcta función de todos los elementos y partes que componen el sistema de protección, procurando utilizar materiales y elementos apropiados para cada parte del sistema.
3. Evaluar los costos y los beneficios del sistema para obtener una retroalimentación sobre la viabilidad del sistema y su replicación en otras máquinas.

CAPÍTULO 1: PLANTEO DEL PROBLEMA

1. PLANTEO DEL PROBLEMA

1.1. LA ORGANIZACIÓN

British American Tobacco Chile cuenta con productos fabricados con los más altos estándares internacionales de calidad. En Chile se comercializan 7 marcas de cigarrillos: Kent, Lucky Strike, Dunhill, Pall Mall, Belmont y Hilton. Distribuye productos para mayores de edad quienes, informada y voluntariamente, deciden fumar. Apoya toda iniciativa tendiente a evitar y desincentivar la venta y el consumo de cigarrillos por parte de los menores de edad.

British American Tobacco Chile es una compañía que cuenta con una historia de más de 100 años de presencia empresarial en Chile, que se inició en 1909 en la ciudad de Valparaíso y que hoy tiene cerca de 1.000 empleados capacitados para responder a los más grandes y exigentes desafíos.

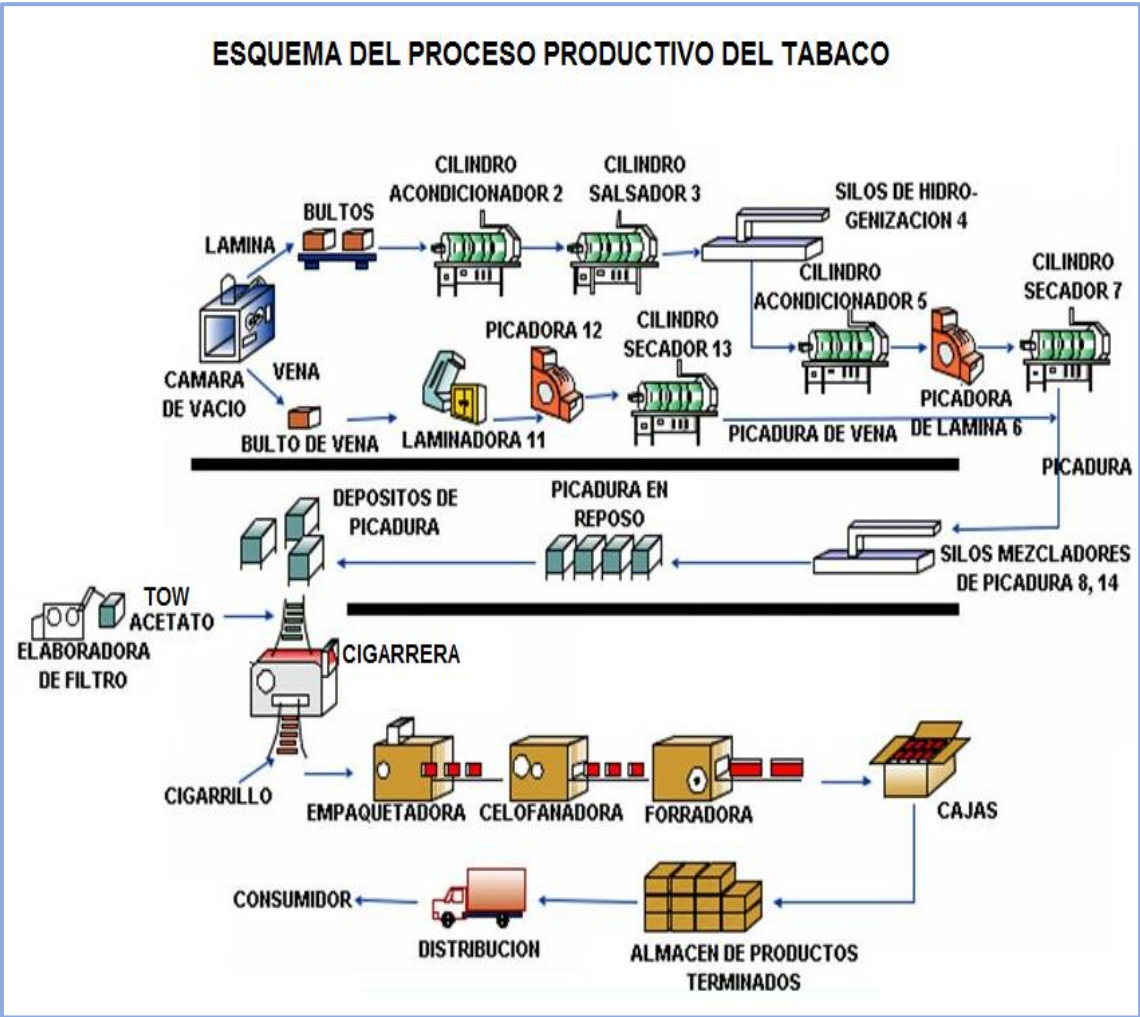
Es parte del Grupo British American Tobacco -con más del 99% del paquete accionario-, la más grande y extensa compañía internacional de tabaco. A través de su filial BAT Chile S.A., comercializa y distribuye productos de excelencia aplicando los más altos estándares internacionales, liderando el mercado con una participación del 93%. La compañía atiende a más de 27 mil puntos de venta a lo largo y ancho de Chile, comercializando productos para mayores de edad, quienes, informada y voluntariamente, deciden fumar. De esta forma, apoyamos toda iniciativa tendiente a evitar y desincentivar la venta y el consumo de cigarrillos por parte de los menores de edad.

1.2. PRINCIPIO DE NEGOCIO

Administrar el negocio con honestidad, integridad y transparencia no sólo es correcto, sino también crítico para el desarrollo de un negocio responsable, exitoso y sustentable en el largo plazo. Mientras que los Principios de Negocio expresan las creencias y valores como organización, los Estándares de Conducta de Negocio expresan los altos estándares de integridad comercial que requerimos de nuestros empleados y tienen un rol clave en la estrategia.

1.3. CONTEXTO OPERACIONAL

El desarrollo de este proyecto se lleva a cabo en la fábrica de cigarrillos de British American Tobacco, Chile Operaciones, en la sección SMD (Secondary Manufacturing Department) del área de producción. A continuación, se presenta un diagrama esquemático del proceso al cual es sometido el tabaco para convertirse en cajetillas de cigarrillos.

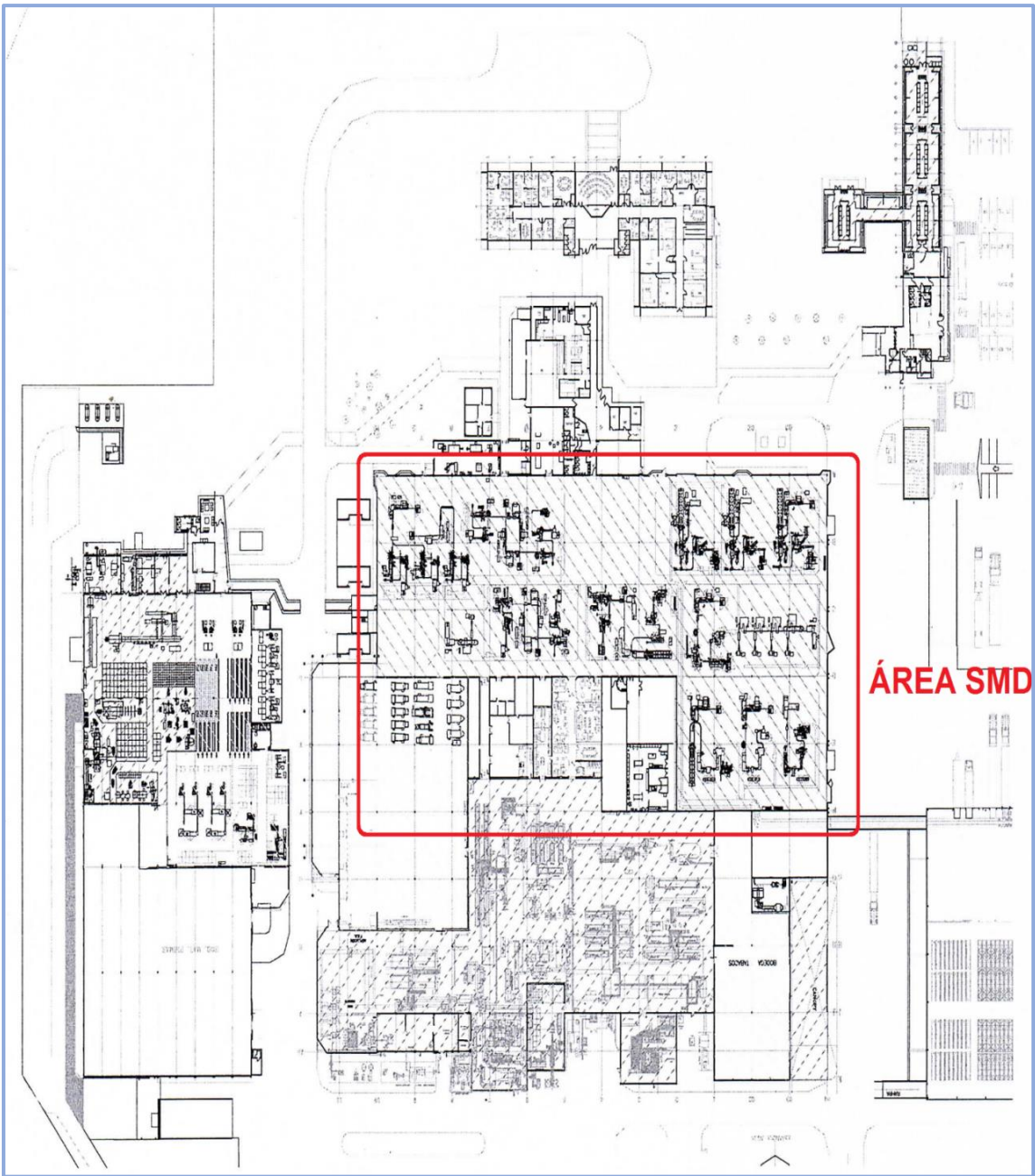


Fuente: Elaboración propia en base a proceso productivo del tabaco

Figura 1-1. Esquema del proceso productivo.

En la imagen se aprecia el proceso productivo del tabaco desde su llegada a la fábrica para ser procesado, hasta la elaboración y despacho del producto final, destacando en el esquema la ubicación y en qué momento desarrolla su participación la máquina cigarrera.

Plano de la fábrica en donde se señala la ubicación del área de S.M.D. Dicha área es la encargada de la elaboración de las cajetillas en diferentes formatos de configuración como 10's, 20's y 6+X.



Fuente: Elaboración propia en base a información documentada en planta.

Figura 1-2. Plano de la fábrica BAT

1.4. UBICACIÓN



Fuente: Fotografía propia tomada a la fábrica.

Figura 1-3. Fábrica de cigarrillos de British American Tobacco, Chile.

British American Tobacco, Chile Operaciones, se encuentra ubicada en la V región, en la ruta 68 a la altura de la ciudad de Casablanca, con dirección sector la Rotunda sin número. BAT Chile (ex Chiletabacos), es una empresa con más de 100 años en el mercado tabacalero y uno de los principales productores de cigarrillos a nivel nacional, con un 95% app. del mercado.



Fuente: www.google.cl/maps

Figura 1-4. Ubicación de BAT en la V región / Comuna.

Se ubica estratégicamente entre dos de los principales puertos de la zona como Valparaíso y San Antonio, además de su cercanía al aeropuerto de Santiago, donde se comercializan productos en la zona Duty Free.

1.5. PROBLEMÁTICA

La sección SMD, Secondary Manufacturing Department (en la que se desarrolla este proyecto), es la encargada de transformar la materia prima de la fábrica en el producto terminado, cajas con cartones de cajetillas de cigarrillos.

La sección de SMD se divide en grupos de máquinas que cuentan con una cigarrera (fabricación de cigarrillos) y una empaquetadora (fabricación de cajetillas), conectadas solamente a través del ciclo de la alimentación de cigarrillos y con un funcionamiento independiente una de la otra, hasta cierto nivel, gracias un equipo acumulador de cigarrillos que funciona como contención de las paradas que pudiesen ocurrir en las máquinas cigarrera y empaquetadora.

- Cigarrera Hauni, modelo MK9
- Acumulador G.D. modelo B-21
- Empaquetadora G.D. modelo X-2



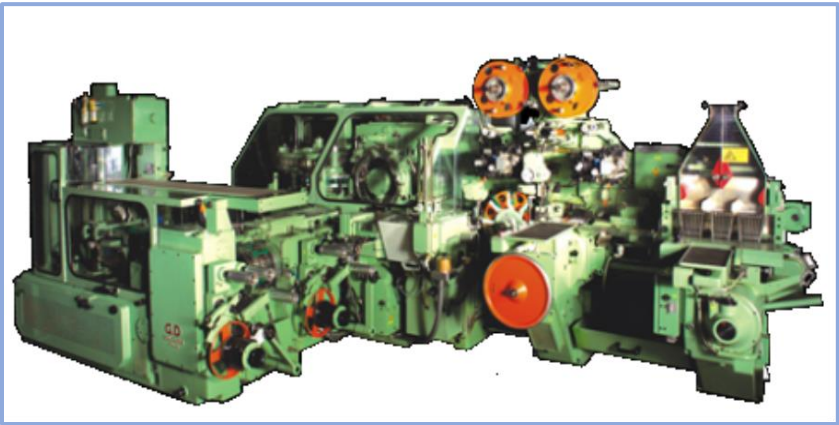
Fuente: Catálogo de Máquinas / HAUNI.

Figura 1-5. Máquina Cigarrera MK9



Fuente: Catálogo de Máquinas / HAUNI.

Figura 1-6. Máquina Cigarrera Protos.



Fuente: Catálogo de Máquinas / HAUNI.

Figura 1-7. Máquina Empaquetadora GD. X2.



Fuente: Catálogo de Máquinas / HAUNI.

Figura 1-8. Acumulador B21.

Las máquinas cigarreras de los modelos: PROTOS y MK9 que se encuentran en la planta deben ser acopladas a otra máquina llamada “MAX”, la que representa aproximadamente el 50% de la máquina y ambas conforman una cigarrera. El funcionamiento de la MAX es principalmente a través de tambores con aire y vacío, por medio de los cuales se va dando forma al cigarrillo a medida que va pasando por cada tambor, los cuales cumplen además labores de control y descarte. Las MAX pueden acoplarse a modelos PROTOS y MK9. En la máquina se encuentra el sector donde se realizan los empalmes de papel boquilla, papel que es el encargado de envolver la parte filtrante de los cigarrillos.

Máquina cigarrera modelo PROTOS de la marca alemana HAUNI.

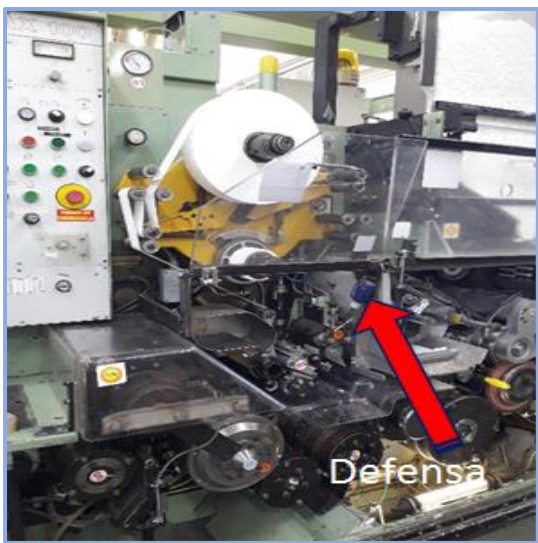


Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a máquina.

Figura 1-9. Defensa existente en MAX.

En este sector las MAX vienen provistas de una defensa frontal de policarbonato de 8 mm de espesor, que se utiliza para impedir el acceso a la zona de empalmes de bobinas de papel boquilla, sin embargo, no ofrece un resguardo total al operador ya que no cubre los alrededores de esta zona de peligro mientras se realiza el proceso automático de empalmes de bobinas, sector en el que conviven rodillos de tiraje, cuchillos y lugares de atrapamiento haciendo riesgoso su trabajo.

En la actualidad en el área de SMD, conviven máquinas cigarreras de los modelos: MK9, PROTOS , de la marca alemana HAUNI, las cuales comparten más de algún punto de funcionamiento en común, como por ejemplo el sector de empalmes del papel boquilla, sector que cuenta con movimientos automáticos, cuchillos y rodillos y es el encargado de generar un corte y posterior unión de 2 bobinas de papel para la parte llamada boquilla del cigarrillo, pudiendo tener este tipo de papel una gama de colores, diseños, texturas y diferentes anchos.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a máquina.

Figura 1-10. Sector empalmes de papel Boquilla



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a máquina.

Figura 1-11. Grupo empalmador.

A diferencia de otros modelos más actualizados que cuentan con el sector de empalmes de papel boquilla debidamente protegido, las máquinas de más larga data vienen provistas de una defensa frontal de policarbonato de tipo abatible vertical y que se utiliza para impedir el acceso a la zona de empalmes de bobinas de papel boquilla en el momento en que la máquina realiza el ciclo automático de empalme, sin embargo, no ofrece un resguardo total al operador ya que no cubre los alrededores de esta zona de peligro, haciendo riesgoso el trabajo, y permitiendo que cualquier objeto pueda ingresar, obstruir o entorpecer el funcionamiento de la máquina.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a máquina.

Figura 1-12. Peligros de la defensa actual del grupo empalmador.

Se requiere del diseño, fabricación e instalación de un sistema que permita resguardar completamente al operario de los peligros de esta zona, pero al mismo tiempo que no entorpezca la labor que este realiza, otorgando una operación segura y ergonómica.

El dispositivo implementado deberá ser desarrollado de acuerdo con los espacios que ofrezca la máquina y en lo posible similares al funcionamiento y forma de dispositivos más actuales, tomando como referencia para el desarrollo del sistema, otras máquinas cigarreras que si posean una protección de este sector



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a máquina.

Figura 1-13. Cigarrera con protección incorporada de tipo abatible

Este tipo de defensa incorpora en su funcionamiento un sistema de protección abatible, el que solo es accionado por la fuerza del operario y se mantiene suspendida en su posición superior gracias a la acción de resortes y amortiguadores que ofrecen resistencia al peso de la propia defensa y a la fuerza ejercida por el operario para su cierre o apertura.

Este tipo de mecanismos al ser netamente de funcionamiento mecánico debe recibir una constante revisión y lubricación de los componentes móviles para su correcto funcionamiento, además de ser operado solo mediante fuerza manual.

La vida útil de los amortiguadores y resortes del sistema que ofrece esta protección son los que definen, principalmente, el momento en el que esta defensa pudiese presentar alguna falla como por ejemplo la caída repentina de la protección.

Por otra parte, la visibilidad del ciclo de empalme es muy reducida, por lo que se hace difícil para el operario observar si la acción se lleva a cabo de manera correcta.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a máquina.

Figura 1-14. Cigarrera con protección incorporada de tipo Neumático

Este tipo de defensa ha sido la evolución de la anterior ya que su funcionamiento se realiza de manera semiautomática gracias a la acción de un cilindro neumático que es accionado por el operario cada vez que requiera subir o bajar la protección.

Su principal característica es la ergonomía que ofrece ya que es el cilindro neumático acompañado de resortes y el mecanismo de levante los que ejecutan la labor de elevar la defensa, los que al mismo tiempo ofrecen un movimiento y permanencia de la protección suspendida. Una de las desventajas de esta defensa es la altura a la que puede llegar, lo que hace incomodo, a veces, la preparación del empalme. En estos sistemas todo el entorno que rodea al sector del empalmador queda cubierto, no así en las otras máquinas cigarreras más antiguas, donde solo se aprecia más que una defensa, una barrera que no ofrece real protección al operador.

En base a la experiencia, los conocimientos adquiridos a lo largo del proceso académico y los modelos de defensas de las cigarreras, se debe proyectar una protección para el sector de empalmes de bobinas de papel boquilla que cumpla con los requerimientos necesarios de otorgar un cómodo y seguro manejo por parte de los operarios. Los dos sistemas de protección antes nombrados vienen instalados de fábrica y su funcionamiento incluye partes que se encuentran instaladas en el interior de las máquinas. Para desarrollar el sistema de protección se debe tener en consideración lo delicado y costoso de ciertos componentes internos de la máquina, por lo que al desarrollar el sistema se deberá procurar que el montaje sea efectuado en el espacio exterior de la máquina.

1.6. JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN

1.6.1. Condición de riesgo del sector

Incidente		
Empresa BAT - Operaciones Casablanca	Área Grupo 25	Lugar Específico Oganera 25 mar
Causa Condición Subestandar	Nivel de Riesgo Medio	Investigación No incluye

Antecedentes del Hallazgo	
Informante  Nombre: Christian Leon Godoy Cargo: Cell Manager - SMO OVD: 81040795 Empresa: BAT - Operaciones Casablanca Área: Celula X12	Evidencia Hallazgo 

Nivel de Deficiencia Menor	Nivel de Exposición Varios veces tiempo breve	Gravedad Incapacidad temporal mayor a 1 día.
--------------------------------------	---	--

Descripción Faltó protección de empalmador de papel boquilla	
Consecuencias Instalar protección	

Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a máquina y planilla de incidentes BAT.

Figura 1-15. Planilla de incidentes BAT.

Esta planilla de incidentes de BAT muestra la condición detectada para ser corregida en las máquinas cigarreras con defensa de policarbonato abatible en el sector de empalmes de papel boquilla y transforma a este sector en un ambiente riesgoso, por lo cual deben presentarse acciones para mitigar y/o eliminar esta condición.

Accidente en sector empalmes de papel boquilla, ocurrido al manipular sistemas sin el debido procedimiento, entrenamiento y elementos de protección.

Del estudio anterior relacionado a lo inseguro del sector, se encarga la tarea a quien proyecta, (Mario Farías G.) de diseñar y elaborar un sistema que brinde una real protección a los operarios y al funcionamiento de la máquina.

1.6.3. Accidentabilidad

A continuación, se presenta tabla de accidentes ocurridos por año en BAT, en el periodo 2014 a 2016 y donde se consignan accidentes como el sufrido por el técnico en el sector de empalmes de papel boquilla.

Tabla 1-1. Accidentes con tiempo perdido CTP desde el año 2014 a 2016.

<i>FECHA</i>	<i>NOMBRE TRABAJADOR</i>	<i>EMPRESA</i>	<i>ÁREA</i>	<i>TIPO</i>	<i>DÍAS X</i>
31-01-2014	Camilo Barraza	BAT	CX12	CTP	12
01-10-2014	Héctor Olivares	BAT	BMP	CTP	5
10-10-2014	Juan Azocar Duran	BAT	C4	CTP	8
08-01-2015	Jorge Díaz	BAT	CX12	CTP	12
03-03-2015	Humberto Saavedra	BAT	CX3	CTP	15
18-05-2015	Carlos Sauvat	BAT	CX12	CTP	8
19-05-2015	Pedro Balladares	BAT	C5	CTP	5
04-09-2015	José Leon	BAT	C4	CTP	8
07-12-2015	Jairo Carreño	BAT	C3	CTP	10
30-07-2016	Leo Lisboa	BAT	CX12	CTP	15
10-08-2016	Daniela Gastó loyola	BAT	BAT	CTP	5
10-08-2016	Raul Rojas Jimenez	BAT	C4	CTP	4
10-08-2016	Miguel Astudillo Diaz	BAT	C4	CTP	12

Fuente: Elaboración propia en base a registro de sistema de gestión.

Tabla 1-2. Accidentes sin tiempo perdido STP desde el año 2014 a 2016.

<i>FECHA</i>	<i>NOMBRE TRABAJADOR</i>	<i>EMPRESA</i>	<i>ÁREA</i>	<i>TIPO</i>	<i>DÍAS X</i>
20-08-2014	Héctor Olivares	BAT	BMP	STP	2
13-10-2014	Osvaldo Simpson Arancibia	BAT	CX12	STP	1
24-12-2014	Francisco Villena	BAT	C5	STP	3
07-02-2015	Antonio Lucero Delgado	BAT	C5	STP	1
16-06-2015	Gino Sarocchi	BAT	ING	STP	1
09-07-2015	Roberto García	BAT	ING	STP	2
21-07-2015	Gonzalo Araya	BAT	C3	STP	1
24-09-2015	Eduardo Ramos	BAT	C7	STP	3
16-03-2016	Mauricio Serey	BAT	C4	STP	4
01-12-2016	Alejandro Cabezas Flores	BAT	C7	STP	1
20-08-2014	Héctor Olivares	BAT	BMP	STP	2
13-10-2014	Osvaldo Simpson Arancibia	BAT	CX12	STP	1
24-12-2014	Francisco Villena	BAT	C5	STP	3

Fuente: Elaboración propia en base a registro de sistema de gestión.

1.7. PROMEDIO ANUAL DE ACCIDENTES CTP/STP

Tabla 1-3. Promedio accidentes

AÑO	CTP/AÑO	STP/AÑO
2014	3	3
2015	6	5
2016	3	2
2017	2	1
PROM.	3,5	2,75

Fuente: Elaboración propia en base a registro de sistema de gestión.

Las entidades que regulan a las empresas en el ámbito de las leyes laborales observan la tasa de accidentabilidad como uno de los indicadores al momento de fijar el porcentaje que deberá pagar el empleador por conceptos de seguro laboral de accidentes por cada trabajador.

$$\text{❖ Tasa de accidentabilidad} = \frac{\text{Cantidad de accidentes en el periodo} \times 100}{\text{Promedio de trabajadores en el periodo}}$$

$$\text{❖ Tasa de siniestralidad} = \frac{\text{Cantidad de días perdidos en el periodo} \times 100}{\text{Promedio de trabajadores en el periodo}}$$

En el caso de BAT Chile, el promedio general diario es de aproximadamente 370 trabajadores.

$$\text{❖ Tasa de accidentabilidad BAT} = 23 \times 100 = 6,22 \% = 370$$

$$\text{❖ Tasa de siniestralidad BAT} = 138 \times 100 = 37,3 \% = 370$$

La meta de BAT, en estos días es reducir a cero los accidentes por año y por periodo (2 años) y así reducir además el costo adicional que se genera al elevar sus tasas de accidentabilidad y siniestralidad.

1.8. ANALISIS FODA

Este análisis permite especificar de manera fácil y aceptando en primera instancia toda idea que surja a favor o en contra de un proyecto. Permite además fijar objetivos claros para los vencer las barreras y/o desafíos que este deba enfrentar.

❖ FORTALEZAS:

- Brinda espacios seguros de trabajo
- Diseño ergonómico y funcional
- Funcionamiento Semi-automático

❖ OPORTUNIDADES:

- Mejoras en el diseño
- Evaluación del funcionamiento
- Diseñar plan de mantenimiento

❖ DEBILIDADES:

- Fallas en la lubricación
- Falla en la operación de la protección
- Falla de los componentes
- Mala instalación
- Roturas en la protección

❖ AMENAZAS:

- Ocurrencia de accidente a pesar de estar la protección
- Mal uso de la protección
- Personal no apto manipulando este tipo de sistemas
- Falta de entrenamiento
- Existencia de energías latentes, como presión de aire y peso por gravedad.

Se desprende de este análisis que la principal preocupación por parte de BAT, al momento de manipular un dispositivo de protección como el que se plantea, requiere del conocimiento y entrenamiento por parte de los operadores, sobre el funcionamiento de este tipo de sistemas y los peligros potenciales a los que puede verse enfrentado.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

2. MARCO TEÓRICO Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

2.1. SITUACIÓN SIN PROYECTO

2.1.1. Funcionamiento del dispositivo empalmador

Las máquinas cigarrera y empaquetadoras incorporan en su funcionamiento distintos tipos de papeles para la fabricación de los cigarrillos, los que vienen dispuestos en bobinas de diferentes medidas y especiales para las distintas especificaciones de funcionamiento de la máquina.

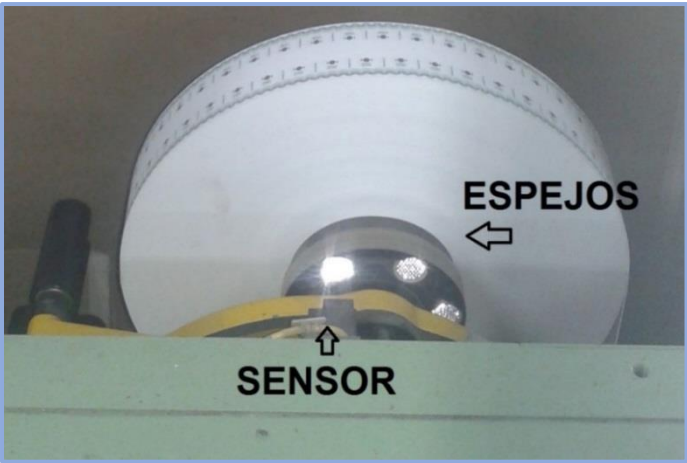
Una de ellas es la bobina de papel boquilla o denominada también como bobina de papel “corcho” por su distintiva semejanza a este material, en ciertas versiones de este papel, la que se usa para la envoltura del filtro del cigarrillo.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a bobina.

Figura 2-1. Bobina de papel boquilla (corcho).

A medida que la bobina de papel boquilla se va consumiendo en la máquina, su diámetro va disminuyendo y por lo tanto su velocidad de rotación aumenta. Este cambio es detectado por un sensor, el que funciona a través de la reflexión que ofrecen 6 espejos redondos incorporados en la parte posterior de los porta bobinas de papel boquilla, por lo que el valor de agote y termino de las bobinas puede ajustarse desde los parámetros electrónicos de la máquina.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a sistema de detección.

Figura 2-2. Sistema de detección de giro de porta bobinas.

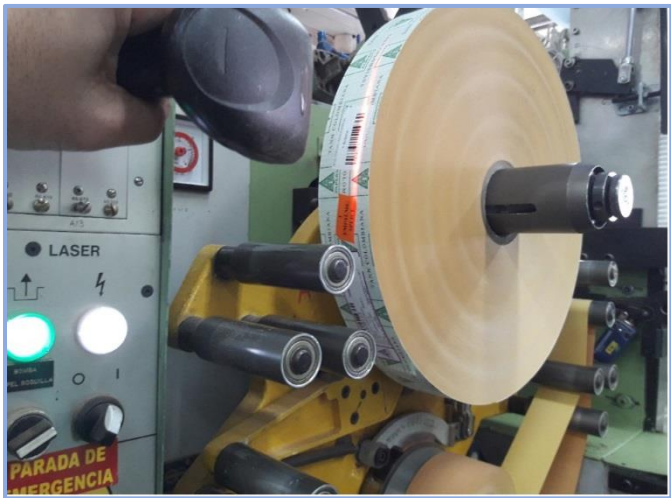
Cuando la bobina que se encuentra trabajando alcanza el valor mínimo seteado en su desarrollo y para dar tiempo al empalme, el dispositivo virador de bobinas gira automáticamente en 180° llevando la bobina desde la parte superior a la parte inferior, posición de giro que también es detectada por un sensor.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a bobinas.

Figura 2-3. Dispositivo virador de bobinas preparado para recibir nueva bobina.

Cuando el dispositivo virador alcanza esta posición, el porta bobinas superior que contiene la bobina agotada, libera el cono vacío de la bobina por medio de aire comprimido aplicado sobre el sistema de sujeción y es posible entonces instalar una nueva bobina, la que es detectada y posteriormente sostenida por el porta bobinas previa lectura del código de barras impreso en ella. Una vez que la máquina ha reconocido el nuevo material, es desactivada la entrada de aire al porta bobinas, activando el sistema de sujeción.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a detcción de códigos.

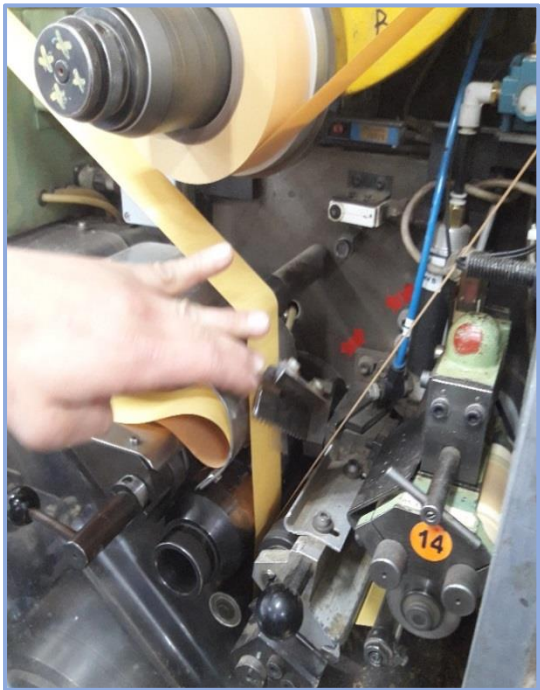
Figura 2-4. Detección de código de barras para empalme de bobinas nuevas.

Una vez tomada la bobina nueva, debe prepararse su empalme con la bobina que se está consumiendo, para lo cual el operario debe realizar el procedimiento manual de carga de la nueva bobina. Para esto se debe desenrollar un poco de bobina y obtener papel para hacerlo pasar por una serie de rodillos, los cuales forman parte del sistema de desenrolle y frenos de las bobinas.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a recorrido del papel.

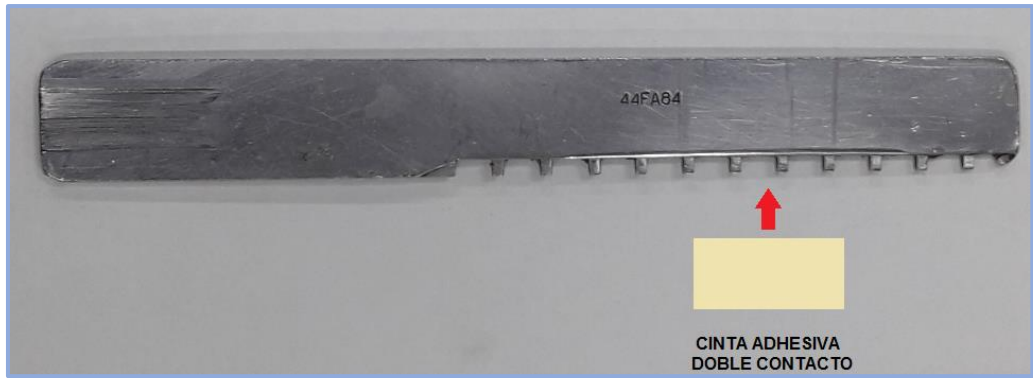
Figura 2-5. Recorrido del papel por los rodillo



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a regleta.

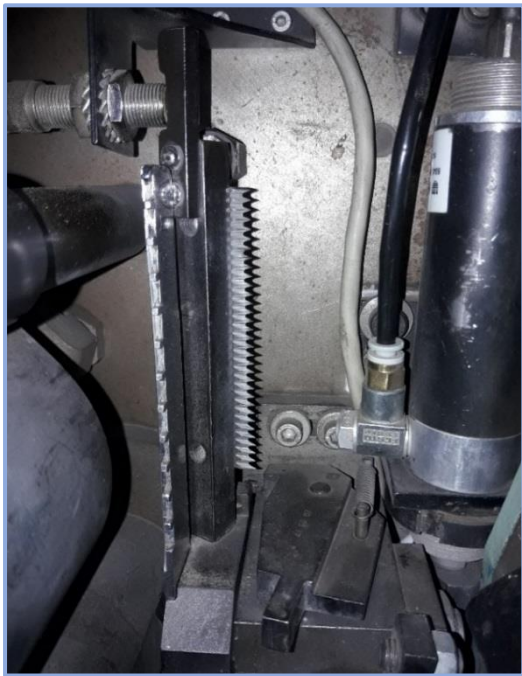
Figura 2-6. Inserción y posicionamiento de regleta

Junto con esto, se debe insertar un trozo de papel adhesivo en una regleta especial (peineta) para este propósito y ubicarla en su posición de trabajo, con esto se logra la correcta unión entre las dos bobinas.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a barra para insercción.

Figura 2-7. Barra para inserción de cinta adhesiva.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a ubicación de regleta.

Figura 2-8. Ubicación de regleta para cinta adhesiva en grupo empalmador.

Al igual que en el giro del dispositivo virador, la máquina usa los espejos insertos en los porta bobinas para determinar el término de una bobina y dar comienzo al empalme de nueva bobina, sin embargo si la regleta porta cinta no está virada hacia abajo en su posición de trabajo y si el sistema de protección actual (puerta abatible de policarbonato) se encuentra abierto hasta agotarse la bobina que se está consumiendo, la máquina no realizará el empalme y se detendrá por esta condición, debido a la acción de un microswitch del tipo final de carrera inserto en la protección, indicando en el monitor el siguiente mensaje: “MAX RESERVA DE PAPEL”.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a condición errónea.

Figura 2-9. Condición errónea para efectuar empalme.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a microswitch.

Figura 2-10. Microswitch de la protección.

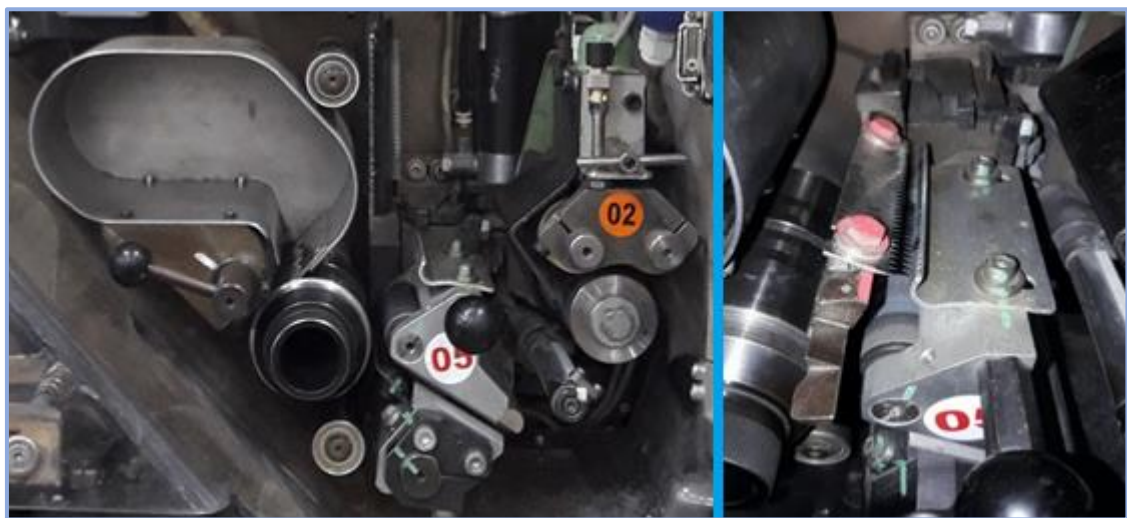
Si las condiciones antes mencionadas se encuentran en su estado correcto, la maquina procederá a realizar la siguiente secuencia.

Un dispositivo de embrague inductivo (13) da comienzo al giro del rodillo acelerador (11) a velocidad de empalme. Al alcanzar la velocidad de cambio y por medio del accionamiento de un cilindro neumático (2 bar) ubicado detrás de la placa base del dispositivo, se hace avanzar el dispositivo porta rodillo (20).

Cuando comienza el agote de la bobina que está trabajando (A), el rodillo de apriete (17) presiona al papel contra la cinta adhesiva (K) y el nuevo papel de emboquillado (N) es pegado al antiguo. Simultáneamente la cuchilla (14) corta el resto de papel que se está terminando y la cuchilla (19) corta el trozo sobrante del papel de emboquillado nuevo.

Una vez realizado el empalme, el tornillo (16) golpea contra el bloqueador (15), en ese momento el porta cuchilla y regleta porta cinta son virados hacia arriba, fuera del área de empalme. Luego de transcurrida esta acción, el porta rodillo es vuelto a su posición inicial por un resorte en el cilindro neumático.

Una vez realizado este ciclo, la máquina descartará alrededor de 100 cigarrillos para asegurar que la cinta de empalme que irá en 2 de los cigarrillos fabricados sea descartada. Esta acción concluye el ciclo de empalme y solo entonces puede ser abierta la defensa del sector.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a cuchillos del aparato empalmador.

Figura 2-11. Cuchillos del aparato empalmador.

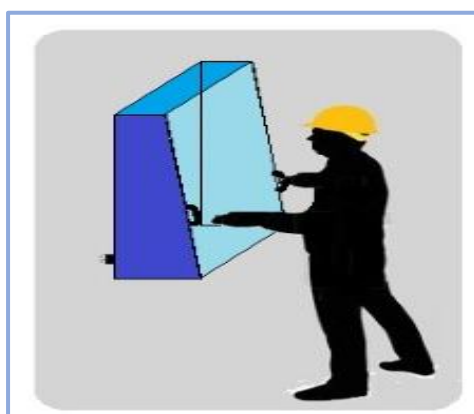
2.2. SOLUCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

2.2.1. Alternativas de solución

El presente trabajo requirió el uso de técnicas de generación de ideas y soluciones, así como de la experiencia de técnicos y operarios. La técnica de Tormenta de ideas es una herramienta que facilita el surgimiento de propuestas para dar solución a una problemática y sin descartar o cuestionar, en el inicio, ninguna de las ideas propuestas, por más irrealizable que parezca. Tomando en cuenta la experiencia en las máquinas junto a las opiniones y criterios expuestos por los propios operarios y técnicos de las máquinas cigarreras, se exponen a continuación 3 posibles alternativas de solución a la problemática presentada, las que serán evaluadas para definir la más óptima.

❖ Protección desmontable:

Como su nombre lo indica, este sistema debe funcionar manualmente y posibilitar su montaje y desmontaje en forma rápida y fácil, mediante mañillas instaladas en la protección. Este sistema debe ofrecer una defensa de material transparente en su mayor parte (policarbonato) y cubrir todo el entorno operacional del aparato virado de bobinas. Debe contener una clavija en su estructura, la que al momento de su montaje encajará en un microswitch inserto en la máquina, lo que posibilitará el empalme. Debido al carácter de desmontable y para prevenir posibles roturas, deberá estar provista de un armazón o esqueleto que conserve su estructura. Al momento de efectuar, el operario, la preparación del empalme, debe retirar la protección y una vez listo deberá insertarla nuevamente en la máquina.

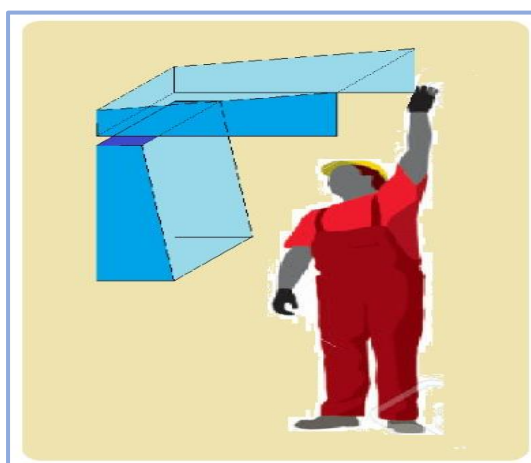


Fuente: Elaboración propia en base a modelo de protección manual.

Figura 2-12. Protección manual

❖ Protección abatible:

Este dispositivo, al igual que anterior, debe ofrecer la mayor visibilidad posible junto con brindar la más amplia cobertura al sector de empalmes. Debe estar acoplado a la máquina por medio de algún tipo de bisagra o pivote en su parte superior que permita al operario abrir y cerrar la protección solo con su fuerza. Además de una manija, debe poseer algún sistema de resortes o amortiguadores, que le permitan mantenerse suspendida mientras se realiza el proceso de preparación del empalme. Será igualmente necesario un esqueleto que asegure la duración de la protección, ya que toda la fuerza generada por el operador pasará a través de ella al momento de la apertura o cierre.

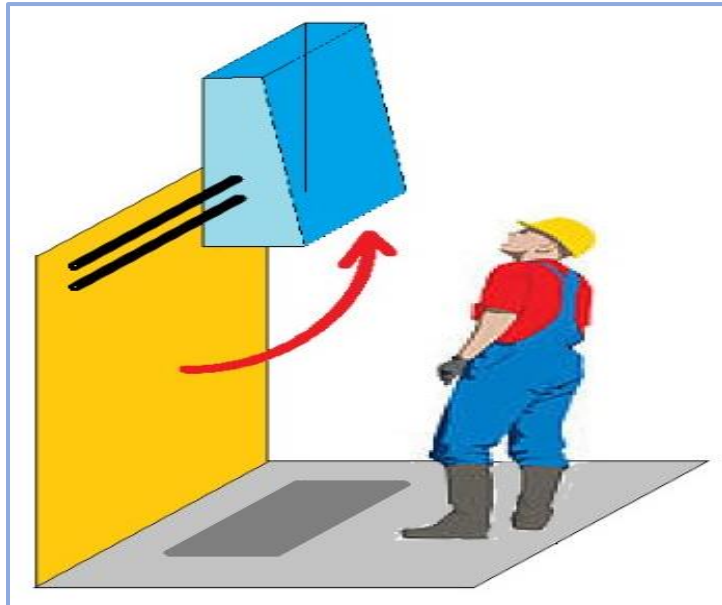


Fuente: Elaboración propia en base a modelo de protección abatible.

Figura 2-13. Protección abatible

❖ Protección automática:

Esta defensa debe funcionar de manera automática en su ascenso y descenso procurando que, en su posición de apertura, no obstruya la tarea del operador. Su movimiento debe realizarse sin la intervención o esfuerzo físico del operario y de manera controlada. De la misma forma que los sistemas anteriores, debe ofrecer una amplia visibilidad y resguardar al operario de todo el sistema empalmador. Su accionamiento debe también ser cómodo y seguro para el operador.



Fuente: Elaboración propia en base a modelo de protección automática.

Figura 2-14. Protección automática.

2.3. CARACTERÍSTICA Y REUQUERIMIENTOS TÉCNICOS DEL SISTEMA

Para la selección de la defensa el siguiente instrumento evalúa las alternativas propuestas anteriormente (A, B, C), desde el punto de vista de las características y requerimientos que debe presentar el sistema. La alternativa más viable, desde el punto de vista de la puntuación de las características requeridas, será una guía para la selección del sistema.

Tabla 2-1. Instrumento de evaluación.

<i>ASPECTO</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Visibilidad	3	3	3
Ergonomía (esfuerzo)	1	2	3
Operación (facilidad)	1	2	3
Costos de realización	3	2	1
Seguridad (protección al operador)	3	3	3
Durabilidad (integridad)	1	2	3
TOTAL	12	14	16

1 = representa un valor bajo; 2 = representa un valor medio; 3 = representa un valor alto.

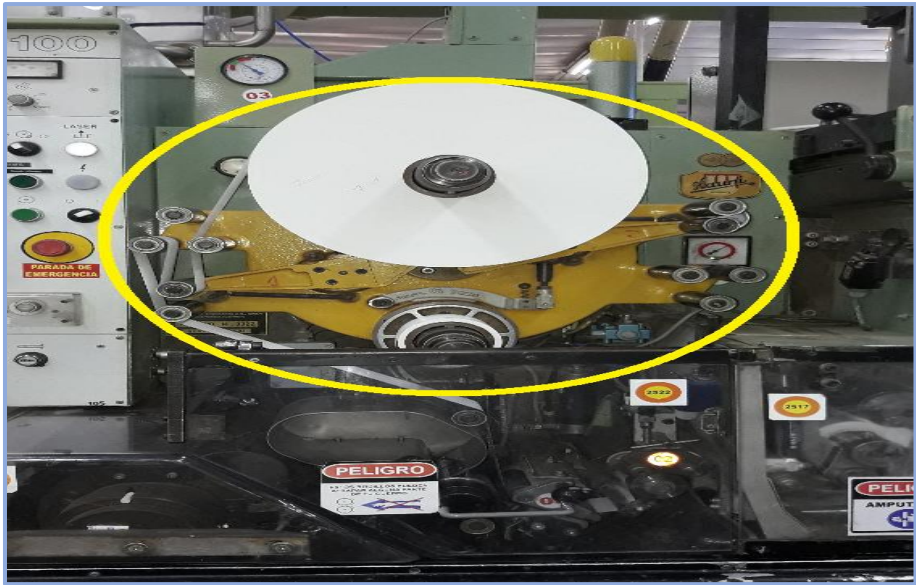
Fuente: Elaboración propia en base información de instrumentos de evaluación.

De la tabla anterior se destaca la opción 3 que reúne mayores condiciones para el sistema. Debe considerarse además el uso de partes inutilizadas de otros mecanismos, que serán considerados para formar parte de este sistema, lo que trae, sin lugar a duda importantes ahorros en cuanto a la adquisición de componentes para la puesta en marcha de la defensa.

2.4. **DESARROLLO DEL SISTEMA**

De acuerdo con los instrumentos antes analizados se desprende que la mejor opción para el desarrollo del sistema es una protección de funcionamiento automático controlado por el operador.

Para el desarrollo de un sistema de estas características se debe definir cuál es el área que se quiere mantener aislada al momento del empalme y sus funciones automáticas. Para ello debe tenerse en cuenta el giro del dispositivo virador de bobinas y el espacio que utiliza al realizar su movimiento.

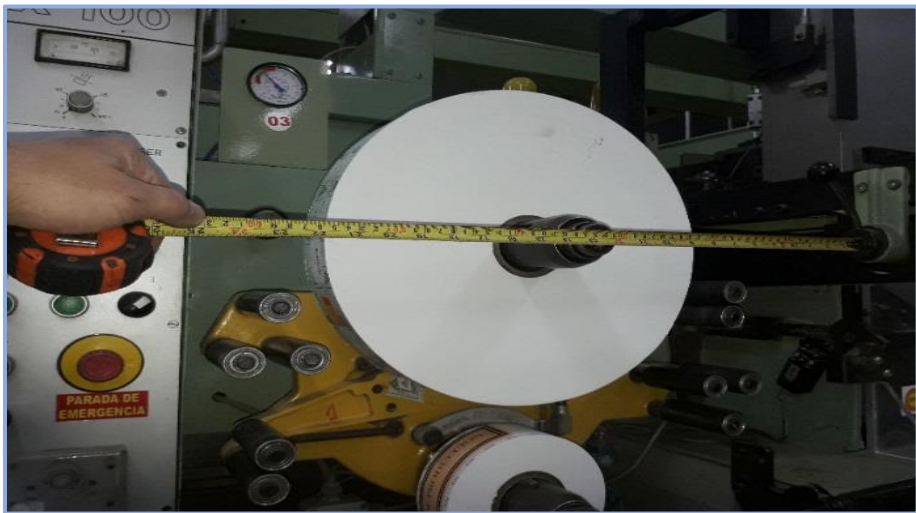


Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a maquinaria.

Figura 2-15. Espacio de giro del dispositivo.

En amarillo se indica el espacio que usa el giro del aparato virador de bobinas, considerando los rodillos por los que debe pasar el papel.

El ancho de la protección estará definido entre el panel de controles y la tolva de filtros de la MAX, que será de aproximadamente 63 cm, distancia que cumple con la condición de cubrir todo el espacio, en su ancho, y además no entorpece el giro del aparato virador de bobinas. La altura será definida dando espacio igualmente al aparato virador en su altura máxima (95 cm).

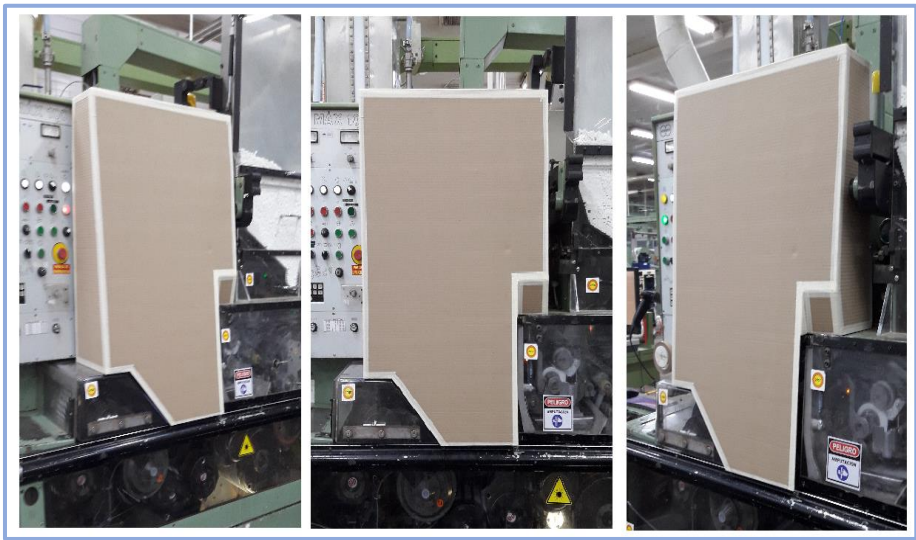


Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a maquinaria.

Figura 2-16. Medida del ancho para el diseño.

Como segundo paso se elabora una plantilla de cartón que otorga la posibilidad de observar los espacios a cubrir, además de permitir corroborar que al momento de la operación del sistema virador de bobinas, ésta no obstruya o entorpezca el libre trabajo de éste.

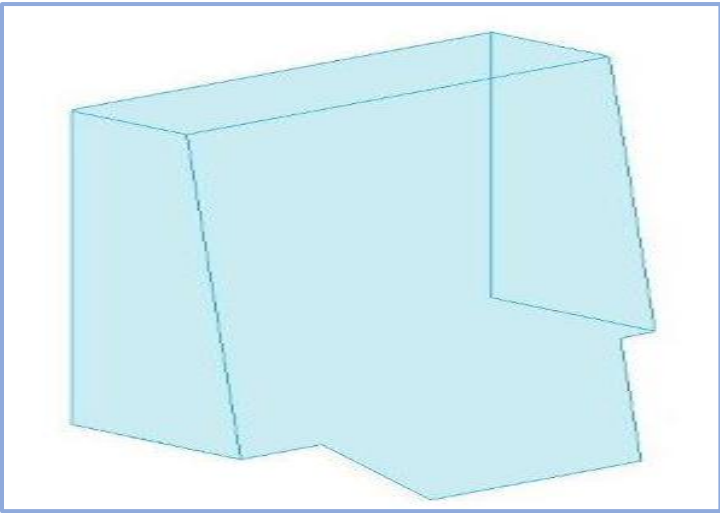
La plantilla permitirá además realizar modificaciones en su estructura y así obtener un modelo lo más fiel posible a los espacios del sector.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a maquinaria.

Figura 2-17. Plantilla de cartón para molde y verificación de espacios.

Una vez terminado el modelado de la plantilla, ésta se debe fabricar en un material transparente como el policarbonato y en un espesor de 8 mm, logrando así igualar los espesores de otras defensas que posee la máquina, junto con otorgar una buena rigidez y durabilidad al sistema.



Fuente: Elaboración propia en base a modelo de protección.

Figura 2-18. Protección diseñada.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a maquinaria.

Figura 2-19. Protección real de policarbonato.

Una vez realizada la plantilla, se debe proceder al desarrollo del mecanismo de elevación de la defensa, el cual estará anclado en la parte superior del sector de empalmes de bobinas, ya que el espacio de trabajo en que la protección deberá desenvolverse será en dirección ascendente y descendente y es además el espacio más libre para los movimientos de la defensa.

Se debe tener en consideración al momento del diseño, que el espacio en la parte superior para la base del mecanismo es menor al ancho total de la protección.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a maquinaria.

Figura 2-20. Vista superior de sector de instalación de la protección.

Como se aprecia en las imágenes, existe un soporte que sostiene al depósito o tolva de “filtros”, los que son enviados a través de ductos presurizados desde otra sección llamada FMD y que se almacenan hasta cierto nivel en dicha tolva.



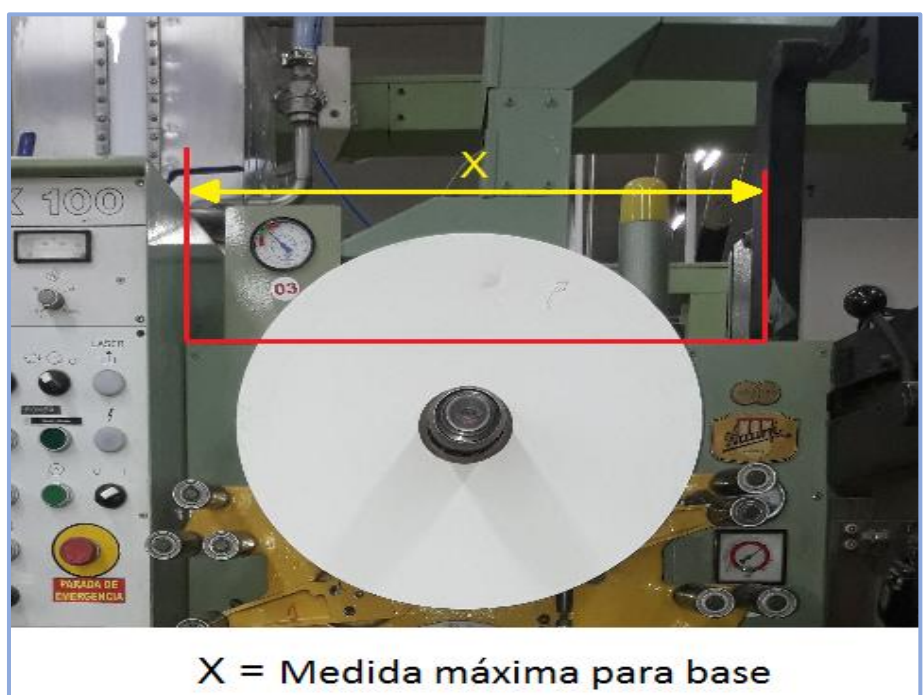
Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a maquinaria.

Figura 2-21. Vista del soporte de la tolva.

Este soporte junto con la pared del tablero de mandos son los que darán la medida del ancho definitivo de uso para la base del sistema.

2.5. **DESARROLLO DE LA BASE DEL SISTEMA**

Antes de avanzar en el desarrollo del sistema se debe consignar que éste fue desarrollado a partir de la experiencia y conocimientos en el área de la fabricación metalmecánica de quien proyecta y tomando como referencia otros sistemas de protección de las máquinas. El desarrollo de este documento pretende corroborar los aspectos sobresalientes y/o deficientes del sistema implementado y así poder corregir y/o repetir aspectos de seguridad y funcionamiento del sistema.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a maquinaria.

Figura 2-22. Medida de la base.

Del método de tormenta de ideas se desprende además el uso de un dispositivo que está incorporado a la máquina, pero que sin embargo ya no es utilizado y que se conoce como dispositivo volteador de tolva de filtros.

Dicho dispositivo se usaba cuando la máquina cigarrera era cargada con bandejas de filtros de forma manual, elevando o bajando la tolva de filtros gracias a un sistema volteador impulsado por un cilindro neumático instalado para tal efecto, sin embargo, hoy en día la alimentación de filtros hacia la máquina y en específico a la

tolva, se realiza por medio de presión neumática a través de ductos diseñados específicamente para esta tarea.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a maquinaria.

Figura 2-23. Vista posterior de tolva de filtros con sistema de volteo desconectado.

Será entonces este mecanismo el usado en la generación del movimiento para el sistema de seguridad para el sector de empalmes. Por consiguiente y luego de observar las características que ofrece este conjunto, se adopta la idea de su utilización en el diseño y confección del sistema.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a maquinaria.

Figura 2-24. Cilindro y Base del sistema de bisagra de Tolva de filtros



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a placa técnica.

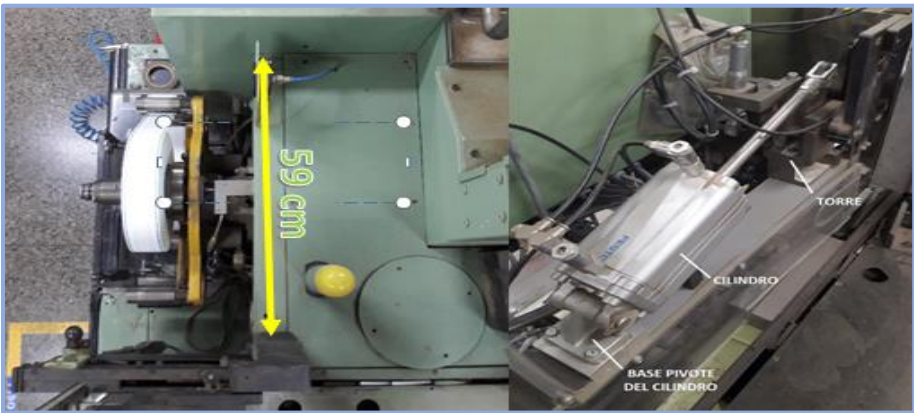
Figura 2-25. Placa técnica del cilindro

2.5.1. Diseño de la base

La base del sistema debe contemplar en su diseño como primer aspecto el espacio del ancho disponible sobre el aparato virados, el que en este caso es de 59 cm. Como segunda característica, ésta base deberá contener un espacio para albergar el cilindro neumático que dará fuerza al sistema y por último debe considerarse la incorporación de bases o soportes laterales para los brazos que elevarán o bajarán la defensa.

El siguiente diagrama muestra los aspectos principales, considerados para el diseño de la base.

- ❖ Ancho disponible
- ❖ Altura del eje del pivote desde la base (flecha amarilla).
- ❖ Posición del cilindro

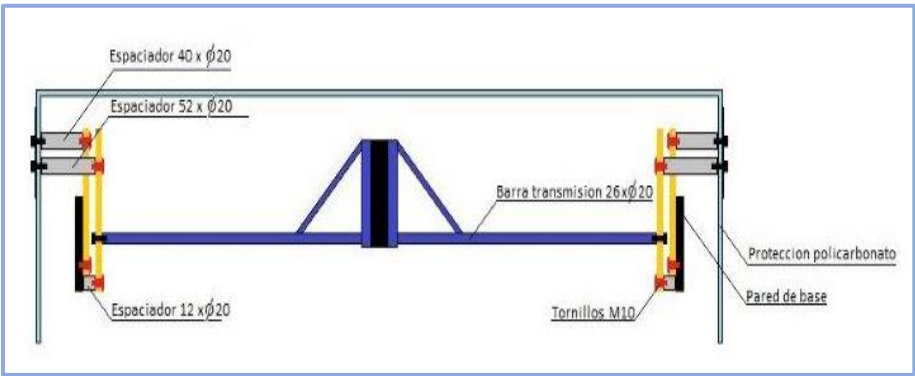


Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a maquinaria.

Figura 2-26. Vista superior y posterior MAX.

Vista posterior de tolva de filtros en donde se aprecia el cilindro y su sistema de soportes para el volteo. Se tomará como referencia la altura del eje de rotación de la tolva para el diseño de las paredes laterales de la base que sirve como soporte a los brazos de la defensa, además se mantendrá el grosor de 8 mm de espesor de material que presentan los soportes de la tolva para efectos de diseño de las paredes laterales.

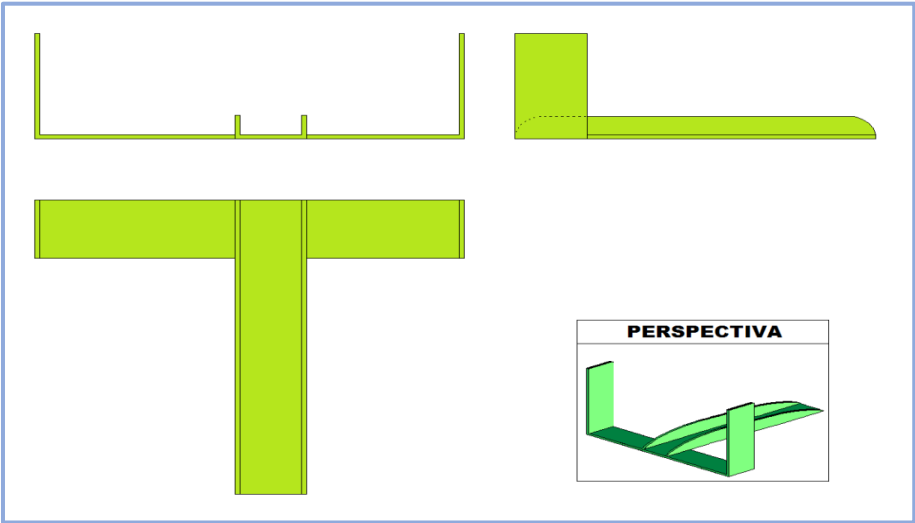
2.5.2. Esquema de los componentes del sistema



Fuente: Elaboración propia en base a modelo de ensambaje.

Figura 2-27. Esquema de componentes ensamblados.

2.5.3. Esquema de la base

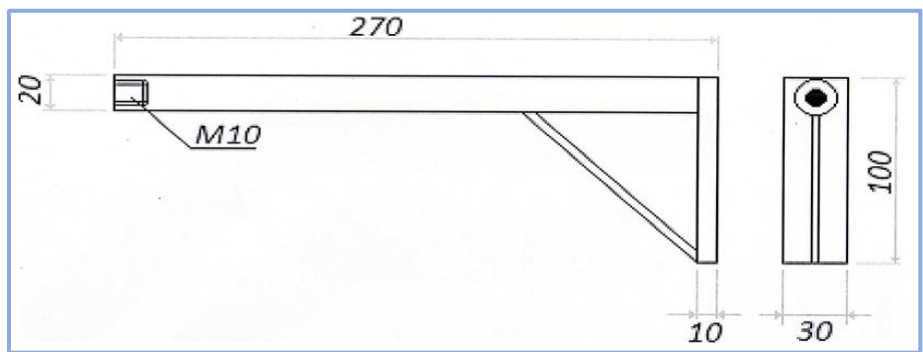


Fuente: Elaboración propia en base a modelo de base para la protección.

Figura 2-28. Esquema de Base para la protección.

2.5.4. Esquema de barras de transmisión

Las llamadas “barras de transmisión” (color azul en esquema) serán los encargados de funcionar como una conexión entre la fuerza proveniente del cilindro y las barras o brazos laterales que son los que transfieren el movimiento a la defensa (amarillos en el esquema).

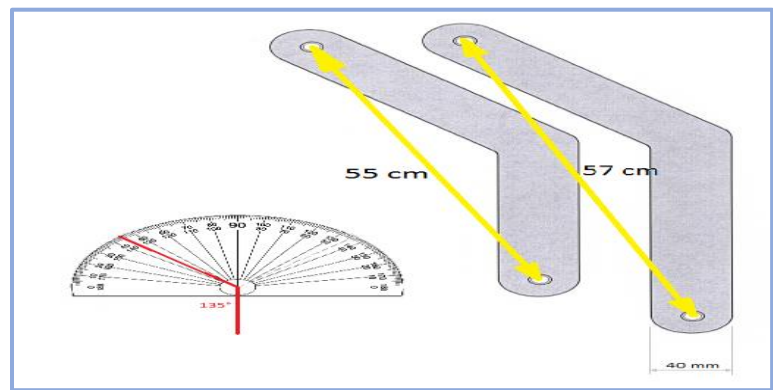


Fuente: Elaboración propia en base a modelo de barras de transmisión.

Figura 2-29. Esquema de las barras de transmisión. Medidas en [mm].

2.5.5. Esquema de brazos

Para los brazos, de espesor de 6 mm, que transmitirán el movimiento a la defensa, debe tenerse como prioridad la distancia entre ejes de los agujeros de las barras los que deben comprender en sus perforaciones, bujes de bronce que actuaran como contacto y material de sacrificio entre las barras y los tronillos de sujeción de la defensa.



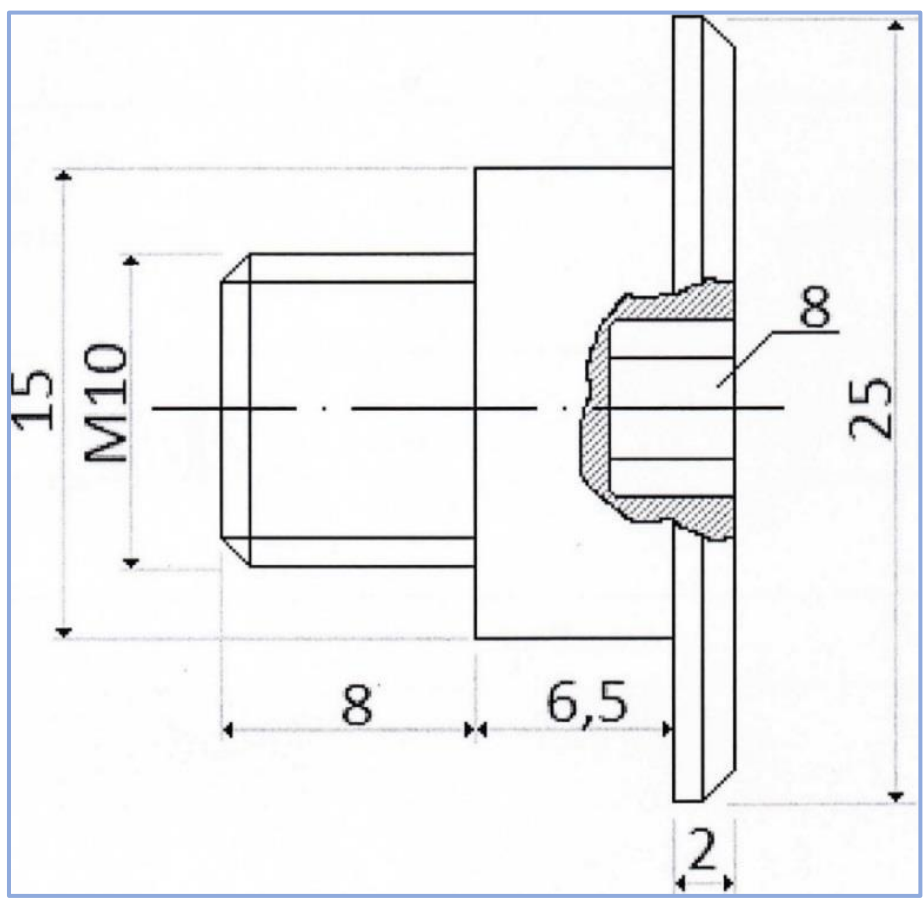
Fuente: Elaboración propia en base a modelo de brazos.

Figura 2-30. Esquema de brazos.

La diferencia de medida entre los brazos (1 par de brazos por lado) es debido a la posición final que se quiere obtener en la defensa. Su ángulo está dado solo por los espacios que ofrece el sistema.

2.5.6. Esquema de tornillos

El diseño de los tornillos está basado en que su funcionamiento debe otorgar una firme sujeción de la defensa y a su vez permitir el deslizamiento de los bujes de bronce instalados en los brazos, debido a esto su configuración (tornillo – buje) debe ser de carácter deslizante.

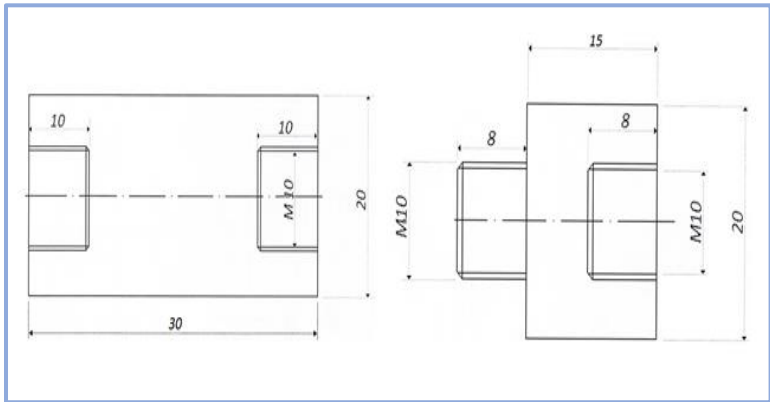


Fuente: Elaboración propia en base a modelo de tornillos

Figura 2-31. Esquema de los tornillos. Medidas en [mm].

2.5.7. Espaciadores

Debido a la diferencia de anchos entre la defensa y la base, se debe considerar el uso de espaciadores para dar conexión a los brazos con la defensa.



Fuente: Elaboración propia en base a modelo de espaciadores.

Figura 2-32. Esquema de los espaciadores. Medidas en [mm]

2.5.8. Ensamble de componentes

A continuación, se detalla en imágenes, el proceso de armado del sistema de protección con los componentes ya fabricados.

En primer lugar, se debe verificar si la base calza en el espacio destinado para ella. Una vez revisado este ajuste se marca la base para su futura postura en la parte superior de la MAX, en donde encontramos 2 perforaciones roscadas de hilo M10, por lo que deben perforarse 2 agujeros de 10,5 mm en la base.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a base perforada.

Figura 2-33. Base perforada.

Realizadas las perforaciones se debe proceder al montaje de las piezas en la base para su posterior montaje sobre la MAX.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a base montaje de cilindro neumático.

Figura 2-34. Montaje del cilindro neumático.

2.5.9. Torre de giro o pivote

Este elemento al cual denominaremos PIVOTE proviene del mecanismo de giro de la tolva de filtros y su función principal es proporcionar soporte a todo el mecanismo de elevación – descenso.

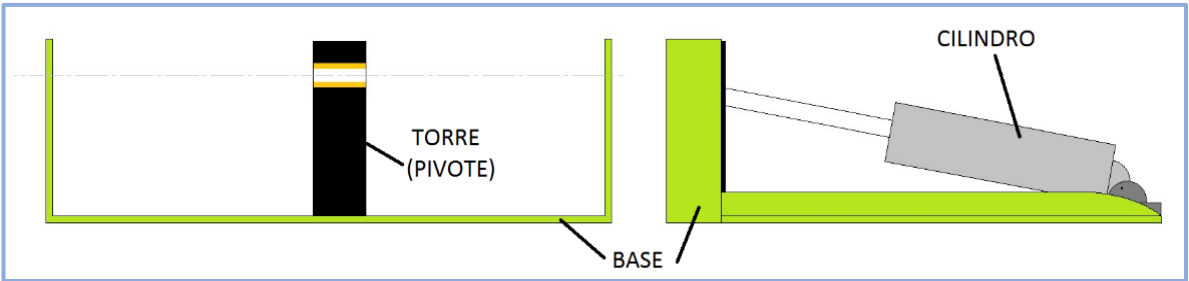
Para ello se une a través de un acople mecánico al cilindro neumático y por medio del brazo unido al eje de rotación que sobresale, se transmite la fuerza al sistema.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a torre o pivote.

Figura 2-35. Torre o Pivote.

El brazo sobresaliente debe ser unido a las dos barras de transmisión para proporcionar movimiento al mecanismo.

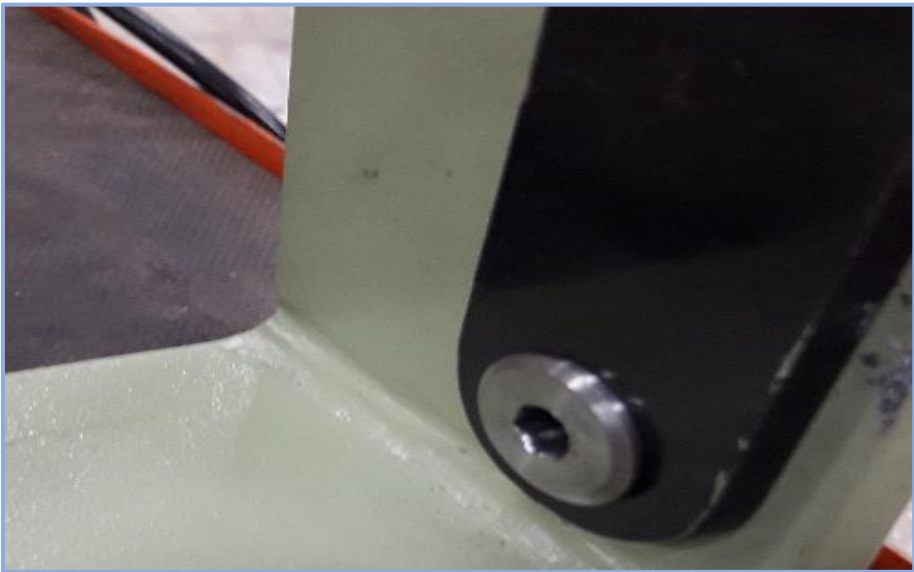


Fuente: Elaboración propia en base a modelo de torre de giro.

Figura 2-36. Esquema de Torre de giro o “Pivote”

2.5.10. Montaje de los brazos

Se debe proceder al montaje de los brazos de transmisión de fuerza por medio de los pernos especiales para tal efecto, procurando que el brazo puede subir y bajar con un ajuste deslizante, pero que a su vez no permita que este pueda quedar flojo.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a montaje de pernos.

Figura 2-37. Montaje de los pernos.

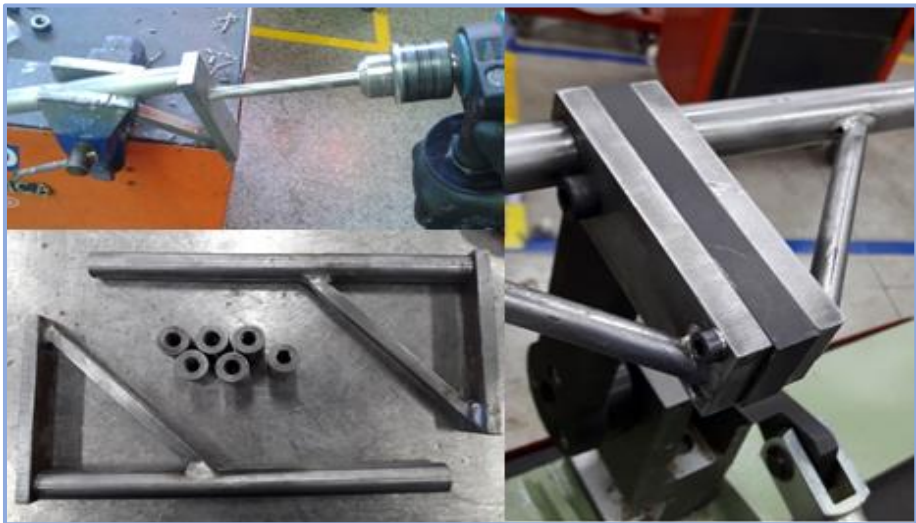
Se debe roscar la pared de la base con hilo M10 x 1.5 con hilo pasante, pues el perno está diseñado para quedar al ras de la pared de la base una vez instalado.

Realizado el montaje de las barras en la base, se procede a unir los brazos con las barras realizando perforaciones de 10,5 mm en las barras y uniéndolas por medio de pernos M10 x 1.5 x 25 mm, teniendo la precaución de unir las barras con los 2 brazos superiores, ya que los brazos inferiores solo cumplen la función de dar soporte y posición a la defensa en su ascenso y descenso.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a unión de brazos.

Figura 2-38. Unión de los brazos.

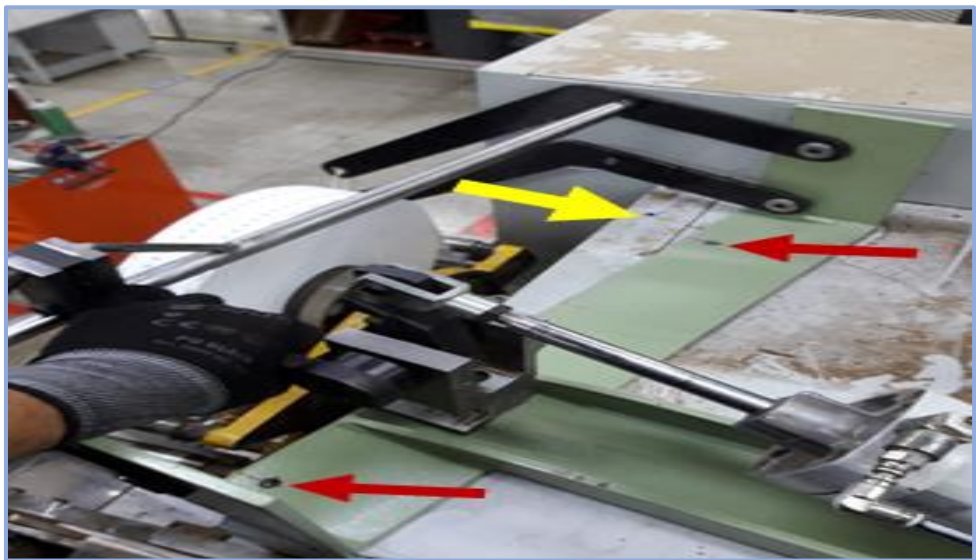


Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a unión de barras al brazo de pivote.

Figura 2-39. Unión de barras al brazo de pivote.

2.5.11. Montaje de sistema en MAX

Una vez montados los componentes, se procede a instalar la base en la parte superior de la máquina MAX.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a montaje de base MAX.

Figura 2-40. Montaje de base en MAX.

En amarillo se observan las perforaciones roscadas que ofrece la máquina, mientras que en rojo se aprecian las perforaciones realizadas en la base para efectos de montaje. Se usan pernos cabeza hexagonal M 10 x 30 mm, para el montaje.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a base configurada en MAX.

Figura 2-41. Base configurada montada en MAX.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a vista frontal del montaje MAX.

Figura 2-42. Vista frontal del montaje en MAX.

2.6. MONTAJE DE LA DEFENSA

Para el montaje de la defensa en el sistema de elevación se deben utilizar los espaciadores para la unión entre los brazos y la propia defensa, además se instalan placas de refuerzo para asegurar la fijación de protección.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a defensa de maquina.

Figura 2-43. Defensa montada en brazos con refuerzos laterales

La flecha indica los refuerzos empleados para otorgar un mejor y más amplio agarre de la defensa.

Concluido el montaje de la defensa, es recomendable realizar pruebas manuales de levante y descenso en forma manual para asegurar que el mecanismo no se encuentre trabado o forzado en algún punto.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a prueba de maquina.

Figura 2-44. Prueba manual de movimiento del sistema

2.7. CONEXIONADO NEUMÁTICO

Una vez conectado el cilindro, se debe proceder al conexionado de los demás componentes para realizar pruebas de elevación y bajada de la defensa. Se deben conectar en primer lugar las vías de trabajo del cilindro neumático con las vías de trabajo de la válvula de accionamiento manual y luego conectar la alimentación de 6 bar a la entrada de la válvula anti-retorno, la que posibilita que la defensa permanezca suspendida aun incluso si la presión de trabajo baja o se interrumpe y finalmente conectar la salida de esta válvula a la entrada de la válvula de accionamiento manual, la que posibilita el cambio de condición de la protección.

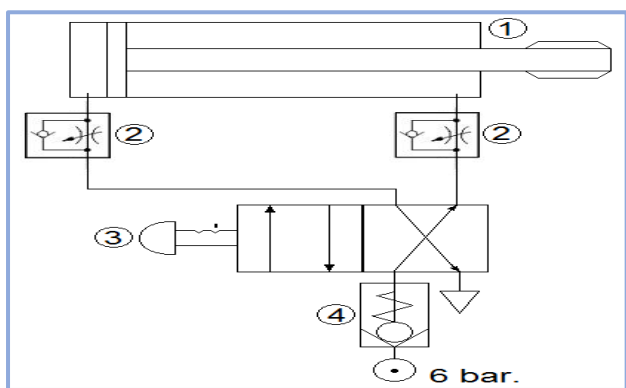


Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a elementos neumáticos del sistema.

Figura 2-45. Elementos neumáticos del sistema.

2.8. CIRCUITO NEUMÁTICO DE LA DEFENSA

El circuito neumático necesario para otorgar movimiento a la defensa debe contener un cilindro neumático de doble efecto con reguladores en sus conexiones de aire, una válvula 4/2 de accionamiento manual y una válvula anti-retorno. La alimentación neumática en la planta es de 6 [bar].



Fuente: Elaboración propia en base a modelo de circuito neumático.

Figura 2-46. Circuito neumático.

- Cilindro neumático de doble efecto. P. máx. 10 [bar].
- Válvulas reguladoras de flujo unidireccionales.
- Válvula de 4 vías y 2 posiciones de accionamiento manual.
- Válvula anti-retorno con resorte incorporado.

CAPÍTULO 3: ASPECTOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS DEL SISTEMA

3. ASPECTOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS DEL SISTEMA

3.1. ASPECTOS TÉCNICOS DE LOS COMPONENTES

Los elementos que componen el sistema fueron desarrollados durante el periodo de estudios de la carrera, por lo que además de obtener los valores de los esfuerzos a los cuales estén sometidos dichos elementos, brindarán la información necesaria para saber si los componentes podrán desempeñarse de buena forma. Todos los componentes fueron desarrollados pensando en una vida útil de 5 años (re-evaluable) y pensando en el régimen al cual estará sometido el sistema, como es el ambiente de polución que genera el tabaco.

Se detallan a continuación, los esfuerzos y cargas a los cuales están sometidos los distintos componentes del sistema de protección tomando como dato de carga el peso de la protección de policarbonato que es de 6,5 [kg] y el peso de los demás elementos que es de aproximadamente 3,5 [kg].



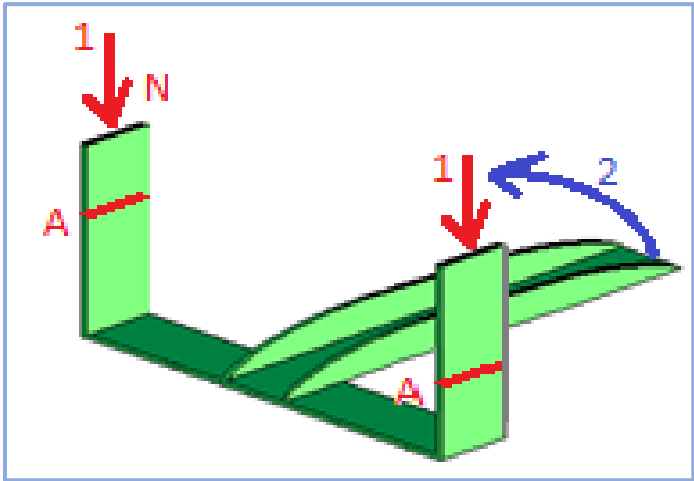
Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada a peso de la protección.

Figura 4-1. Peso de la protección.

Peso de la defensa y componentes en [kg] obtenido en balanza electrónica de BAT.

3.2. CÁLCULOS DE ESFUERZOS EN LA BASE

La base presenta principalmente esfuerzos de compresión en las áreas transversales de sus paredes laterales (1) a causa del peso que ejerce la propia defensa y los brazos. Por otro lado, experimenta esfuerzos de flexión en el área que sostiene el cilindro neumático (2) ya que, para su compresión, el cilindro requiere del apoyo de la base y su fuerza estructural.



Fuente: Elaboración propia en base a modelo de la base.

Figura 4-2. Esquema de esfuerzos en la base.

❖ Compresión

El esfuerzo de compresión al cual están sometidos los soportes laterales, está dado por la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

- N = Peso de la protección (10 kg)
- A = área resistente al peso (10 cm x 0,8 cm x 2)
- σ = esfuerzo al que están sometidas las Áreas.

$N = 10$

$A = 16$

$\sigma_c = 0,625 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 3-1. Composición Química SAE 1045.

% C: Carbono	% Mn: Manganeso	% P: Fósforo	% S: Azufre
0,43 - 0,50	0,60 - 0,90	Max: 0,04	Max: 0,05

Fuente: Elaboración propia en base a datos de tablas de resistencia de materiales.

Tabla 3-2. Propiedades Mecánicas SAE 1045

Esfuerzo Fluencia [Kg/mm^2]	Esfuerzo Tracción [Kg/mm^2]	Dureza [HB]	Elongación [%]
40	57	63	15

Fuente: Elaboración propia en base a datos de tablas de resistencia de materiales.

❖ Fluencia

El esfuerzo de fluencia del acero es de aproximadamente 40 kg/mm2, superando con creces lo requerido por nuestra estructura.

❖ Flexión por pandeo

El pandeo es un fenómeno llamado inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, y que se manifiesta por la aparición de desplazamientos transversales a la dirección principal de compresión.

El esfuerzo de flexión por pandeo al cual está sometida la base se encuentra entre la zona donde esta empotrada la base del cilindro neumático y la zona de empotramiento de la torre. Para evitar estos esfuerzos en esa zona se añaden paredes laterales que serán las encargadas de absorber dichos esfuerzos.

Fuerza ejercida por el cilindro

$$F = P \times A$$

$$F = 6 \text{ bar (kg/cm}^2\text{)} \times \frac{\pi \times 36 \text{ cm}^2}{4}$$

$$F = 169,65 \text{ kg (salida)}$$

$$F = 6 \text{ bar (kg/cm}^2\text{)} \times \frac{\pi \times 32 \text{ cm}^2}{4}$$

$$F = 150 \text{ kg (retorno)}$$

N = Fuerza ejercida por el cilindro. (mayor) = $170 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$

$N = 1667,7 \text{ (N)}$

A = área transversal resistente a la fuerza sin refuerzos 800 mm^2

σ_c = esfuerzo al que está sometida el área.

$$\sigma_c = \frac{N}{A}$$

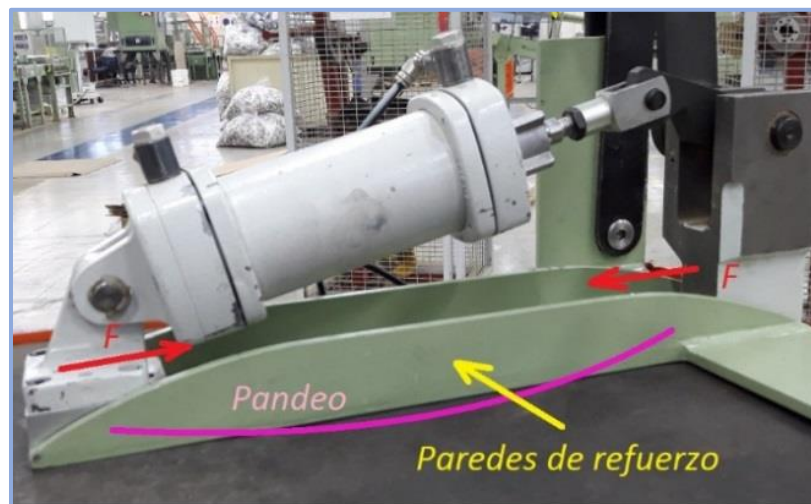
A

$$\sigma_c = \frac{1667,7 \text{ (N)}}{800 \text{ mm}^2} = 2,084 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$800 \text{ mm}^2 \quad \text{mm}^2$$

$$\sigma_{c'} = \frac{1667,7 \text{ (N)}}{1600 \text{ mm}^2 \text{ (refuerzo)}} = 1,042 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$1600 \text{ mm}^2 \text{ (refuerzo)} \quad \text{mm}^2$$

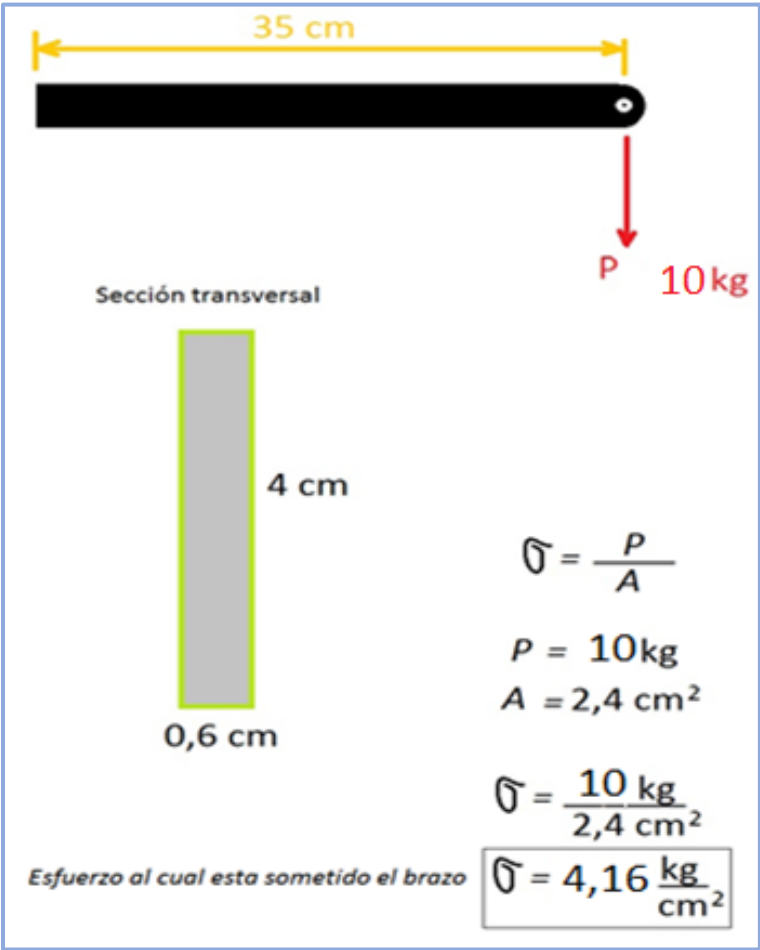


Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a máquina.

Figura 4-3. Esquema de esfuerzos de pandeo.

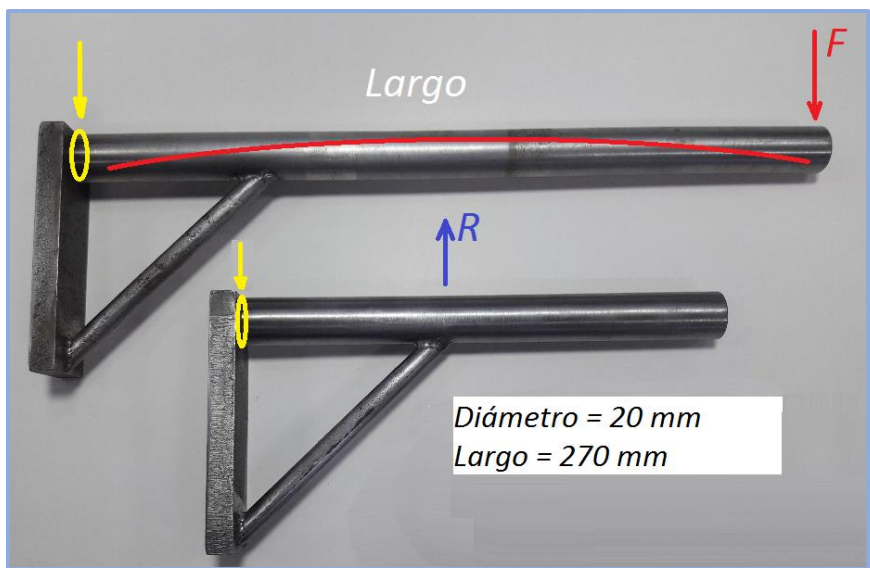
3.3. CÁLCULOS DE ESFUERZOS EN LOS BRAZOS

Los brazos son los encargados de transmitir la fuerza que ejerce el cilindro neumático para provocar la elevación o descenso de la protección, por lo que el principal esfuerzo que soporta este elemento es la flexión desde su conexión con las barras hasta el punto de unión con la defensa. Se debe hacer mención a que los brazos que ejecutan la mayor cantidad del esfuerzo son los superiores, mientras que los brazos inferiores están enfocados principalmente en otorgar apoyo para lograr las posiciones deseadas en el ascenso y descenso de la defensa.



Fuente: Elaboración propia en base a modelo de brazos.

Figura 4-4. Esquema del cálculo de brazos



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a brazos.

Figura 4-5. Distancia de los brazos.

3.4. CÁLCULOS DE ESFUERZOS EN LOS PERNOS

La zona que está sometida a esfuerzos cortantes es el área transversal del hilo del perno, producto de la carga que ejerce el peso de la protección, los brazos y las barras de transmisión sobre el área deslizante del perno.

$$\tau = \frac{F}{A}$$

F = fuerza cortante = Peso $\times 1G$.
 A = área transversal a la fuerza

$$A = \pi \times r^2$$

$D = 8 \text{ mm}$ (para efectos de cálculo)

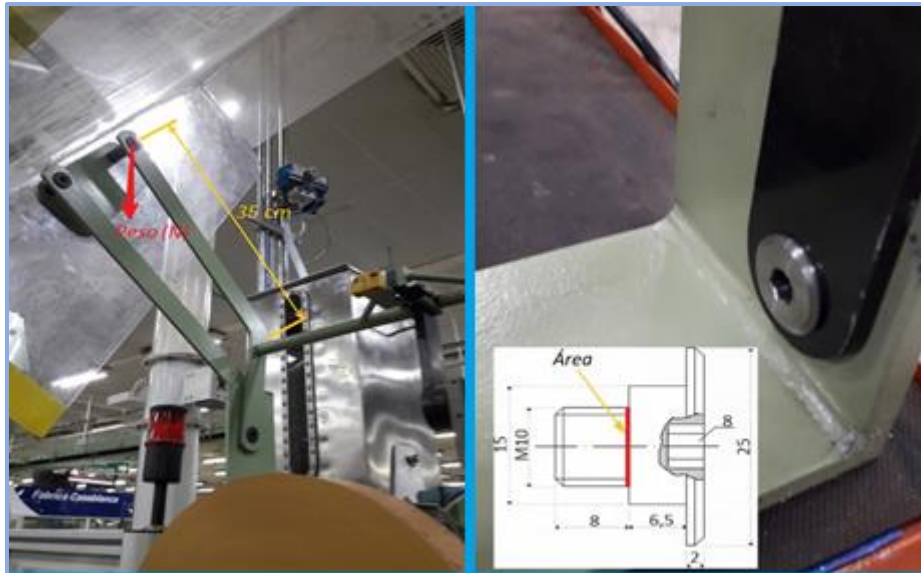
$$A = 50,26 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{10 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2}{50,26 \text{ mm}^2 \times 4 \text{ (pernos)}}$$

$$\tau = \frac{98,1 \text{ N}}{201,06 \text{ mm}^2}$$

$$\tau = 0,4879 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Esfuerzo cortante al cual están sometidos los pernos



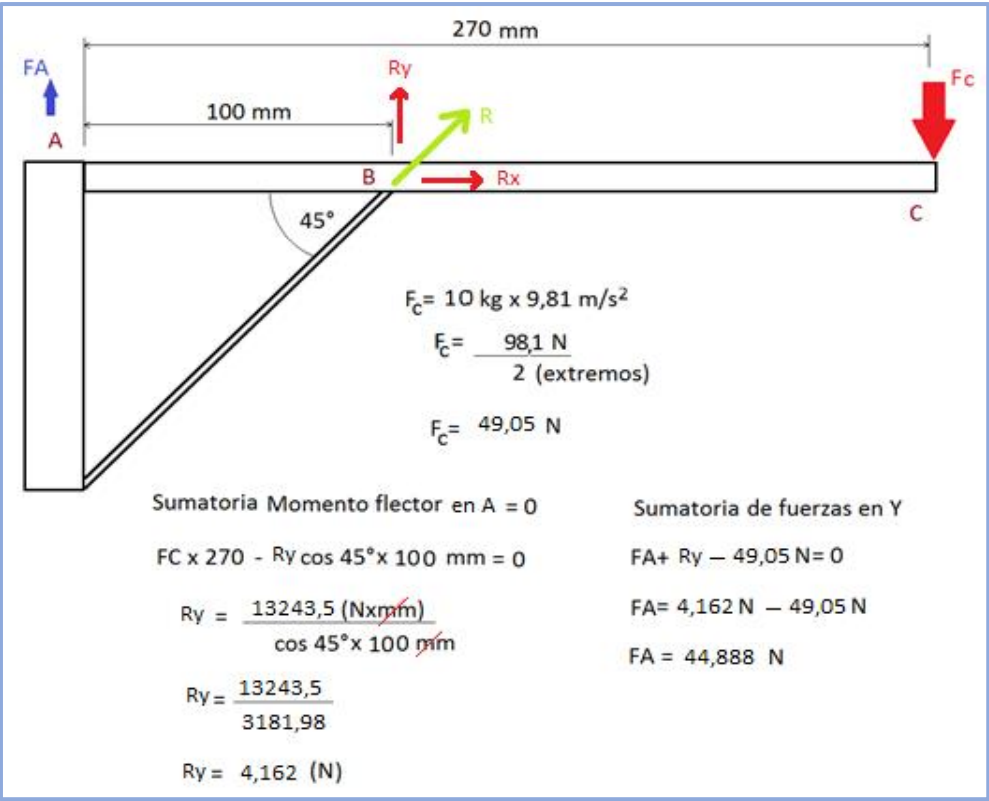
Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a área sometida a esfuerzo.

Figura 4-6. Área sometida a esfuerzo.

3.5. CÁLCULOS DE ESFUERZOS EN LAS BARRAS DE TRANSMISIÓN

Estos elementos son los encargados de transmitir la fuerza ejercida por el cilindro neumático hacia la protección y sus principales esfuerzos son de flexión y corte provocados por el peso de los componentes que actúan sobre ellos y la fuerza ejercida por el cilindro.

Para reducir aún más la posibilidad de falla en estos componentes, es que se incorpora a las barras un elemento que aporta rigidez y resistencia ubicado a 100 mm desde la pared de anclaje de las barras y con un ángulo de 45°.



Fuente: Elaboración propia en base a diagrama de esfuerzos

Figura 4-7. Diagrama de esfuerzos.

3.6. CÁLCULOS DE ESFUERZOS EN LA TORRE

La torre es el elemento que actúa como pivote o eje de giro del mecanismo. Su eje central está sometido principalmente a esfuerzos cortantes y de torsión.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a torre de giro.

Figura 4-8. Torre de giro.

Esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

F = fuerza cortante = Peso x 1G.
(peso de la defensa + componentes)

A = área transversal a la fuerza

$$A = \pi \times r^2$$
$$A = 314,16 \text{ mm}^2$$
$$F = 9 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$
$$F = 88,29 \text{ N}$$
$$\tau = \frac{88,29 \text{ N}}{314,16 \text{ mm}^2}$$
$$\tau = 0,281 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Esfuerzo de corte que se generan en eje de la torre

Esfuerzo de torsión:

$$M_t = \frac{M \times C}{J}$$
$$J = \frac{\pi \times \phi^4}{32}$$
$$J = 15.707,95 \text{ mm}^4$$
$$M_t = \frac{88,29 \text{ N} \times 100 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}}{15.707,95 \text{ mm}^4}$$
$$M_t = 5,62 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Momento torsor máximo presente en el eje

3.7. PAUTA BÁSICA DE MANTENCIÓN DEL SISTEMA

El mantenimiento preventivo es el conjunto de acciones necesarias para mantener las máquinas y equipos en funcionamiento, reduciendo las averías y paradas imprevistas.

Si ocurriese alguna falla que imposibilite el funcionamiento del sistema de protección no quedaría más remedio que realizar un mantenimiento correctivo para solucionar dicha falla, sin embargo, no es el tipo de mantenimiento más óptimo para este sistema pues lo que debe evitarse específicamente es una falla del sistema mientras la máquina se encuentre en funcionamiento. El mantenimiento preventivo es el más óptimo ya que permite anticipar una futura falla en el sistema, siempre que se realice de manera correcta y periódica.

A continuación, se presenta una pauta básica de mantenimiento y chequeo del sistema que posibilite prever anomalías y así corregirla antes que se produzca alguna falla.

Tabla 3-3. Pauta básica

Componente	Actividad	Frecuencia		
		Diario	Semanal	Mensual
Base metálica	Revisar fisuras en la base (visual)			X
	Revisar ajuste de los pernos a las paredes de la base (llave allen 8 mm)			X
	Revisar ajuste de torre y ajuste de base del cilindro (llave allen 8 mm)			X
Protección	Revisar si existen fisuras en el policarbonato (visual)		X	
	Revisar si existe juego "excesivo" en las uniones		X	
	Revisar estado y funcionamiento del microswitch	X		
	Limpieza de superficies interiores y exteriores (aire comprimido/paños)		X	
Brazos	Revisar posibles desalineamientos o torceduras		X	
	Revisar juego entre los bujes y pernos de los brazos			X
	Lubricar con grasa uniones entre bujes y pernos (grasa NBU-12)			X
Barras de transmisión	Revisar ajuste de todos los pernos de uniones roscadas (llave allen 8 mm)			X
	Revisar posibles fisuras o roturas en la estructura (visual)			X
	Revisar posibles desalineamientos o torceduras			X
Cilindro neumático	Limpieza de cilindro y vástago (aire comprimido/paños)		X	
	Revisar posibles fugas de aire (agua/jabón)		X	
	Revisar juego en rótulas del cilindro			X
Válvula y componentes neumáticos	Revisar correcto funcionamiento de válvula de mando	X		
	Revisar posibles fugas de aire en mangueras y racores (agua/jabón)		X	

Fuente: Elaboración propia en base a información recopilada.

3.8. GUÍA PARA LA OPERACIÓN SEGURA DEL SISTEMA

Para asegurar el correcto funcionamiento y durabilidad de la defensa, se elabora a continuación una guía sobre los cuidados y la correcta manipulación del sistema.

Al iniciar la producción y energizado de las máquinas, observar con anterioridad que la válvula de mando se encuentre en la posición que mantiene abajo a la protección, de lo contrario e igualmente antes de energizar la máquina, poner la válvula de mando en su posición de defensa cerrada.

Esta acción evitará que la defensa pueda subir de golpe si es activada la alimentación del aire comprimido y causar un eventual accidente a quien pudiese estar al lado de la protección al momento del energizado.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a sistema de protección elevado.

Figura 4-9. Sistema de protección elevado.

3.9. OPERACIÓN DEL SISTEMA

Una vez que el sistema se encuentre energizado (aire comprimido), debe observarse, antes de activar la apertura de la protección, que la defensa de policarbonato que se encuentra inmediatamente al lado derecho (vista de frente) y que cubre el sector del encolador, área en que se lleva a cabo la aplicación del adhesivo al papel boquilla. Por ende, la protección neumática podrá ser activada sólo si la defensa del encolador se encuentra cerrada.

Sin embrago la protección que cubre al encolador, puede ser abierta o cerrada sin importar en que condición se encuentre la defensa neumática, ya que esta fue diseñada con un espacio en su cara frontal que posibilita la apertura total de la protección del encolador sin interferencias.



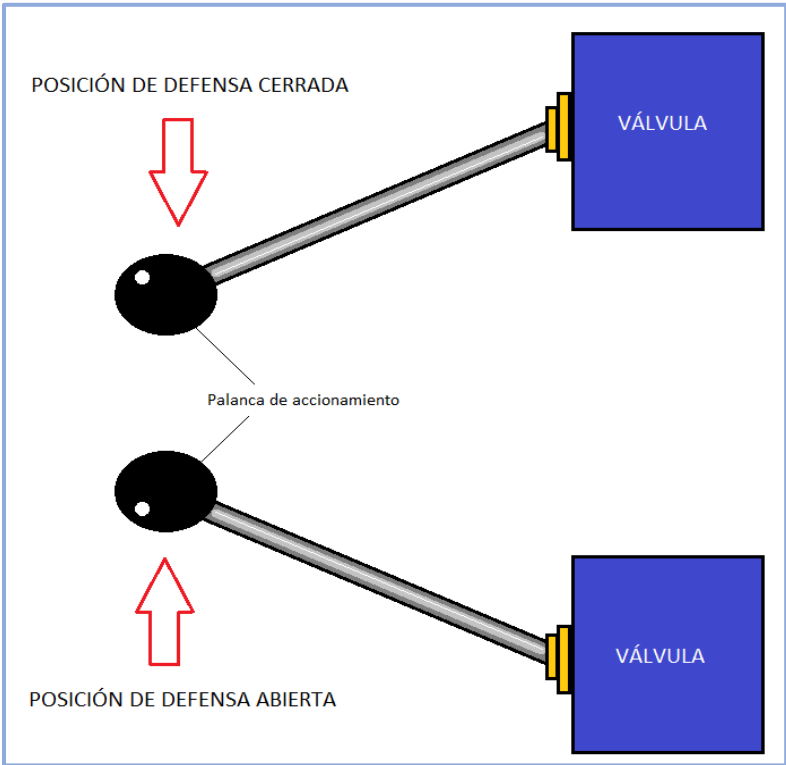
Fuente: Elaboración propia en base a fotografía a defensa posicionada.

Figura 4-10. Defensa posicionada.

3.10. ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Con los resguardos anteriormente mencionados, se puede proceder a la activación de la defensa, para ello se debe llevar la palanca de mando de la válvula que controla el movimiento del cilindro a la posición de apertura. Para ello se define que la palanca de mando manual tendrá como posición de apertura de la protección una orientación horizontal hacia arriba, y su posición de cerrado será horizontal hacia abajo.

Esquema de accionamiento.



Fuente: Elaboración propia en base a esquema de palanca de accionamiento.

Figura 4-11. Esquema de palanca del accionamiento

3.11. CICLOS DE FUNCIONAMIENTO

Al accionar la palanca de mando, debe permitirse a la protección y al sistema realizar el ciclo de forma completa, ya sea en su apertura o cierre, para así evitar un sobre esfuerzo de los elementos debido al cambio brusco en la dirección de la carga.

Solo en caso de emergencia debe interferirse el ciclo de apertura o cierre de la protección por medio del accionamiento de la palanca de mando.

Si los ciclos no se desarrollan de manera correcta debe darse aviso a los técnicos encargados.

3.12. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA

En Chile toda empresa que tenga trabajadores a su cargo debe pagar un porcentaje para cubrirlos en caso de que se produzca un accidente, este porcentaje se cancela los 10 de todos los meses en el pago de las imposiciones de los trabajadores, lo anteriormente señalado se puede pagar a tres instituciones: Mutual de Seguridad, Asociación Chilena de Seguridad e Instituto de Seguridad del Trabajo.

El pago es de cargo del empleador(a) y debe pagar la tasa básica 0,95% más una tasa adicional por el riesgo presunto de la actividad económica principal que realice según lo establece el D.S. N°110 del año 1968, que va del 0% hasta 3,4% (para efecto práctico se cuenta con clasificador de actividad económica y si tiene varias actividades el Instituto identificará cual es la actividad principal).

CLASIFICADOR DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS D.S 110 para la mayoría de trabajos de fabricación y reparación de máquinas y equipos es de 2,55% (NOTA: al pagar las cotizaciones se debe sumar 0,95%, lo que resulta en un total de 3,5%). Cada dos años, en el segundo semestre de los años impares, las entidades empleadoras son objeto de un proceso de evaluación establecido en el D.S N°67 del año 1999, a través del cual, según la ocurrencia o no de accidentes y enfermedades, la tasa adicional puede subir, mantenerse, bajar, o la empresa puede quedar exenta. En este caso la tasa adicional diferenciada puede resultar dentro de un rango de un 0% hasta un 6,8% y esto es informado por carta certificada dirigida a la dirección que la entidad empleadora registra en sus planillas de declaración y pago de cotizaciones.

Lo anterior es determinante a la hora de que ocurra un accidente, ya que la empresa es castigada con el aumento de este porcentaje: por ejemplo, si pagaba 6,04% y ocurren accidentes, las instituciones encargadas de resguardar la seguridad de las empresas castigan con un aumento de esta tasa, ahora la multa podría subir a 8,04% por dos años, cabe señalar que este pago se realiza mensualmente y por cada trabajador.

Ahora la única forma de bajar este castigo que se les realiza es haciendo algo para solucionar el problema y averiguar porque ocurrió el accidente (en este caso la instalación de la defensa en la máquina), y una vez demostrado esto a la empresa

encargada de fiscalizar, ellos hacen los estudios pertinentes para ver si califican para bajar ese porcentaje al original.

Si lo llevamos a otro punto de vista, la empresa posee siete máquinas que pueden verse gravemente afectadas por un accidente en la zona de empalmes de papel boquilla, las que se mantienen funcionando a un promedio de 24 hrs por día, 5 días a la semana y durante un mes (22 días app.) de las cuales cada una realiza, en promedio, unos 6.000 cigarros por minuto, es decir que en una hora las siete máquinas producirían aproximadamente 2.520.000 cigarros, para los cuales el costo de conversión es de 1,6 \$lb x 1000 cigarrillos. 1 lb (GBP) equivale a app. \$867. Cada hora de parada de estas máquinas le significa a BAT una pérdida de: $(6000 \text{ cpm} \times 60 \text{ min} \times 1,6 \text{ GBP}) / 1000 \text{ c} = 576 \text{ GBP/hora} = \$499.392/\text{hora}$. (app. \$500.000/hora).

Es importante señalar que cada máquina tiene un operador especialista, por ende, si uno de ellos se accidentara dejaría de producir \$500.000 por cada hora de paro, hasta que otro operario pueda reanudar la tarea. Si llegara a ocurrir un accidente en una de estas máquinas las pérdidas para la compañía serían cuantiosas, y es acá donde se ve que el proyecto de adaptar la defensa tiene un costo menor a pagar todo lo anteriormente señalado.

3.13. INDICADORES

Los indicadores usados para la evaluación de este proyecto son los siguientes:

3.13.1. Valor actual neto (VAN)

El VAN es un indicador que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, quedará un saldo positivo, si es así el proyecto es viable.

- Si el $\text{VAN} > 0$, el proyecto es beneficioso, ya que agrega valor.
- Si el $\text{VAN} < 0$, el proyecto no es conveniente desde el punto de vista económico, ya que no generará valor.

Si el $\text{VAN} = 0$, el proyecto logra cubrir la inversión, pero no será rentable en cuanto a lo económico, sin embargo, desde el punto de vista de la seguridad (en nuestro caso) puede ser aceptado.

3.13.2. Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno corresponde a aquella tasa de interés que mide el máximo costo que se puede pagar por el capital.

3.13.3. Periodo de recuperación PRI

Es un instrumento que permite medir el plazo de tiempo que se requiere para la recuperación de una inversión inicial y también complementa la información entregada por el VAN y TIR.

3.13.4. Horizonte del proyecto

Se entiende por horizonte del proyecto el lapso para el cual se estima que el proyecto debe cumplir con sus objetivos. Para este proyecto se estima un horizonte de al menos 2 años, ya que es este periodo el establecido para las auditorias por parte de los organismos estatales.

3.13.5. Depreciación

Es la reducción del valor a través del tiempo que presentan los equipos por su uso o caída en desuso. En nuestro caso la depreciación será de 5 años.

3.13.6. Costos por accidentabilidad

B.A.T. Chile en los últimos años ha procurado brindar a sus trabajadores espacios seguros y libres de riesgos, sin embargo y con el constante cambio que requiere la fábrica para ir adaptándose a diversos panoramas de producción a través del tiempo, es que se han ido generando y/o detectando diversas condiciones inseguras, las que si no son evaluadas y eliminadas pueden traer graves consecuencias, no solo para el accidentado sino también para la propia fábrica, ya que se ven afectados principalmente la salud del trabajador, los costos por un accidente en las primas de seguros y los propios indicadores internos o metas de BAT, Chile.

Los costos en que se incurre por cada accidente, con o sin tiempo perdido, son variados comenzando por los costos que involucra cualquier accidente en el ámbito personal, para el trabajador y su familia. Costos asociados por ejemplo a pagos de primas de seguros, disminución de los bonos y pagos por conceptos de seguridad (EHS),

cuenta a cero en el indicador de “días sin accidentes”, número muy significativo para la organización BAT, ya que a nivel mundial es uno de los parámetros más importantes a la hora de designar los volúmenes de producción a nivel global.

3.13.7. Accidentes con tiempo perdido (CTP)

Si algún miembro del grupo se accidenta CON TIEMPO PERDIDO, el pago variable para esa persona y su grupo se reduce a cero en el mes en que ocurrió el accidente. El pago variable corresponde a valores asociados a la producción (cantidad), calidad (%) y perdidas (%) de cada grupo, y es pagado cada trimestre en base al salario de cada trabajador, es decir si un trabajador gana \$500.000 mensuales y su grupo obtuvo un pago variable promedio del trimestre de un 30%, su salario será de \$650.000 el tercer mes del trimestre, por el contrario, si un trabajador se accidenta CTP pierde un tercio (1/3) de ese pago.

3.14. EHS

Si los parámetros de seguridad que están establecidos por el departamento de seguridad EHS son periódicamente cumplidos en cada grupo de trabajo, existen multiplicadores que aumentan este pago variable y busca funcionar como un refuerzo positivo para mantener y proponer espacios más seguros. Si los valores están en objetivo se multiplica el pago variable por 1,20 (aumento de un 20%), Si se está fuera de objetivo se aplican valores semafóricos según tabla (Tabla EHS).

EHS		
Objetivo	98%	1.20
MÁXIMO	MÍNIMO	FACTOR
100%	99%	1.20
99%	98%	1.20
98%	97%	1.18
97%	96%	1.16
96%	95%	1.12
95%	94%	1.08
94%	93%	1.04
93%	92%	1.00
92%	91%	0.96
91%	90%	0.92
90%	89%	0.88
89%	88%	0.84
88%	87%	0.80
87%	86%	0.76
86%	85%	0.72
85%	84%	0.68
84%	83%	0.64
83%	82%	0.60
82%	81%	0.56
81%	80%	0.52
80%	79%	0.48
79%	78%	0.44
78%	77%	0.40
77%	76%	0.36
76%	75%	0.32
75%	74%	0.28
74%	73%	0.24
73%	72%	0.20
72%	71%	0.16
71%	70%	0.12
70%	50%	0.00

Fuente: Elaboración propia en base a información de EHS.

Figura 4-12. Objetivos de seguridad establecidos por EHS.

Si los 3 meses están con valores sobre el 98% de cumplimiento se considera un valor llamado extra-máximo y se multiplica el pago variable por 1,35 (35% de aumento).

El cálculo de este indicador será mensual y se realizará promediando los resultados de las siguientes auditorias: Microswitches, Defensas, Tableros eléctricos y 5's (Housekeeping).

Para comenzar a aumentar por este concepto será requisito que las variables de seguridad (Microswitches, Defensas, Tableros eléctricos) estén sobre 92 % y que la variable Housekeeping este sobre 85%.

3.15. COSTOS DEL SISTEMA

Los costos asociados al sistema desarrollado tienen que ver principalmente con el valor de los componentes que conforman dicho sistema, el tiempo (H.H) de diseño y el montaje de los componentes.

Se detallan a continuación los valores y características técnicas de los componentes del sistema para evaluar si su implementación ha sido una inversión o finalmente un gasto para la empresa y si su réplica en otras máquinas es viable.

3.16. **COMPONENTES DISEÑADOS DEL SISTEMA**

3.16.1. Otros componentes reutilizados

- Defensa de policarbonato.
- Base metálica.
- Brazos de la protección.
- Barras de transmisión.
- Pernos.
- Espaciadores.

Tabla 3-4. Costos de componentes fabricados.

COMPONENTE	Costo diseño	Costo Manufactura	Costo Instalación	Costo Total
Defensa de policarbonato.	\$ 36.000	\$ 172.000	\$ 31.000	\$ 239.000
Base metálica.	\$ 36.000	\$ 131.500	\$ 31.000	\$ 198.500
Brazos de la protección.	\$ 36.000	\$ 72.000	\$ 31.000	\$ 139.000
Barras de transmisión.	\$ 13.500	\$ 56.000	\$ 31.000	\$ 100.500
Pernos.	\$ 23.250	\$ 64.000	\$ 22.000	\$ 109.250
Espaciadores.	\$ 12.500	\$ 32.000	\$ 15.000	\$ 59.500
TOTAL, VALOR COMPONENTES				\$ 845.750

Fuente: Elaboración propia en base a información de costos de componentes fabricados.

3.16.2. Otros componentes reutilizados

- Cilindro neumático
- Torre
- Elementos neumáticos (mangueras, racores, etc.)

Tabla 3-5. Componentes neumáticos

<i>COMPONENTE</i>	<i>Costo Unitario</i>	<i>Costo Instalación</i>	<i>Costo Total</i>
Cilindro Neumático	\$ 45.500	\$ 25.000	\$ 70.500
Torre	\$ 97.000	\$ 25.000	\$ 122.000
Componentes Neumáticos	\$ 25.200	\$ 25.000	\$ 50.200
TOTAL, VALOR COMPONENTES			\$ 242.700
COSTO TOTAL DEL SISTEMA			\$ 1.088.450

Fuente: Elaboración propia en base a información de costos de componentes.

3.17. **FLUJO DE CAJA E INDICADORES**

El flujo de caja es una herramienta que permite conocer el comportamiento de las finanzas de una empresa y observar además los plazos en que puede ser recuperada una inversión. En el caso de este proyecto nos interesará saber si el costo de inversión del sistema de protección representa realmente una inversión o un gasto. Se debe consignar además que el flujo de caja que se presenta a continuación esta realizado desde el punto de vista de la seguridad, es decir cuanta protección, valor y/o ahorro puede significarle a la compañía esta inversión.

Tabla 3-6. Flujo de caja

INGRESOS:	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
proyección ventas	576000000	5852160000	5945794560	6040927273	6137582109	6235783423	6335555958	6436924853	6539915651	6644554301	6750867170	6858881045
Total Ingresos:	5760000001	5852160001	5945794561	6040927274	6137582110	6235783424	6335555959	6436924854	6539915652	6644554302	6750867171	6858881046
EGRESOS:												
Personal de planta	1728000000	1730073600	1732149688	1734228268	1736309342	1738392913	1740478985	1742567559	1744658640	1746752231	1748848333	1750946951
Comercio ilegal	691200000	456192000	301086720	198717235	131153375,2	86561227,65	57130410,3	37706070,8	24886006,7	16424764,4	10840344,5	7154627,38
caida en ventas	92160000	93634560	95132713	96654836,4	98201313,75	99772534,77	101368895	102990798	104638650	106312869	108013875	109742097
Pago seguros 0,95%	164160000	164356992	164554220	164751685	164949387,5	165147326,7	165345504	165543918	165742571	165941462	166140592	166339960
Pago adicional 2,55%	440640000	441168768	441698171	442228208	442758882,2	443290192,8	443822141	444354728	444887953	445421819	445956325	446491473
Accidentabilidad 8%	1382400000	1384058880	1385719751	1387382614	1389047473	1390714330	0	0	0	0	0	0
Total Egresos:	4498560000	4269484800	4120341263	4023962848	3962419774	3923878526	2508145935	2493163074	2484813822	2480853145	2479799469	2480675109
Flujo de caja:	1261440000	1582675200	1825453297	2016964425	2175162335	2311904898	3827410023	3943761780	4055101829	4163701156	4271067701	4378205936
Inversión	1088450	1088450	1088450	1088450	1088450	0	0	0	0	0	1088450	1088450
Resto	1260351550	1581586750	1824364847	2015875975	2174073885	2311904898	3827410023	3943761780	4055101829	4163701156	4269979251	4377117486

Fuente: Elaboración propia en base a información ingresos y egresos.

Tabla 3-7. Indicadores

VAN:	\$ 12.665.706.388,51
TIR:	23204%
PRI meses:	0,001823563

Fuente: Elaboración propia en base a información de VAN, TIR y PRI.

Como análisis general se aprecia que con la inversión realizada para la instalación de sistemas de protección se logra disminuir los costos asociados a la accidentabilidad lo que genera un importante ahorro para la compañía proporcionando además espacios seguros para los trabajadores.

CONCLUSIONES

A lo largo del desarrollo de la carrera se fueron adquiriendo conocimientos que permitieron entender el comportamiento y características de sistemas y materiales, logrando determinar espacios peligrosos para los operadores y áreas en donde el trabajo puede resultar en alguna lesión.

Se logró dar solución a una problemática existente en las máquinas cigarreras desde hace ya bastante tiempo, quizás no de una manera fácil o económica, sin embargo, su desarrollo permite mitigar en gran parte el riesgo al cual se exponen los trabajadores al realizar sus labores en este espacio considerado como una zona de peligro.

Observando el valor de los indicadores desde el punto de vista de la seguridad que otorga al operador, los posibles accidentes que puede evitar y los beneficios que trae para la empresa este sistema y la gestión en seguridad de BAT, el proyecto es sin duda una inversión.

El solo fin de proporcionar un espacio seguro de trabajo para los operarios por parte de quien proyecta, concluyó en el desarrollo de un dispositivo funcional y ergonómico que cumple con todos los requerimientos expresados por BAT Chile y los operarios, por lo que ya ha sido, a la fecha, instalado en 5 de 7 máquinas, con ciertas variaciones según el modelo, lo que sin duda es una respuesta positiva hacia el trabajo desarrollado.

Defensas instaladas en SMD:



BIBLIOGRAFÍA

- <https://es.wikipedia.org/wiki/Acero>
- <http://www.arqhys.com/arquitectura/acero-propiedades.html>
- <http://www.vignola.cl/neumatica.html>
- <https://www.taylorsa.cl/>
- https://previa.uclm.es/area/ing_rural/CalculoEstructuras/Temas/Tema1.PDF
- <http://acerosray.cl/acero-carbono/sae-1045/>
- <http://www.uchile.cl/portal/presentacion/prorroctoria/direccion-de-recursoshumanos/salud-ocupacional/69040/estadisticas-de-siniestralidad-y-accidentabilidad>
- <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=23082> / _Documentación recibida en la Universidad/Apuntes en clases del alumno.

ANEXOS

ANEXO A: OTRAS FOTOGRAFÍAS.



Montaje de elementos.



Cambio de posición de mando de la protección.



Base del sistema (alta)



Preparación de la base para montaje de componentes.