



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

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA COEXTRUSORA DE  
TRES CAPAS DE CABEZAL PLANO PARA POLIETILENO Y POLIPROPILENO**

**Héctor Octavio Hernández Samayoa**  
Asesorado por el Ing. Julio César Molina Zaldaña

Guatemala, febrero de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA COEXTRUSORA DE  
TRES CAPAS DE CABEZAL PLANO PARA POLIETILENO Y POLIPROPILENO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**HÉCTOR OCTAVIO HERNÁNDEZ SAMAYOA**

ASESORADO POR EL ING. JULIO CÉSAR MOLINA ZALDAÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Jorge Mario Morales González
EXAMINADOR	Ing. Carlos Guillermo Fajardo Godoy
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. José Arturo Estrada Martínez
SECRETARIO	Ing. Edgar José Bravatti Castro

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA COEXTRUSORA DE TRES CAPAS DE CABEZAL PLANO PARA POLIETILENO Y POLIPROPILENO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 24 de julio de 2013.



**Héctor Octavio Hernández Samayoa**

Guatemala, noviembre de 2014

Ingeniero  
Julio César Campos Paiz  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

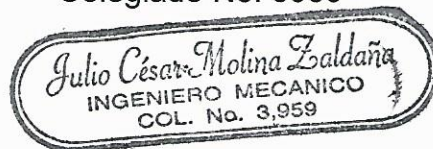
Ingeniero Campos:

Respetuosamente, le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA COEXTRUSORA DE TRES CAPAS DE CABEZAL PLANO PARA POLIETILENO Y POLIPROPILENO** presentado por el estudiante **Héctor Octavio Hernández Samayoa** y después de haber realizado las correcciones pertinentes, considero que cumple con los objetivos que le dieron origen.

Por lo tanto, hago de su conocimiento que, en mi opinión, dicho trabajo llena los requisitos necesarios para ser sometido a discusión en su Examen General Público y recomiendo su aprobación para el efecto.

Atentamente,

  
Ing. Julio César Molina Zaldaña  
Ingeniero Mecánico  
Colegiado No. 3959



Ref.E.I.Mecanica.321.2014

El Coordinador del Área de Complementaria, de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA COEXTRUSORA DE TRES CAPAS DE CABEZAL PLANO PARA POLIETILENO Y POLIPROPILENO**. Del estudiante **Héctor Octavio Hernández Samayoa**, recomienda su aprobación.

*"Id y Enseñad a Todos"*



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Coordinador del Área de Complementaria  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, noviembre de 2014.

Ref.E.I.Mecanica.47.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Complementaria, del trabajo de graduación titulado **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA COEXTRUSORA DE TRES CAPAS DE CABEZAL PLANO PARA POLIETILENO Y POLIPROPILENO**, del estudiante **Héctor Octavio Hernández Samayoa**, procede a la autorización del mismo.

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
MA. Ing. Julio Cesar Campos  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, febrero de 2015





DTG. 070.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA COEXTRUSORA DE TRES CAPAS DE CABEZAL PLANO PARA POLIETILENO Y POLIPROPILENO**, presentado por el estudiante universitario: **Héctor Octavio Hernández Samayoa**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 20 de febrero de 2015

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por la vida.
<b>Mis padres</b>	María del Carmen Samayoa Carranza de Hernández (q.e.p.d.) y José Octavio Hernández Guerrero (q.e.p.d.), por su apoyo y sacrificio.
<b>Mi esposa</b>	Ana Verónica Villatoro de Hernández, por su persistencia en lograr sus metas.
<b>Mis hijos</b>	Andrea María y Héctor Estuardo Hernández Villatoro, por su tenacidad y sabiduría.
<b>Mis hermanos</b>	Carlos Augusto, Silvia Leticia, Jorge Roberto, Elsa Marina, Flor de María, Gloria Estela y María del Carmen Hernández Samayoa, cuya preparación universitaria ha sido un ejemplo.
<b>Mis sobrinos</b>	Mirella Grajeda Hernández, Zayra y Mary Hernández Gamez, Carlos Hernández Corona, Walter y Carmen María Arévalo Hernández, Miriam Chicas Hernández, Kevin Lobos Hernández y Solymar Ovando Hernández, mi admiración por sus logros.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Inga. Gloria Estela  
Hernández Samayoa**

Por su apoyo profesional.

**Ing. Carlos Humberto  
Pérez Rodríguez**

Por su ayuda y asesoría.

**Ing. Julio César  
Molina Zaldaña**

Por su valioso aporte para la realización de este trabajo.

**Ing. Carlos Guillermo  
Fajardo**

Por su amistad sincera.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	V
GLOSARIO .....	VII
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Función de cada módulo de una coextrusora de cabezal plano y del equipo auxiliar .....	2
1.2. Mantenimiento preventivo en lugar de mantenimiento correctivo .....	8
2. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA COEXTRUSORA DE TRES CAPAS DE CABEZAL PLANO.....	11
2.1. Codificación de partes de la coextrusora y equipo auxiliar .....	11
2.1.1. Submódulos que forman parte de un extrusor .....	12
2.1.2. Submódulos que integran el cabezal.....	14
2.1.3. Submódulos que conforman el <i>chill roll</i> .....	15
2.1.4. Submódulos que forman parte del calibrador de espesor de película.....	15
2.1.5. Submódulos que conforman el tratador corona .....	16
2.1.6. Submódulos que son parte del eliminador de estática .....	16
2.1.7. Submódulos que conforman el embobinador .....	17

2.2.	Programa de mantenimiento para los diferentes módulos de la coextrusora de tres capas de cabezal plano para polietileno y polipropileno .....	17
3.	IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO PARA UNA COEXTRUSORA DE TRES CAPAS DE CABEZAL PLANO PARA POLIETILENO Y POLIPROPILENO.....	31
3.1.	Formatos para el registro del mantenimiento de la coextrusora y del equipo auxiliar .....	31
3.2.	Propuesta al Departamento de Producción de la implementación del mantenimiento preventivo para una coextrusora de tres capas de cabezal plano .....	36
3.3.	Mantenimiento efectuado del 01/07/2013 al 30/06/2014.....	52
3.4.	Análisis de resultados .....	57
	CONCLUSIONES.....	61
	RECOMENDACIONES .....	63
	BIBLIOGRAFÍA.....	65
	ANEXOS.....	67

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Cañón y tornillo de un extrusor .....	3
2.	Disposición de resistencias y ventiladores en un extrusor .....	4
3.	Tolva y trampa de imanes .....	4
4.	Disposición del cambiafiltros en un extrusor .....	5
5.	Cabezal plano de una coextrusora.....	6
6.	Lienzo cayendo sobre el <i>chill roll</i> .....	7

### TABLAS

I.	Mantenimiento propuesto para extrusor A .....	18
II.	Mantenimiento propuesto para extrusor B .....	19
III.	Mantenimiento propuesto para extrusor C .....	20
IV.	Mantenimiento propuesto para alimentadores de resina.....	21
V.	Mantenimiento propuesto para cabezal .....	22
VI.	Mantenimiento propuesto para <i>chill roll</i> .....	23
VII.	Mantenimiento propuesto para calibrador de espesor de película .....	24
VIII.	Mantenimiento propuesto para tratador corona .....	25
IX.	Mantenimiento propuesto para eliminador de estática .....	25
X.	Mantenimiento propuesto para embobinador de película.....	26
XI.	Mantenimiento propuesto para general.....	28
XII.	Mantenimiento propuesto para panel de control .....	28
XIII.	Mantenimiento propuesto para reciclén .....	29
XIV.	Registro del mantenimiento efectuado .....	32

XV.	Registro de paros por mantenimiento correctivo .....	33
XVI.	Control de velocidad de los rodillos .....	34
XVII.	Solicitud de mantenimiento correctivo .....	35
XVIII.	Mantenimiento preventivo módulo extrusor A.....	36
XIX.	Mantenimiento preventivo módulo extrusor B.....	37
XX.	Mantenimiento preventivo módulo extrusor C.....	39
XXI.	Mantenimiento preventivo módulo alimentador de resina A .....	41
XXII.	Mantenimiento preventivo módulo alimentador de resina B .....	41
XXIII.	Mantenimiento preventivo módulo alimentador de resina C .....	42
XXIV.	Mantenimiento preventivo módulo cabezal.....	43
XXV.	Mantenimiento preventivo módulo <i>chill roll</i> .....	44
XXVI.	Mantenimiento preventivo módulo calibrador de espesor de película..	46
XXVII.	Mantenimiento preventivo módulo tratador corona.....	47
XXVIII.	Mantenimiento preventivo módulo eliminador de estática .....	48
XXIX.	Mantenimiento preventivo módulo embobinador de película .....	48
XXX.	Mantenimiento preventivo módulo general .....	50
XXXI.	Mantenimiento preventivo módulo panel de control.....	51
XXXII.	Mantenimiento preventivo módulo reciclén.....	51
XXXIII.	Mantenimiento efectuado del 01/07/2013 al 30/06/2014 .....	52
XXXIV.	Resultados obtenidos en la implementación del programa de mantenimiento preventivo para una coextrusora de tres capas de cabezal plano para polietileno y polipropileno .....	58



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>h</b>	Hora
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m</b>	Metro lineal
<b>mm</b>	Milímetro
<b>min</b>	Minuto
<b>Σ</b>	Suma
<b>%</b>	Porcentaje



## GLOSARIO

<b>Cabezal plano</b>	Molde o dado colocado a la salida del extrusor, para darle forma plana a la mezcla fundida y obtenerla en forma de lienzo o laminar.
<b>Caja reductora</b>	Dispositivo mecánico que reduce las revoluciones a la salida de un motor.
<b>Calibrador de espesor</b>	Dispositivo empleado para medir el espesor del sustrato o film.
<b>Extrusión</b>	Es el primer paso para convertir el plástico sólido a una masa fundida, que puede ser moldeada usando calor y presión.
<b>Extrusor</b>	Equipo utilizado para convertir el plástico de estado sólido a una masa fundida.
<b>Mantenimiento</b>	Actividades que se realizan con el fin de mantener las condiciones operativas para las que fue diseñada una máquina; debe contribuir a mejorar la eficiencia de la misma.
<b>Mantenimiento correctivo (MC)</b>	Actividades de mantenimiento que se realizan cuando la máquina ya ha fallado.

<b>Mantenimiento de cambio de tiraje (MCT)</b>	Mantenimiento que, normalmente se realiza en menos de una hora y que es ejecutado durante el proceso de cambio de una orden de producción a otra. Su objetivo es no afectar la productividad del proceso de producción.
<b>Mantenimiento paro de máquina (MPM)</b>	Mantenimiento que puede realizarse cuando la máquina está parada. Normalmente, ocupa más de una hora.
<b>Mantenimiento preventivo (MP)</b>	Es el mantenimiento que incluye todas las actividades de conservación que alarguen la vida útil de cada elemento de una máquina, para prevenir los paros por fallo de la misma.
<b>Pirómetro</b>	Dispositivo electrónico cuya función es detectar, comparar y controlar la temperatura en el punto de medición.
<b>Polietileno</b>	Plástico de amplio uso en el empaque debido a su bajo costo y excelentes propiedades para múltiples aplicaciones.
<b>Polipropileno</b>	Plástico utilizado en empaque flexible; presenta mayor transparencia y rigidez que el polietileno.
<b>Resina o plástico</b>	Es usado en el empaque debido a sus excepcionales propiedades físicas, mecánicas y químicas. Es versátil y fácil de procesar con vidrio, metal o base de celulosa. Su costo es relativamente bajo.

<b>Taco generador</b>	Dispositivo eléctrico que proporciona información respecto de la velocidad de un motor.
<b>Trampa de imanes</b>	Disposición de imanes que se colocan dentro de la tolva de alimentación de resina, para atrapar las partículas ferrosas y evitar que ingresen al extrusor.
<b>Tratador corona</b>	Dispositivo que emplea alto voltaje para mejorar la adhesión de tintas o adhesivos del sustrato o film.





## RESUMEN

El plástico es un componente que cada día es más utilizado como material de empaque y se le conoce como empaque flexible.

Para establecer este programa de mantenimiento preventivo para una coextrusora de tres capas de cabezal plano para polietileno y polipropileno, se inició explicando la función de cada uno de los módulos que conforman la coextrusora, que es una máquina que a partir de plástico sólido en gránulos permite obtener un lienzo que posteriormente, será convertido en empaque flexible.

Existe alta demanda de empaque flexible, por lo que esta coextrusora funciona las 24 horas durante casi todo el año; de modo que es importante darle el mantenimiento adecuado para garantizar la disponibilidad de la máquina y no afectar la productividad de la misma.

Se desarrolló un programa de mantenimiento preventivo para la coextrusora de tres capas de cabezal plano para polietileno y polipropileno, definiendo las secciones principales de la máquina (módulo) y las subsecciones (submódulos) de acuerdo con la función que realizan. Se establecen las actividades de mantenimiento y la frecuencia de ejecución de las mismas.

Se implementó el programa de mantenimiento preventivo propuesto y se analizaron los resultados, llegando a conclusiones y recomendaciones interesantes.



# OBJETIVOS

## General

Elaborar un programa de mantenimiento preventivo para una coextrusora de tres capas de cabezal plano, para polietileno y polipropileno.

## Específicos

1. Establecer las actividades de mantenimiento preventivo para la coextrusora y los equipos auxiliares involucrados en el proceso.
2. Determinar la frecuencia de realización de las actividades del mantenimiento propuesto.
3. Determinar la efectividad del programa establecido y obtener como consecuencia el incremento en la disponibilidad de la máquina; para aumentar la productividad de la misma.



## INTRODUCCIÓN

La coextrusora para polietileno y polipropileno es una máquina diseñada para la transformación de resina de polietileno y polipropileno a sustrato o film, que se utiliza para fabricar bolsas de plástico o bobinas para empaque automático de diferentes productos.

En este estudio de mantenimiento fue elaborado para una coextrusora de cabezal plano de tres capas para polietileno y polipropileno, debido a la demanda que tiene el plástico, es necesario que la coextrusora trabaje 24 horas diarias, por lo que un mantenimiento adecuado garantizará la disponibilidad de la máquina.

El presente estudio desarrolló e implementó un programa de mantenimiento preventivo para la coextrusora de cabezal plano de tres capas, expresado en tres capítulos. En el primero se describe el proceso de extrusión con la máquina coextrusora y explica el funcionamiento de cada uno de sus componentes dividiéndolos en módulos y submódulos. Además, se explica los beneficios de contar con mantenimiento preventivo a cambio del mantenimiento correctivo.

En el capítulo dos se propone una codificación de cada una de los componentes de la coextrusora y del equipo auxiliar utilizado, para facilitar la identificación de cada una de sus partes. Luego, en el tercero, se da a conocer el programa de mantenimiento preventivo, especificando las actividades que van a aplicarse en cada uno de los módulos, submódulos y la frecuencia de realización.

En el capítulo tres se presentan los resultados obtenidos de la puesta en marcha, durante un año consecutivo, del programa de mantenimiento preventivo para la coextrusora de cabezal plano de tres capas, para polietileno y polipropileno; muestra los formatos empleados y los resultados obtenidos, hasta completar con un análisis de resultados.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones correspondientes después de implementar el programa propuesto de mantenimiento preventivo para una coextrusora de tres capas de cabezal plano, para polietileno y polipropileno.



## 1. GENERALIDADES

El plástico tiene propiedades de aislamiento térmico y eléctrico, resistente a la corrosión, permite moldearse con formas complejas e integrarse con distintos materiales para diferentes usos: envases, embalajes, construcción, transporte, electricidad, electrónica, agricultura, medicina y deportes (en el anexo 1 se listan usos comunes de los diferentes plásticos).

El plástico empleado como material de empaque ha reemplazado al papel, cartón, vidrio, acero, aluminio y madera. Las ventajas del plástico para empaque incluyen: bajo peso, bajo costo, durabilidad, fácil formado y versatilidad de la forma. La función básica del empaque de plástico es proteger el producto, porque provee una barrera o capa protectora entre el producto y el ambiente.

El proceso para transformar los gránulos de plástico sólido se realiza en un extrusor, que mediante calor y presión, los convierte en una masa fundida que de acuerdo con el cabezal (molde), que se coloque al final del extrusor, puede obtenerse diferentes productos aplicando diferentes procesos de extrusión:

- **Burbuja:** se coloca un cabezal anular a la salida del extrusor, obteniéndose un tubo de plástico. Este se utiliza para fabricar bolsas con sello de fondo.
- **Inyección:** la masa fundida es presionada hacia un molde colocado a la salida del extrusor para que tome la forma del mismo, posteriormente, es enfriada y extraída del molde. Proceso utilizado para fabricar tapaderas.

- Moldeo por soplado: se coloca un molde que tiene una cavidad por la que entra aire. Cuando el material fundido ha ingresado al molde se inyecta aire comprimido provocando que el material se pegue al molde, posteriormente, se enfría y se extrae del molde. Proceso para fabricar envases.
- Cabezal plano o *cast*: después del extrusor se coloca un cabezal plano de manera que la masa se transforma en un lienzo o película. Este proceso se emplea para elaborar bobinas utilizadas en empaque automático industrial.

En el proceso de plástico de cabezal plano pueden extruirse películas formadas por más de una capa, requiriendo un extrusor para cada capa, las que son conducidas al cabezal, de manera que al salir de este, forman un solo lienzo con capas homogéneas sin mezclarse, y se requerirá tantos extrusores como capas contenga el lienzo; estas multicapas están unidas y no pueden separarse porque cada resina es fundida en un extrusor individual.

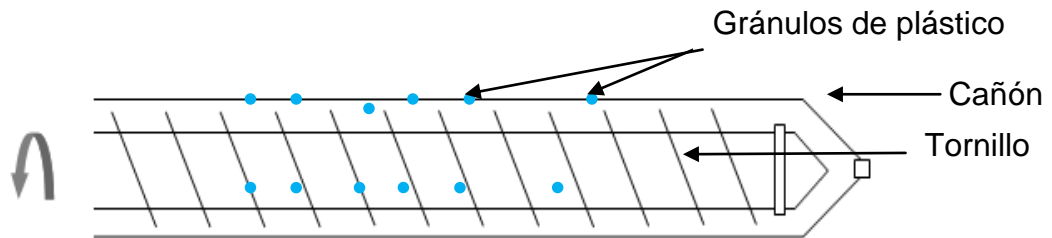
Una extrusora formada por más de un extrusor se denomina coextrusora, y en este estudio se analizará una coextrusora de tres capas de cabezal plano que procesa polietileno y polipropileno.

### **1.1. Función de cada módulo de una coextrusora de cabezal plano y del equipo auxiliar**

El proceso de extrusión, básicamente, consiste en un cilindro (cañón) dentro del cual se encuentra un tornillo sinfín, que al girar recoge en uno de sus extremos, los gránulos de plástico o resina termoplástica y los transporta hacia

el otro extremo, a través de su longitud, aplicándoles presión y calor convirtiéndolos en una masa fundida, como se observa a continuación:

Figura 1. **Cañón y tornillo de un extrusor**



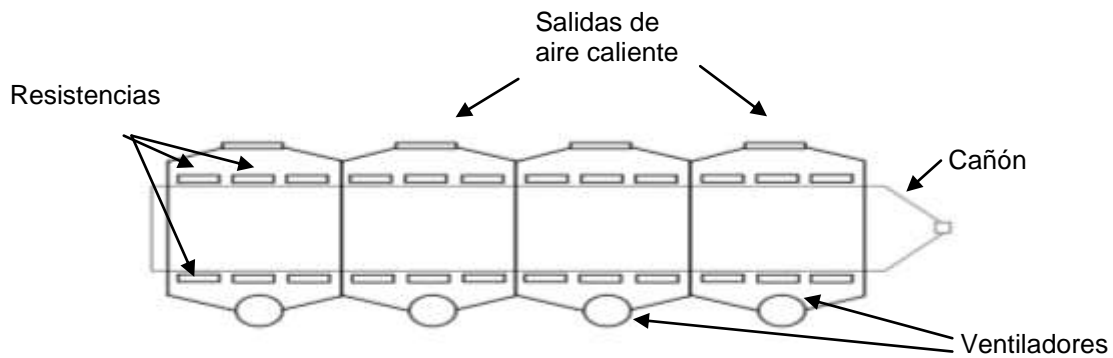
Fuente: elaboración propia, con programa Word.

Para obtener un proceso continuo, debe colocarse al extremo del cañón una tolva que contendrá los granos de plástico o resina que entran al extrusor, y para fundirlos tiene alrededor del cañón, en toda su longitud, bandas calentadoras (resistencias eléctricas) y un pirómetro para mantener controlada la temperatura en cada zona del cañón.

De manera que, cuando la temperatura es inferior a la deseada, se energizan las resistencias eléctricas, y cuando la temperatura es superior a la deseada, entonces se acciona un ventilador para que retire el calor.

La disposición de las resistencias y los ventiladores se presenta en la página siguiente.

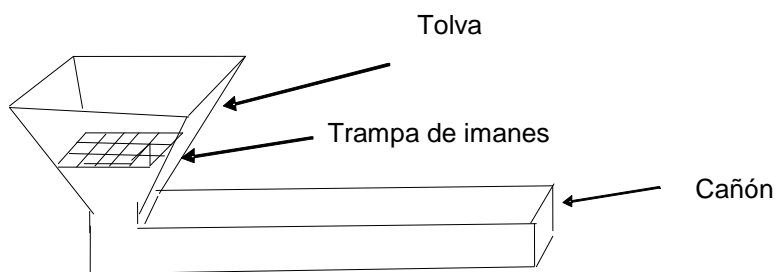
Figura 2. **Disposición de resistencias y ventiladores en un extrusor**



Fuente: elaboración propia, con programa Word.

La resina en la tolva puede tener contaminantes ferrosos, por lo que, debe protegerse el interior del cañón y el tornillo, mediante una trampa de imanes colocada dentro de la tolva.

Figura 3. **Tolva y trampa de imanes**

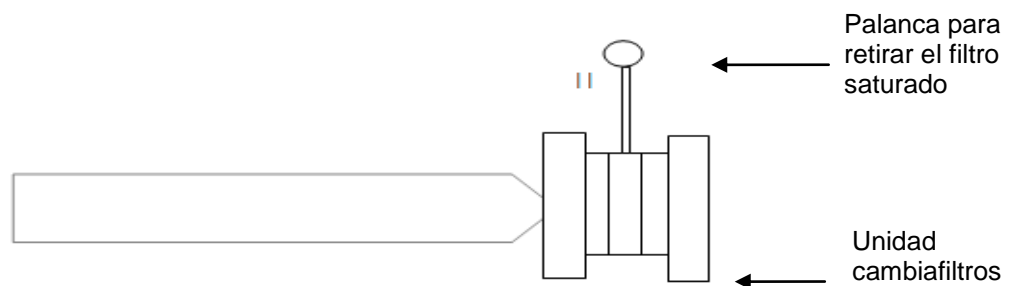


Fuente: elaboración propia, con programa Word.

Para retener las impurezas no ferrosas que puedan estar en la resina ya fundida, el extrusor tiene colocado un filtro a la salida del cañón.

Cuando este filtro esté saturado de las impurezas que ha atrapado, debe cambiarse, y para no tener que desarmar la unidad, este filtro viene instalado en una unidad cambiafiltros, que permite retirarlo e instalar uno nuevo, simplemente, al accionar una palanca, como puede apreciarse en la figura siguiente:

Figura 4. **Disposición del cambiafiltros en un extrusor**

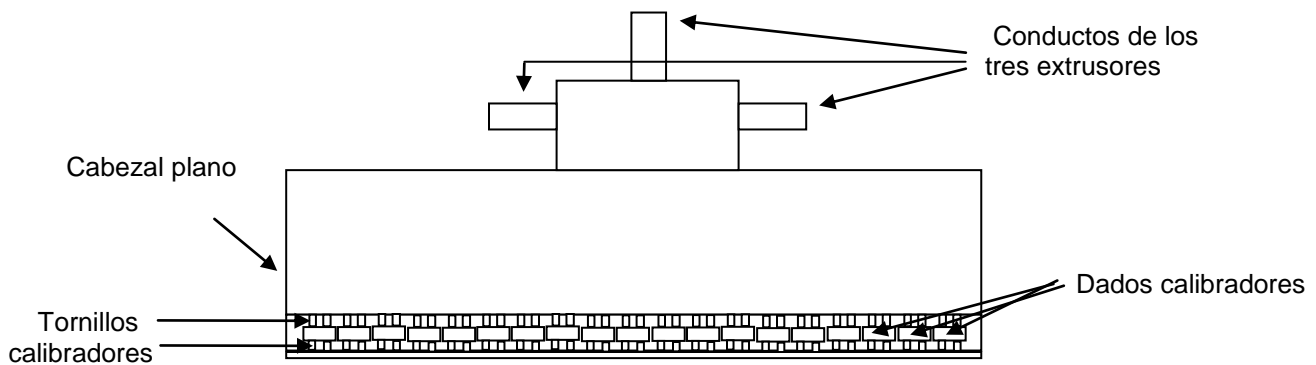


Fuente: elaboración propia, con programa Word.

La resina fundida sale de cada uno de los tres cañones (porque la coextrusora contiene tres extrusoras) y pasa a un mezclador, que prepara las tres capas de material fundido, para que entren ordenadamente a un molde (cabezal plano) que le dará la forma plana al sustrato (lienzo).

El cabezal plano también tiene resistencias eléctricas y 6 pirómetros para mantener una temperatura constante. Además, para regular el espesor del sustrato a la salida del cabezal, este cuenta con tornillos calibradores que permiten regular el espacio entre los labios superior e inferior, como se muestra en la página siguiente:

Figura 5. **Cabezal plano de una coextrusora**



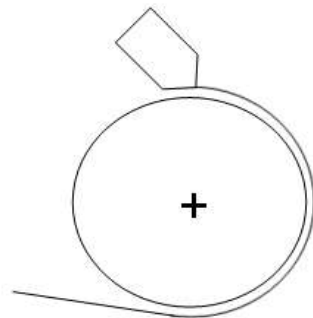
Fuente: elaboración propia, con programa Word.

Después de obtener la resina fundida en forma de lienzo, debe darse el espesor requerido (calibre), lo cual se logra haciendo pasar el lienzo sobre una superficie cilíndrica con velocidad controlada (conocido como *chill roll*) y el espesor del lienzo se controla mediante la velocidad del cilindro, es decir, a más velocidad menos espesor obtenido, y viceversa.

Además, la consistencia del lienzo se obtiene al enfriar la superficie del *chill roll*.

Un esquema de un lienzo cayendo sobre el *chill roll*, puede observarse en la página siguiente:

Figura 6. **Lienzo cayendo sobre el *chill roll***



Fuente: elaboración propia, con programa Word.

Como se mencionó, el calibre del lienzo depende de la velocidad del *chill roll*, por lo que, a la salida de este hay un calibrador de espesor de película. El control del espesor se logra de la forma siguiente: si el espesor medido es mayor al requerido, entonces, se aumenta la velocidad del *chill roll* y, viceversa.

Cuando se imprimirá un lienzo es necesario aumentar la tensión superficial del mismo a un valor superior al de la tinta, y para ello, se tiene una unidad de tratamiento de corona colocada después del medidor de espesor.

En este momento, la resina ha sido calentada, fundida, presionada, enfriada y ha pasado por varios rodillos, por lo que, ha adquirido carga estática y es el momento de retirarle la carga adquirida, esto se logra con un eliminador de carga estática después del tratamiento corona. Finalmente, se tiene el lienzo preparado y la extrusora lo entrega a la unidad de embobinado. En esta unidad se recibe el lienzo con un rodillo halador y mientras la película sea más ancha y tenga mayor espesor, el rodillo tendrá que halar más y necesitará más tensión para halar la película.

Si la máquina entregara el rollo con esa tensión, las capas superiores presionarían más a las capas internas, y esto provocaría que el rollo colapse por el centro, así que para controlar esa tensión de embobinado, hay un rodillo embobinador y, al final del proceso, se enrolla el lienzo en un tubo de cartón (conocido comúnmente como Core) colocado sobre la barra bobinadora.

## **1.2. Mantenimiento preventivo en lugar de mantenimiento correctivo**

El mantenimiento comprende todas las actividades que se realizan con el objeto de “mantener” las condiciones operativas para lo que fue diseñada una máquina.

Con el mantenimiento se pretende garantizar la disponibilidad operativa de la maquinaria y alargar la vida útil de cada elemento que la conforma.

El mantenimiento debe contribuir a mejorar la eficiencia de la maquinaria, realizando modificaciones al diseño original y actualizando los elementos obsoletos para tener mejor tecnología que cuando fue diseñada la máquina original.

Tipos de mantenimiento: mantenimiento de conservación y mantenimiento de actualización.

El mantenimiento de conservación pretende compensar el deterioro sufrido por el uso de la maquinaria o el ocasionado por agentes externos. Puede ocurrir que un fallo paralice la máquina y entonces requiera reparación o puede anticiparse al fallo para hacer la reparación; de allí que el mantenimiento de conservación puede dividirse en: correctivo y preventivo, respectivamente.



El mantenimiento correctivo es para “corregir” los defectos cuando la máquina ha fallado y en ese momento, podría suceder:

- Que un elemento defectuoso pudo haber dañado otros componentes de la máquina y esto representa una reparación más costosa y prolongada.
- Que no haya personal de mantenimiento disponible para realizar la reparación.
- Que se requiera servicio de taller externo y que por ser hora inhábil no se cuente con el mismo, y por lo tanto, se prolongará el tiempo de reparación.
- Que no haya disponibilidad del repuesto en bodega, por lo que, deberá buscarse en el mercado local, fabricarse o realizarse los trámites para importación, por lo que prolongará el tiempo de reparación.

Por lo tanto, el mantenimiento correctivo provoca la indisponibilidad inmediata de la máquina, afectando el programa de producción. En la máquina donde se aplicará este estudio, se registraron 23 días de indisponibilidad por mantenimiento correctivo durante un año, por lo que surgió la oportunidad de hacer una propuesta de mantenimiento para reducir esa indisponibilidad.

En el mantenimiento preventivo se programan las actividades siguientes:

- Inspección del funcionamiento del equipo
- Inspección del funcionamiento de los dispositivos de seguridad
- Limpieza de los elementos inspeccionados
- Lubricación de acuerdo con las recomendaciones del fabricante
- Calibración según tolerancias establecidas

- Ajuste según especificaciones (torques, juegos entre engranajes)
- Reparación de piezas defectuosas
- Cambio de piezas

Es decir que el mantenimiento preventivo incluye todas estas actividades de conservación para que alarguen la vida útil de cada elemento de la máquina y para prevenir los paros por fallo, para garantizar la disponibilidad y fiabilidad de la misma.

En el mantenimiento preventivo debe registrarse la fecha y hora de cada reparación, así como las condiciones en que se encuentra la máquina (reparación A), después de un periodo de funcionamiento debe realizarse una segunda reparación (reparación B) para verificar el estado de cada uno de los elementos (piezas) y, dependiendo de las condiciones en que se encuentren, deberá prolongarse o reducirse el período de mantenimiento preventivo para esa maquinaria.

Por consiguiente, del análisis de las reparaciones que se han hecho a la extrusora surge la propuesta de este estudio, denominada: “Programa de mantenimiento preventivo para una coextrusora de tres capas de cabezal plano para polietileno y polipropileno”.

## **2. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA COEXTRUSORA DE TRES CAPAS DE CABEZAL PLANO**

El programa de mantenimiento preventivo para la coextrusora se elaboró en una empresa de producción de empaque flexible, por lo que se procede a presentar el programa de mantenimiento mencionado, el cual ya demostró su eficiencia en el proceso de producción.

### **2.1. Codificación de partes de la coextrusora y equipo auxiliar**

Según el diccionario Webster: codificar es “identificar algo mediante una secuencia de letras o dígitos”.

Entonces, para la coextrusora de cabezal plano de tres capas se elaboró una codificación significativa, que proporcionó información según la parte del módulo a la cual se refiere.

Se describió el proceso de extrusión de la coextrusora mencionada en el capítulo anterior; ese proceso se divide en módulos para su fácil comprensión e identificación de sus elementos. Los módulos que conforman una coextrusora de cabezal plano de tres capas son:

- Módulo extrusor (que en este caso, son tres extrusores denominados: extrusores A, B y C)
- Alimentador de resina (A, B y C, respectivamente)
- Cabezal

- *Chill roll*
- Calibrador de espesor de película
- Tratador corona
- Eliminador de estática
- Embobinador de película
- General: incluye iluminación y sistema neumático para toda la máquina
- Panel de control
- Reciclén

El equipo auxiliar de la coextrusora está conformado por los alimentadores de resina (equipos que suministran resina a las tolvas) y el reciclén (equipo que se encarga de reprocesar en línea, es decir el material de las orillas que es reciclado directamente a extrusión).

En los párrafos siguientes, se indicarán los submódulos que conforman cada uno de los módulos y se proporcionará un ejemplo de referencia para un elemento, utilizando la codificación establecida.

### **2.1.1. Submódulos que forman parte de un extrusor**

- Tornillo
- Cañón
- Motor de accionamiento del tornillo
- Ventilador del motor de accionamiento del tornillo
- Taco generador del motor de accionamiento del tornillo
- Caja reductora del motor principal para accionamiento del tornillo
- Zona de alimentación y serpentín de enfriamiento

- Zonas de calentamiento (1, 2, 3, 4, 5 y 6) de los extrusores y del cambiafiltros. Cada zona de calentamiento tiene sus resistencias calefactoras, un ventilador, espigas de conexión y un pirómetro de control.

Para aplicar esta codificación descriptiva, debe recordarse que es una coextrusora de cabezal plano de tres capas, lo que significa que son 3 extrusores, que en lo sucesivo se denominarán: A, B y C.

Entonces, como ejemplo de la codificación descriptiva, para referirse a un ventilador debe especificarse así: ventilador de la zona de calentamiento 3, del extrusor B.

Los submódulos que conforman el alimentador de resina son:

- Panel de control
- Motor de accionamiento de la turbina
- Turbina succionadora
- Sensor de nivel
- Sonda succionadora
- Mangueras de conexión.

Como ejemplo de la codificación descriptiva: para referirse a una turbina se indicará: turbina succionadora del aspirador de resina del extrusor B.

Los submódulos que conforman el cambiafiltros son:

- Anillo centrador de entrada
- Bridas de conexión
- Termocopla

- Empaque de teflón
- Resistencias eléctricas
- Anillos de contacto
- Raqueta porta filtros
- Tornillos fijadores.

Como ejemplo de la codificación descriptiva, al referirse a un empaque de teflón se indicará: empaque de teflón del cambia filtros del extrusor C.

### **2.1.2. Submódulos que integran el cabezal**

- Cuerpo superior
- Cuerpo inferior
- Resistencias calefactoras
- Termocoplas
- Tornillos
- Tornillos calibradores del labio
- Dados porta tornillos calibradores
- Labio superior flexible del cabezal
- Labio inferior del cabezal
- Pines fijadores
- Empaques laterales

Como ejemplo de la codificación descriptiva, para referirse a una termocopla se indicará: termocopla de la zona 3 del cabezal.

### **2.1.3. Submódulos que conforman el *chill roll***

- *Chill roll*
- Soportes del *chill roll*
- Juntas rotatorias
- Motor de accionamiento del *chill roll*
- Conexiones del *chill roll*
- Panel de control
- Mecanismo de desplazamiento del *chill roll*
- Cuchilla de aire
- Mecanismo de acercamiento de la cuchilla de aire

Para mostrar la aplicación de la codificación descriptiva, al referirse a una caja reductora se indicará: caja reductora del motor de accionamiento del *chill roll*.

### **2.1.4. Submódulos que forman parte del calibrador de espesor de película**

- Panel de control
- Sonda
- Puente
- Pantalla táctil
- Tacómetro
- Motor de desplazamiento de la sonda
- Sensores de límite de carrera

Como ejemplo de la codificación descriptiva, para referirse a un motor se indicará: motor de desplazamiento de la sonda medidora del calibrador de espesor.

#### **2.1.5. Submódulos que conforman el tratador corona**

- Generador
- Transformador
- Unidad del electrodo
- Motor
- Turbina y ductos de extracción
- Guardas para las cámaras de ventilación
- Mecanismo de graduación del electrodo

Como ejemplo de la codificación descriptiva, para referirse a un motor se indicará: motor de accionamiento de la turbina del sistema de extracción del tratador corona.

#### **2.1.6. Submódulos que son parte del eliminador de estática**

- Generador antiestático
- Barras ionizadoras
- Cables de conexión del generador a la barra ionizadora
- Soportes de las barras ionizadoras

Como ejemplo de la codificación descriptiva, para referirse a un soporte de barra se indicará: soporte de barra ionizadora superior lado operación del eliminador de estática.



### **2.1.7. Submódulos que conforman el embobinador**

- Rodillo halador
- Rodillo embobinador
- Barra embobinadora
- Motor accionamiento rodillo halador
- Caja reductora del motor de accionamiento del rodillo halador
- Motor accionamiento barra embobinadora
- Caja reductora del motor de accionamiento de la barra embobinadora
- Motor accionamiento rodillo embobinador
- Caja reductora del motor de accionamiento del rodillo embobinador
- Cortador de lienzo
- Accionamiento del mecanismo de tracción de la barra embobinadora
- Panel de control

Como ejemplo de la codificación descriptiva, para referirse a un sensor se indicará: sensor lado operacional de límite de carrera de la cuchilla cortadora de lienzo en el embobinador.

### **2.2. Programa de mantenimiento para los diferentes módulos de la coextrusora de tres capas de cabezal plano para polietileno y polipropileno**

En las siguientes tablas se describen las actividades de mantenimiento preventivo y la frecuencia de aplicación para cada uno de los módulos y submódulos que conforman una coextrusora.

Tabla I. **Mantenimiento propuesto para extrusor A**

MÓDULO	SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA (meses)			
			1	3	6	12
Extrusor A	Cambiafiltros	Revisar estado resistencias calefactoras y sus conexiones				X
		Revisar por fuga material y funcionamiento de la raqueta porta filtros			x	
		Revisar funcionamiento termocopla y adecuada sujeción				X
	Caja reductora motor principal	Revisar claridad y nivel de aceite, ajustar				X
		Mantenimiento general a bomba aceite lubricador				X
	Espigas de todas las zonas de calentamiento	Revisar ajuste de conexiones, espigas y conductores				X
	Motor accionamiento extrusor	Limpieza con aire y revisión del estado de carbones, colector y torquear conexiones				X
		Limpieza, cambio cojinetes, ajuste cuñas, cuñeros, escudos y torquear conexiones				X
	Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto				X
		Limpieza y torqueada general				X
	Pirómetros de todas las zonas de calentamiento	Revisar conexiones, espigas y conductores				X
		Verificar estado de resistencias calefactoras			x	
		Verificar adecuado funcionamiento				X
	Taco generador del motor de accionamiento del tornillo	Revisar estado carbones y colector, limpieza, cambio cojinetes				X
	Zona alimentación (serpentin)	Limpieza y verificar flujo de refrigerante			x	
	Tolva alimentación	Limpieza y revisión de estado de la trampa de imanes				X
	Tornillo extrusor y cañón	Limpieza tornillo y cañón				X
		Medir diámetro exterior tornillo e interior cañón y verificar desgaste				X
	Ventilador del motor de accionamiento del tornillo	Limpieza, cambio cojinetes, torquear conexiones, revisar desgaste escudos				X
	Ventiladores de las zonas de calentamiento	Limpieza, cambio cojinetes, torquear conexiones, revisar desgaste escudos				X

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Mantenimiento propuesto para extrusor B**

MÓDULO	SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA (meses)			
			1	3	6	12
Extrusor B	Cambia filtros	Revisar estado resistencias calefactoras y sus conexiones				x
		Revisar por fuga material y funcionamiento de la raqueta porta filtros			x	
		Revisar funcionamiento termocopla y adecuada sujeción				x
	Caja reductora motor principal	Revisar claridad y nivel de aceite, ajustar				x
		Revisar cojinetes, desgaste ejes, cuñas, cuñeros en bomba aceite				x
	Espigas de todas las zonas de calentamiento	Revisar ajuste de conexiones, espigas y conductores				x
	Motor Accionamiento Extrusor	Limpieza y revisar estado de carbones, colector y torquear conexiones				x
		Limpieza, cambio cojinetes, ajuste cuñas, cuñeros, escudos y torquear conexiones				x
	Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto				X
		Limpieza y torqueada general				X
	Pirómetros de todas las zonas de calentamiento	Revisar ajuste de conexiones, espigas y conductores				X
		Verificación adecuado funcionamiento				X
	Taco generador del motor de accionamiento del tornillo	Revisar estado carbones y colector, limpieza, cambio cojinetes				X
	Zona alimentación (Serpentín)	Limpieza y verificar flujo de refrigerante			x	
	Tolva alimentación	Limpieza y revisión de estado de la trampa de imanes				X
	Tornillo Extrusor y Cañón	Revisar estado y limpieza general				X
		Medir diámetro exterior tornillo e interior cañón y verificar desgaste				X
	Ventilador del motor de accionamiento del tornillo	Limpieza, cambio cojinetes, torquear conexiones, revisión desgaste escudos				X
	Zonas calentamiento	Verificar estado de resistencias calefactoras			x	
	Ventiladores de las zonas de calentamiento	Limpieza, cambio cojinetes, torquear conexiones, revisión desgaste escudos				X

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Mantenimiento propuesto para extrusor C**

MÓDULO	SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA			
			(meses)			
			1	3	6	12
Extrusor C	Cambiafiltros	Supervisar el estado de las resistencias calefactoras y sus conexiones				x
		Revisar material y funcionamiento de la raqueta portafiltros			x	
		Revisar funcionamiento termocopla y adecuada sujeción				x
	Caja reductora motor principal	Verificar claridad y nivel de aceite, ajustar				x
		Revisar cojinetes, desgaste ejes, cuñas, cuñeros en bomba aceite				x
	Espigas de todas las zonas de calentamiento	Revisar ajuste de conexiones, espigas y conductores				x
	Motor Accionamiento Extrusor	Limpieza y revisar estado de carbones, colector y torquear conexiones				x
		Limpieza, cambio de cojinetes, ajuste cuñas, cuñeros, escudos y torquear conexiones				x
	Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto				x
		Limpieza y torquedad general				x
	Pirómetros de todas las zonas de calentamiento	Revisar ajuste de conexiones, espigas y conductores				x
		Verificar estado de resistencias calefactoras			x	
		Verificación adecuado funcionamiento				x
	Taco generador del motor de accionamiento del tornillo	Revisar estado carbones y colector, limpieza, cambio cojinetes				x
	Zona alimentación (serpentín)	Limpieza y verificación de flujo de refrigerante			x	
	Tolva alimentación	Limpieza y revisión de estado de la trampa de imanes				x
	Tornillo extrusor y cañón	Revisar estado y limpieza general				x
		Medir diámetro exterior tornillo e interior cañón y verificar desgaste				x
	Ventilador del motor de accionamiento del tornillo	Limpieza, cambio cojinetes, torquear conexiones, revisión desgaste escudos				x
	Ventiladores de las zonas de calentamiento	Limpieza, cambio cojinetes, torquear conexiones, revisión desgaste escudos				x

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Mantenimiento propuesto para alimentadores de resina**

MÓDULO	SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA (meses)			
			1	3	6	12
Alimentador de resina A	Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto				x
	Panel de control	Limpieza y torqueada general				x
	Motor de accionamiento de la turbina	Limpieza, cambio cojinetes, verificar ajuste escudos, torquar conexiones				x
	Turbina succionadora	Limpieza general turbina y carcasa				x
	Sensor de nivel	Revisar ajuste y calibrar distancia sensado				x
	Sonda succionadora	Verificar funcionamiento adecuado				x
	Mangueras de conexión	Verificar estado de manguera y fijación adecuada				x
	Filtro aspiración	Verificar estado desgaste del filtro				x
Alimentador de resina B	Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto				x
	Panel de control	Limpieza y torqueada general				x
	Motor de accionamiento de la turbina	Limpieza, cambio cojinetes, verificar ajuste escudos, torquar conexiones				x
	Turbina succionadora	Limpieza general turbina y carcasa				x
	Sensor de nivel	Revisar ajuste y calibrar distancia sensado				x
	Sonda succionadora	Verificar funcionamiento adecuado				x
	Mangueras de conexión	Verificar estado de manguera y fijación adecuada				x
	Filtro aspiración	Verificar estado de desgaste del filtro				x
Alimentador de resina C	Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto				x
	Panel de control	Limpieza y torqueada general				x
	Motor de accionamiento de la turbina	Limpieza, cambio de cojinetes, verificar ajuste de escudos, torquar conexiones				x
	Turbina succionadora	Limpieza general turbina y carcasa				x
	Sensor de nivel	Revisar ajuste y calibrar distancia sensado				x
	Sonda succionadora	Verificar funcionamiento adecuado				x
	Mangueras de conexión	Verificar estado de manguera y fijación adecuada				x
	Filtro aspiración	Verificar estado desgaste del filtro				x

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Mantenimiento propuesto para cabezal**

MÓDULO	SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA (meses)			
			1	3	6	12
Cabezal	Cabezal	Limpieza interna del cuerpo superior e inferior del cabezal			x	
	Labio inferior del cabezal	Limpieza y revisión estado general			x	
	Tornillos calibradores del labio	Revisar estado y cambio de los tornillos ya sobrepresionados			x	
	Resistencias calefactoras	Revisar estado resistencias calefactoras y sus conexiones			x	
	Termocoplas	Revisar adecuada sujeción y funcionamiento			x	
	Dados porta tornillos calibradores	Revisar estado y funcionamiento adecuado y cambio si amerita			x	
	Labio superior flexible del cabezal	Limpieza y revisar estado general			x	
	Pines fijadores	Revisar desgaste y adecuada fijación			x	
	Empaques laterales	Revisar por fugas de material y estado general de los empaques			x	
	Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto				x
	Panel de control	Limpieza y torqueada general				x
	Pirómetros	Revisar adecuado funcionamiento y torqurear conexiones				x
	Tornillos acople de los cuerpos	Revisar estado general de los tornillos				x

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Mantenimiento propuesto para *chill roll***

MÓDULO	SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA (meses)			
			1	3	6	12
<i>Chill roll</i>	Caja reductora motor primario	Cambio cojinetes, retenedores, revisión estado polea				X
		Revisar nivel y estado del aceite, cuñas y cuñeros				X
	Caja reductora motor <i>chill roll</i> secundario	Cambio cojinetes, retenedores, revisión estado polea				X
		Revisar nivel y estado del aceite, cuñas y cuñeros				X
	Cepillo recto cámara Pe	Revisar estado del cepillo				X
	Cepillo quitacera para PP	Revisar cepillo, peineta y engrase de las chumaceras				X
		Revisar estado del cepillo				X
	Electrodos generador electrostático	Limpieza, revisar estado y ajuste fijaciones				X
	Generador electrostático	Limpiar botones, torqueada general				X
	Motor <i>chill roll</i> primario	Limpieza, cambio cojinetes, ajuste cuñas, cuñeros, escudos y torquar conexiones				X
	Motor <i>chill roll</i> primario	Revisar estado carbones y del colector, limpieza interior con aire y limpieza exterior				X
	Motor <i>chill roll</i> secundario	Limpieza, cambio cojinetes, ajuste cuñas, cuñeros, escudos y torquar conexiones				X
	Motor <i>chill roll</i> secundario	Revisar carbones y colector, limpieza con aire				X
	Taco generador motor primario	Revisar carbones , cambio cojinetes				X
	Taco generador motor secundario	Revisar carbones, colector, cambio cojinetes				X
	Caja reductora motor cepillo PP	Revisar nivel y estado del aceite, ajustes de cuñas y cuñeros				X
	Cámara succión Pe	Limpieza y revisión estado general				X
	Cámara succión PP	Limpieza y revisión estado general				X
	Cámara cuchilla Aire PP	Limpieza y sellado de la cámara de PP, revisión empaques teflón				X
	Cilindro neumático accionamiento rodillo prensador	Limpieza, inspección por fugas, lubricación, verificación adecuado funcionamiento				X
	Conexiones	Limpieza y revisión del adecuado ajuste de los conectores				X
	Cuchilla aire PP	Revisar acercamiento, estado caja tornillo sinfín y ajustes cuñas cuñeros				X
	Cuchilla aire PP	Limpieza y revisar adecuado funcionamiento. Alinear cuchilla y revisar topes.				X
Juntas rotatorias	Revisar por fuga refrigerante				X	
Juntas rotatorias	Revisar conexión adecuada				X	
Mecanismo ascenso y descenso del <i>chill roll</i>	Revisar adecuado funcionamiento y fijación de los límites de carrera				x	
Malla <i>chill roll</i>	Revisar estado de la malla				x	
Motor cepillo para PP	Limpieza, cambio cojinetes, ajuste cuñas, cuñeros, escudos y torquar conexiones				x	

Continuación de la tabla VI.

	Motor turbina cámara succión de Polietileno	Limpieza, cambio cojinetes, ajuste cuñas, cuñeros, escudos y torquear conexiones				x
	Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto				x
	Panel de control	Limpieza y torquedad general				X
	Rodillo prensador del <i>chill roll</i>	Revisar, estado desgaste del hule				X

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Mantenimiento propuesto para calibrador de espesor de película**

MÓDULO	SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA (meses)			
			1	3	6	12
Calibrador de espesor de película	Sonda	Realizar prueba de fuga	x			
		Levantamiento radiométrico	x			
	Puente	Verificar función de los Indicadores luminosos del scanner <i>open-close</i>	x			
		Limpieza y lubricación sistema arrastre. Ajuste tensión cadena		X		
	Panel control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto		X		
		Medir tiempo duración batería del UPS alimentando el sistema		X		
		Limpieza y torquedad general				x
	Motor de desplazamiento de la sonda	Limpieza externa, verificar funcionamiento adecuado				x
	Pantalla táctil	Limpieza y verificar adecuado funcionamiento				X
	<i>Encoder</i>	Verificar funcionamiento adecuado				X
	Sensores de límite de carrera	Limpieza, verificar sujeción y funcionamiento adecuados				X

Fuente: elaboración propia.



Tabla VIII. **Mantenimiento propuesto para tratador corona**

MÓDULO	SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA (meses)			
			1	3	6	12
Tratador corona	Cojinetes rodillo tratadora	Limpieza, inspección y engrase de cojinetes			x	
	Electrodos	Limpieza con solvente	x			
	Motor de turbina extracción ozono	Mantenimiento general, cojinetes motor, revisión estado cuñas y cuñeros				x
	Turbina extracción ozono	Limpieza interna, cambio cojinetes, revisar cuñas y cuñeros				x
	Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto				x
	Panel de control	Limpieza y torquedad general				x
	Generador	Medición temperatura, limpieza exterior y verificar correcta sujeción conectores				x
	Soporte de electrodos	Revisar fijación electrodo a su base				x
	Transformador de voltaje	Medición temperatura, limpieza exterior y verificar correcta sujeción conectores				x
	Ductos extracción ozono	Limpieza y revisar por posibles roturas, para evitar fugas de ozono			X	
	Guardas para las cámaras de ventilación	Revisar que estén en buen estado y verificar su buen funcionamiento			X	
	Electrodos	Calibrar la distancia de operación			X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Mantenimiento propuesto para eliminador de estática**

MÓDULO	SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA (meses)			
			1	3	6	12
Eliminador de estática	Generador antiestático	Limpieza, revisar estado general, torquear conexiones			X	
	Cables de conexión del generador a la barra ionizante	Limpieza, revisar estado general, torquear conexiones			X	
	Mecanismos de seguridad	Verificar adecuado funcionamiento	X			
	Barras ionizadoras	Limpieza y verificar estado		X		
	Soportes de la barras ionizantes	Verificar estado y buen funcionamiento		X		

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Mantenimiento propuesto para embobinador de película**

MÓDULO	SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA (meses)			
			1	3	6	12
Embobinador de película	Mecanismo cambio bobina	Revisar sujeción de la cuchilla de corte del sustrato	x			
		Revisar estado de los cojinetes guías del patín para corte de lienzo	x			
		Revisar alineamiento cilindros mesa para corte lienzo	x			
		Revisar estado faja rotación tangencial barra bobinadora	x			
		Revisar estado del patín del cilindro neumático para corte de lienzo		x		
		Revisar desgaste de la cadena guía de cilindros mesa para corte lienzo	x			
	Cilindro neumático cuchilla corte	Limpieza, engrase, alineación, revisar , verificar ajuste de piezas		x		
	Cojinetes lineales módulo embobinado	Limpieza, revisar estado general, engrase y alineación		x		
	Barra tope eje expansible embobinado	Limpieza, engrase y revisión de adecuado funcionamiento			x	
	Barras embobinadoras	Revisar el estado de los cojinetes de soporte			x	
		Revisar estado de dado tractor			x	
	Cojinete y tornillo bailarina	Limpieza, engrase, revisar estado y correcta alineación			x	
	Mecanismo tracción barra embobinado	Limpieza, engrase y revisión de adecuado funcionamiento			x	
	Mecanismo tracción barras embobinadoras	Revisar el estado de desgaste de ejes, cuñeros y cuñas			x	
		Revisar el estado de las fajas, y cambiar si es necesario			x	
		Verificar el estado del cilindro neumático y funcionamiento adecuado			x	
	Rodillo de presión a rodillo halador	Revisar superficie por posible desgaste				X
		Revisar eje por posible desgaste				X
	Rodillo halador	Revisar la superficie por posible desgaste				X
		Revisar eje por posible desgaste y ajuste cuñas y cuñeros				X
	Mecanismo cambio bobina	Revisar estado sensores y calibrar distancia sensado				X

Continuación de la tabla X.

Embobinador de película	Caja reductora motor rodillo embobinador	Limpieza, cambio cojinetes, estado ejes, cuñas, cuñeros				X
		Revisar nivel, claridad del aceite y verificar si hay fugas del mismo				X
	Caja reductora motor accionamiento barra embobinadora	Limpieza, cambio cojinetes, estado ejes, cuñas, cuñeros				X
		Revisar nivel, claridad del aceite y verificar si hay fugas del mismo				X
	Motor accionamiento barra embobinadora	Mantenimiento general, cojinetes, motor, ventilador, revisar cuñas y cuñeros				X
		Revisar carbones y colector, limpieza interior con aire y limpieza exterior				X
	Motor accionamiento rodillo halador	Mantenimiento general, cojinetes, motor, ventilador, revisar cuñas y cuñeros				X
		Revisar carbones y colector, limpieza interior con aire y limpieza exterior				X
	Motor accionamiento rodillo embobinador	Mantenimiento general, cojinetes, motor, ventilador, revisar cuñas y cuñeros				X
		Revisar carbones y colector, limpieza interior con aire y limpieza exterior				X
	Motor accionamiento guía sustrato	Limpieza, cambio cojinetes, torqu coastar conexiones				X
	Caja reductora motor accionamiento guía sustrato	Limpieza, cambio cojinetes, estado ejes, cuñas, cuñeros				X
		Revisar nivel, claridad del aceite y verificar si hay fugas del mismo				X
	Tornillo sinfín y cojinete guía sustrato	Revisar nivel y alineamiento tornillo				X
		Revisar adecuada sujeción del cojinete de la bailarina				X
	Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto				X
		Limpieza y torqu coasta general				X
	Rodillo embobinador	Revisión del estado cojinetes, puntas, cuñas y cuñeros				X
		Revisar desgaste superficie				X
		Revisión funcionamiento del <i>ratch</i>				X

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Mantenimiento propuesto para general**

MÓDULO	SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA (meses)			
			1	3	6	12
General	Sistema neumático	Revisar posibles fugas		X		
	Iluminación en toda la máquina	Limpieza y revisión estado general lámparas de la máquina, tubos, pantallas		X		
	Cabezal, <i>chill roll</i> , puente del calibrador de espesor, tratadora, embobinador	Revisar alineamiento y nivelación				x
	Rodillos libres en toda la máquina	Revisar estado por desgaste de su superficie y rotación adecuada				x

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Mantenimiento propuesto para panel de control**

MÓDULO	SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA (meses)			
			1	3	6	12
Panel de control	Paneles control extrusores, <i>chill roll</i> , embobinado, tratadora, calibrador	Limpieza			x	
	Pirómetros y amperímetros de calentamiento extrusores	Registro amperajes		x		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Mantenimiento propuesto para reciclén**

MÓDULO	SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA (meses)			
			1	3	6	12
Reciclén	Alimentador, fajas transmisión motor a tornillo alimentador	Revisión estado de fajas, alineación, torquear tornillos base motor			x	
	Cuchillas molino	Cambio de cuchillas	X			
	Alimentador, caja reductora tornillo alimentador reciclén	Revisar estado de cojinetes, bujes, cuñas, cuñeros				x
	Alimentador, motor tornillo alimentador	Revisión de carbones, limpieza interior y exterior, medir voltaje y amperaje				x
	Alimentador, caja reductora tornillo alimentador reciclén	Revisar estado del aceite, ajustar nivel o cambiar si es necesario			x	
	Rotor molino	Limpieza, engrase, revisión cojinetes rotor del molino, tuerca, arandela seguridad y empaques				x
	Fajas motor molino	Revisión estado fajas y poleas				x
	Motor molino	Mantenimiento general, cambio cojinetes, revisión escudos, limpieza				x
	Motor aspirador	Mantenimiento general, cambio cojinetes, revisión escudos, limpieza				x
	Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto				x
	Panel de control	Limpieza y torquedad general				x
	Removedor molido	Mantenimiento a removedor molido, motor, caja reductora, paleta removedora				x
	Alimentador, motor tornillo alimentador	Revisión de cojinetes, escudos, limpieza				x
	Alimentador, tornillo alimentador y cañón	Revisión del desgaste del tornillo y cañón				x
	Alimentador, caja reductora motor tornillo alimentador	Revisar la claridad y nivel de aceite, y ajustar		x		
Alimentador, caja reductora motor tornillo alimentador	Revisión cojinetes, estado cuñas, cuñeros y ajustes			x		

Fuente: elaboración propia.



### **3. IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO PARA UNA COEXTRUSORA DE TRES CAPAS DE CABEZAL PLANO PARA POLIETILENO Y POLIPROPILENO**

La puesta en marcha del programa de mantenimiento preventivo inició el 01 de junio del 2013 y concluyó el 30 de junio del 2014. En términos generales, se fabricaron lienzos de polietileno y polipropileno con medidas desde 0,80 m hasta 1,20 m de ancho, embobinados en bobinas de 4 000 a 5 000 metros de largo. Los operadores trabajan en turnos de 12 horas.

#### **3.1. Formatos para el registro del mantenimiento de la coextrusora y del equipo auxiliar**

Se diseñaron los formatos siguientes:

- Registro de mantenimiento efectuado
- Registro de paros por mantenimiento correctivo de la coextrusora
- Solicitud de mantenimiento correctivo

Tabla XIV. **Registro del mantenimiento efectuado**

<b>REGISTRO DEL MANTENIMIENTO EFECTUADO Núm. _____</b>						
Fecha de ejecución de la actividad:	Solicitud de mantenimiento No.: _____					
Equipo:	Módulo:					
Problema reportado:						
Descripción del problema encontrado:						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Limpieza	Eléctrico	Neumático	Hidráulico	Reemplazo	Rutina	Operación
Piezas reemplazadas y especificación:						
Solución al problema:						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Limpieza	Eléctrico	Neumático	Hidráulico	Reemplazo	Rutina	Operación
<b>Tiempo paro máquina por fallo:</b>	<b>Tiempo total</b> empleado					
Tiempo en búsqueda, <b>reparación</b> o fabricación de piezas:	en la reparación:					
Mantenimiento sugerido:	¿En cuánto tiempo?					
Observaciones:	_____					

Fuente: elaboración propia.



Tabla XV. Registro de paros por mantenimiento correctivo

REGISTRO DE PAROS POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA COEXTRUSORA

Fecha	Número de solicitud	Hora		Tiempo de paro	Falla reportada	Reparación efectuada	Nombre del mecánico
		Inicio	Final				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Control de velocidad de los rodillos

CONTROL DE VELOCIDAD DE LOS RODILLOS DE LA COEXTRUSORA											
MATERIAL EXTRUIDO			LECTURA PANEL CONTROL				REGISTRO DATOS TACÓMETRO				
Tipo PE/PP	Ancho cm	Calibre micras	Tensión halador Kg	Vel. m/min	Tensión embob. Kg	<i>Chill roll</i> Indicador Vel. m/min	Vel. <i>Chill roll</i>		Vel. halador m/min	Vel. embob. m/min	Vel. barra embob. m/min
							Primario m/min	Secund. m/min			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Solicitud de mantenimiento correctivo**

<b>SOLICITUD DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>	<b>No.</b> _____
Fecha: ____/____/____	Hora: _____
Máquina: _____	Operador: _____
Falla reportada:	
Fecha: ____/____/____	Hora: _____
Nombre del mecánico: _____	
Trabajo realizado:	
MCT: mantenimiento en cambio de tiraje <input type="checkbox"/>	Tiempo empleado: _____
MPM: mantenimiento paro de máquina <input type="checkbox"/>	Tiempo empleado: _____

Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Propuesta al Departamento de Producción de la implementación del mantenimiento preventivo para una coextrusora de tres capas de cabezal plano

En las tablas siguientes se describe el mantenimiento propuesto para cada módulo de la coextrusora.

Tabla XVIII. **Mantenimiento preventivo módulo extrusor A**

SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	Tiempo en horas	Número de mecánicos	Horas-hombre	FRECUENCIA				MCT	Tiempo anual en horas		
					En meses					MCT	MCT	MPM
					1	3	6	12				
Cambiafiltros	Revisar estado resistencias calefactoras y sus conexiones	0,5	1	0,5				x			0,5	
	Revisar por fuga material y funcionamiento de la raqueta porta filtros	0,25	1	0,25			x		Sí	0,50		
	Revisar funcionamiento termocopla y sujeción	0,5	1	0,5				x			0,5	
	Cambio de empaque teflón	3	2	6	Sí requiere							
Caja reductora motor principal	Revisar claridad y nivel de aceite, ajustar	0,5	1	0,5				x			0,5	
	Mantenimiento general a bomba aceite lubricador	2	1	2				x			2	
Espigas de todas las zonas de calentamiento	Revisar conexiones, espigas y conductores	1	1	1				x			1	
Motor accionamiento Extrusor	Limpieza con aire y revisión de carbones, colector y torquar conexiones	1	1	1				x			1	
	Cambio de motor: limpieza, cojinetes, cuñas, cuñeros, escudos y torquar	3	3	9				x			3	
Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y las luces piloto	0,5	1	0,5				x	Sí	0,5		
	Limpieza y torquada general	3	1	3				x			3	
Pirómetros de las zonas de calentamiento	Revisar conexiones, espigas y conductores	1	1	1				x			1	
	Verificar estado de resistencias calefactoras	0,5	1	0,5			x				1	
	Verificar adecuado funcionamiento	0,5	1	0,5				x	Sí	0,5		
Taco generador del motor de accionamiento del tornillo	Revisar estado carbones y colector, limpieza, cambio cojinetes o cambiar Taco generador si es necesario.	1	1	1				x			1	
	Revisar estado del acople o cambiarlo si es necesario	0,5	1	0,5				x			0,5	

Continuación de la tabla XVIII.

Zona alimentación (serpentín)	Limpieza y verificar flujo de refrigerante	0,5	1	0,5			x				1
Tolva de alimentación	Limpieza y revisión de estado de la trampa de imanes	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Tornillo extrusor y cañón	Limpieza tornillo y cañón	3	3	9				x			3
	Medir diámetro exterior tornillo e interior cañón y verificar desgaste	1	1	1				x			1
	Ajuste rodos cargadores del extrusor	1	1	1				x			1
Ventilador del motor de accionamiento del tornillo	Limpieza, cambio de cojinetes, torquear conexiones, revisar desgaste y escudos	1	2	2				x			1
Zonas de calentamiento	Verificar estado de resistencias calefactoras	0,5	1	0,5			x		Sí	1	
	Cambiar resistencia calefactoras								Sí requiere		
Ventiladores de las zonas de calentamiento	Limpieza, cambio de cojinetes, torquear conexiones, revisar desgaste y escudos	2	2	4					x		2

Nomenclatura: MCT Mantenimiento en cambio de tiraje MPM Mantenimiento paro de máquina

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Mantenimiento preventivo módulo extrusor B**

SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	Tiempo en horas	Número de mecánicos	Horas-hombre	FRECUENCIA en meses				MCT	Tiempo anual en horas	
					1	3	6	12		MCT	MPM
Cambiafiltros	Revisar estado resistencias calefactoras y sus conexiones	0,5	1	0,5				x			0,5
	Revisar por fuga material y funcionamiento de la raqueta portafiltros	0,25	1	0,25			X		Sí	0,5	
	Revisar funcionamiento termocopla y sujeción	0,25	1	0,25				x			0,25
	Cambio de empaque de teflón	4	2	8	Si requiere						
Caja reductora motor principal	Revisar claridad y nivel de aceite, ajustar	0,5	1	0,5				x	Sí	0,5	
	Revisar cojinetes, desgaste ejes, cuñas y cuñeros en bomba de aceite	1	1	1				x			1

Continuación de la tabla XIX.

Espigas de todas las zonas de calentamiento	Revisar ajuste de conexiones, espigas y conductores	1	1	1				x			1
Motor accionamiento extrusor	Limpiar y revisar carbones, colector y torquear conexiones	1	1	1				x			1
	Cambio de motor: limpieza, cambiar cojinetes, ajuste cuñas, cuñeros, escudos y torquear	4	3	12				x			4
Panel de control	Revisar botones y luces piloto	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
	Limpieza y torquedad general	2	1	2				x			2
Pirómetros de todas las zonas de calentamiento	Revisar ajuste de conexiones, espigas y conductores	1	1	1				x			1
	Verificación adecuado funcionamiento	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Taco generador del motor de accionamiento del tornillo	Revisar carbones y colector, limpieza, cambio cojinetes o cambiar taco generador	1	1	1				x			1
	Revisar estado del acople o cambiarlo si es necesario	0,5	1	0,5				x			0,5
Zona alimentación (serpentín)	Limpieza y verificar flujo de refrigerante	0,5	1	0,5			x				1
Tolva alimentación	Limpieza y revisión de estado de la trampa de imanes	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Tornillo extrusor y cañón	Revisar estado y limpieza general	4	3	12				x			4
	Ajuste rodos cargadores del extrusor	1	1	1				x			1
	Medir diámetro exterior tornillo e interior cañón y verificar desgaste	1	1	1				x			1
Ventilador del motor de accionamiento del tornillo	Limpieza, cambio cojinetes, torquear conexiones y revisión de desgaste escudos	1	2	2				x			1
Zonas calentamiento	Verificar estado de resistencias calefactoras	0,5	1	0,5			x		Sí	1	
	Cambiar resistencia calefactoras				Sí requiere						
Ventiladores de las zonas de calentamiento	Limpieza, cambio cojinetes, torquear conexiones, revisión desgaste escudos	2	2	4				x			2

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Mantenimiento preventivo módulo extrusor C**

SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	Tiempo en horas	Número de mecánicos	Horas - hombre	FRECUENCIA					MCT	Tiempo anual en horas
					en meses						
					1	3	6	12		MCT	MPM
Cambiafiltros	Revisar resistencias calefactoras y conexiones	1	1	1				x			1
	Revisar por fuga material y funcionamiento de la raqueta porta filtros	0,25	1	0,25				x	Sí	0,5	
	Revisar funcionamiento de termocopla	0,5	1	0,5				x			0,5
	Cambio de empaque de teflón	3	2	6	Sí requiere						
Caja reductora motor principal	Revisar claridad y nivel de aceite, ajustar	0,5	1	0,5				x	Sí	0,5	
	Revisar cojinetes, desgaste ejes, cuñas, cuñeros en bomba aceite	1	1	1				x			1
Espigas de todas las zonas de calentamiento	Revisar ajuste de conexiones, espigas y conductores	1	1	1				x			1
Motor accionamiento extrusor	Limpieza y revisar estado de carbones, colector y torquear conexiones	1	1	1				x			1
	Cambio de motor: limpieza, cambiar cojinetes, ajuste cuñas, cuñeros, escudos y torquear	3	3	9				x			3

Continuación de la tabla XX.

Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
	Limpieza y torquedad general	2	1	2				x			2
Pirómetros de todas las zonas de calentamiento	Revisar ajuste de conexiones, espigas y conductores	1	1	1				x			1
	Verificar estado de resistencias calefactoras	0,5	1	0,5			x		Sí	1	
	Verificación adecuada del funcionamiento	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Taco generador del motor de accionamiento del tornillo	Revisar estado carbones y colector, limpieza, cambio cojinetes o cambiar taco generador, si es necesario.	1	1	1				x			1
	Revisar estado del acople o cambiarlo, si es necesario	0,5	1	0,5				x			0,5
Zona alimentación (serpentín)	Limpieza y verificación de flujo de refrigerante	0,5	1	0,5			x				1
Tolva alimentación	Limpieza y revisión de estado de la trampa de imanes	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Tornillo extrusor y cañón	Revisar estado y limpieza general	3	3	9				x			3
	Ajuste rodos cargadores del extrusor	1	1	1				x			1
	Medir diámetro exterior tornillo e interior cañón y verificar desgaste	1	1	1				x			1
Ventilador del motor de accionamiento del tornillo	Limpieza, cambio cojinetes, torquear conexiones, revisión de desgaste de escudos	1,5	2	3				x			1,5
Zonas calentamiento	Verificar estado de resistencias calefactoras	0,5	1	0,5			x		Sí	1	
	Cambiar resistencia de calefactoras					Sí requiere					
Ventiladores de las zonas de calentamiento	Limpieza, cambio cojinetes, torquear conexiones y revisión de desgaste de escudos	2	2	4				X			2

Fuente: elaboración propia.



Tabla XXI. **Mantenimiento preventivo módulo alimentador de resina A**

SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	Tiempo en horas	Número de mecánicos	Horas-hombre	FRECUENCIA				MCT	Tiempo anual en horas	
					(meses)					MCT	MPM
					1	3	6	12			
Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto	0,25	1	0,25				X	Sí	0,25	
Panel de control	Limpieza y torqueada general	1	1	1				X	Sí	1	
Motor de accionamiento de la turbina	Limpieza, cambio cojinetes, verificar ajuste escudos, torquar conexiones	2	1	2				X			2
Turbina succionadora	Limpieza general turbina y carcasa	2	1	2				x			2
Sensor de nivel	Revisar ajuste y calibrar distancia sensado	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Sonda succionadora	Verificar funcionamiento adecuado	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Mangueras de conexión	Verificar estado de manguera y fijación adecuada	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Filtro aspiración	Verificar estado desgaste del filtro	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Mantenimiento preventivo módulo alimentador de resina B**

SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	Tiempo en horas	Número de mecánicos	Horas-hombre	FRECUENCIA				MCT	Tiempo anual en horas	
					(meses)					MCT	MPM
					1	3	6	12			
Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto	0,25	1	0,25				X	Sí	0,25	
Panel de control	Limpieza y torqueada general	1	1	1				X	Sí	1	
Motor de accionamiento de la turbina	Limpieza, cambio de cojinetes, verificar ajuste escudos, torquar conexiones	2	1	2				X			2
Turbina succionadora	Limpieza general de turbina y carcasa	2	1	2				x			2

Continuación de la tabla XXII.

Sensor de nivel	Revisar ajuste y calibrar distancia sensado	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Sonda succionadora	Verificar funcionamiento adecuado	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Mangueras de conexión	Verificar estado de manguera y fijación adecuada	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Filtro aspiración	Verificar estado del desgaste del filtro	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Mantenimiento preventivo módulo alimentador de resina C**

SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	Tiempo en horas	Número de mecánicos	Horas-hombre	FRECUENCIA (meses)				MCT	Tiempo anual en horas	
					1	3	6	12		MCT	MPM
Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
	Cambio de PLC				Si requiere						
	Limpieza y torquedad general	1	1	1				x	Sí	1	
Motor de accionamiento de la turbina	Limpieza, cambio cojinetes, verificar ajuste escudos, torquear conexiones	2	1	2				x			2
Turbina succionadora	Limpieza general de turbina y carcasa	2	1	2				x			2
Sensor de nivel	Revisar ajuste y calibrar distancia de sensado	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Sonda succionadora	Verificar funcionamiento adecuado	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Mangueras de conexión	Verificar estado de manguera y fijación adecuada	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Filtro aspiración	Verificar estado de desgaste del filtro	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Mantenimiento preventivo módulo cabezal**

SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	Tiempo en horas	Número de mecánicos	Horas-hombre	FRECUENCIA				MCT	Tiempo anual en horas	
					(meses)					MCT	MPM
					1	3	6	12			
Dado	Limpieza interna del cuerpo superior e inferior del cabezal	3	3	9			x			6	
Labio inferior del cabezal	Limpieza y revisión estado general	0,5	1	0,5			x			1	
Tornillos calibradores del labio	Revisar estado y cambio de los tornillos ya sobrepresionados	0,5	1	0,5			x			1	
Resistencias calefactoras	Revisar estado de resistencias calefactoras y sus conexiones	0,5	1	0,5			x			1	
Termocoplas	Revisar adecuada sujeción y funcionamiento	0,5	1	0,5			x			1	
Dados porta tornillos calibradores	Revisar estado, funcionamiento adecuado y cambio, si amerita	0,5	1	0,5			x			1	
Labio superior flexible del cabezal	Limpieza y revisión de estado general	0,5	1	0,5			x			1	
Pines fijadores	Revisar desgaste y adecuada fijación	0,25	1	0,25			x			0,5	
Empaques laterales	Revisar por fugas de material y estado general de los empaques	0,5	1	0,5			x			1	
Panel de control	Revisar fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto	0,25	1	0,25			x	Sí	0,25		
Panel de control	Limpieza y torqueada general	2	1	2			x			2	
Pirómetros	Revisar el adecuado funcionamiento y torquear conexiones	1	1	1			x	Sí	1		
Tornillos acople de los cuerpos	Revisar estado general de los tornillos	0,5	1	0,5			x			0,5	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Mantenimiento preventivo módulo *chill roll***

SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	Tiempo en horas	Número de mecánicos	Horas-hombre	FRECUENCIA (meses)				MCT	Tiempo anual en horas	
					1	3	6	12		MCT	MPM
Caja reductora motor <i>Chill roll</i> secundario	Revisar nivel, fugas y claridad del aceite, ajustes de cuñas y cuñeros	0,25	1	0,25				x			0,25
Cepillo recto cámara Pe	Revisar estado del cepillo	0,25	1	0,25				x			0,25
Cepillo quitacera para PP	Revisar estado y limpieza de cepillo, peineta y engrase de las chumaceras	1	1	1				x			1
	Revisar estado del cepillo	1	1	1				x			1
Electrodos generador electrostático	Limpieza, revisar estado y ajuste fijaciones	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Generador electrostático	Limpieza y revisión estado, ajuste botones, torqueada general, verificar funcionamiento	0,5	1	0,5				x	Sí	0,5	
Motor <i>chill roll</i> primario	Limpieza, cambio cojinetes, ajuste cuñas, cuñeros, escudos y torquar conexiones	2	2	4				x			2
	Revisar estado carbones y del colector, limpieza interior con aire y limpieza exterior	0,5	1	0,5				x			0,5
Motor <i>chill roll</i> secundario	Limpieza, cambio cojinetes, ajuste cuñas, cuñeros, escudos, estado rotor y torquar conexiones	2	2	4				x			2
	Revisar estado carbones y colector, limpieza interior con aire y limpieza exterior	0,5	1	0,5				x			0,5
Taco generador motor <i>chill roll</i> primario	Revisar estado carbones y colector, limpieza, cambio cojinetes	1	1	1				x			1
Taco generador motor <i>chill roll</i> secundario	Revisar estado carbones y colector, limpieza, cambio cojinetes	1	1	1				x			1
Caja reductora motor cepillo para PP	Revisar nivel, fugas y estado del aceite, ajustes de cuñas y cuñeros	1	1	1				x			1
Cámara de succión Pe	Limpieza y revisión de estado general	1	2	2				x			1
Cámara de succión PP	Limpieza y revisión de estado general	1	2	2				x			1
Cámara cuchilla aire PP	Limpieza y sellado de la cámara de PP, revisión empaques teflón	1	2	2				x			1
Cilindro neumático para accionar rodillo prensador	Limpieza, inspección por fugas, lubricación, verificación del adecuado funcionamiento	0,5	1	0,5				x	Sí	0,5	
Conexiones	Limpieza y revisión del adecuado ajuste de los conectores	2	1	2				x			2
Cuchilla de aire PP	Revisar acercamiento, estado de caja de tornillos sinfín y ajustes cuñas cuñeros	1	1	1				x			1
Cuchilla de aire PP	Limpieza y revisar adecuado funcionamiento. Alinear cuchilla y revisar topes.	1	2	2				x			1
Juntas rotatorias	Revisar por fuga refrigerante	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	

Continuación de la tabla XXV.

Juntas rotatorias	Revisar conexión adecuada	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Mecanismo ascenso y descenso del <i>chill roll</i>	Revisar adecuado funcionamiento y fijación de los límites de carrera	1	1	1				x			1
Malla <i>chill roll</i>	Revisar estado de la malla	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Motor ascenso y descenso <i>chill roll</i>	Limpieza, cambio de cojinetes, revisión cuñas y cuñeros	2	1	2				x			2
Motor cepillo para PP	Limpieza, cambio de cojinetes, ajuste cuñas, cuñeros, escudos y torquear conexiones	2	1	2				x			2
Motor turbina cámara succión Pe	Limpieza cambio de cojinetes, ajuste cuñas, cuñeros, escudos y torquear conexiones	2	1	2				x			2
Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
	Limpieza y torquedad general	2	1	2				x			2
Rodillo prensador del <i>chill roll</i>	Comprobar el estado desgaste del hule	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Soporte del <i>chill roll</i>	Revisar estado, y lubricación	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Soporte del rodillo prensador del <i>chill roll</i>	Revisar estado, y lubricación	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Turbina cámara succión Pe	Limpieza y revisar desgaste cuñas y cuñeros	0,5	2	1				x			0,5
Turbina cámara succión cepillo quitacera para PP	Limpieza y revisar desgaste cuñas y cuñeros	0,5	2	1				x			0,5

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Mantenimiento preventivo módulo calibrador de espesor de película**

SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	Tiempo en horas	Número de mecánicos	Horas-hombre	FRECUENCIA				MCT	Tiempo anual en horas	
					(meses)					MCT	MPM
					1	3	6	12			
Sonda	Realizar prueba de fuga	0,25	1	0,25	x				Sí	3	
	Levantamiento radiométrico	0,25	1	0,25	x				Sí	3	
Puente	Verificar funcionamiento de los Indicadores luminosos del scanner <i>open-close</i>	0,25	1	0,25	x				Sí	3	
	Limpieza y lubricación sistema arrastre. Ajuste tensión cadena	0,25	1	0,25		x			Sí	1	
Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto	0,25	1	0,25		x			Sí	1	
	Medir tiempo duración batería del UPS alimentando el sistema	0,25	1	0,25		x			Sí	1	
	Limpieza y torquedad general	2	1	2				x			2
Motor de desplazamiento de la sonda	Limpieza externa; verificar funcionamiento adecuado	0,5	1	0,5				x	Sí	0,5	
Pantalla táctil	Limpieza y verificar adecuado funcionamiento	0,5	1	0,5				x	Sí	0,5	
Encoder	Verificar funcionamiento adecuado	0,5	1	0,5				x	Sí	0,5	
Sensores de límite de carrera	Limpieza, verificar sujeción y funcionamiento adecuados	0,5	1	0,5				x	Sí	0,5	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Mantenimiento preventivo módulo tratador corona**

SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	Tiempo en horas	Número de mecánicos	Horas-hombre	FRECUENCIA				MCT	Tiempo anual en horas	
					en meses					MCT	MPM
					1	3	6	12			
Cojinetes rodillo tratadora	Limpieza, inspección, engrase cojinetes	0,25	1	0,25			x		Sí	0,5	
Electrodos	Limpieza con solvente	1	1	1	x				Sí	12	
	Calibrar la distancia de operación	1	1	1			x		Sí	2	
Motor de turbina extracción ozono	Mantenimiento general, cojinetes motor, revisión estado cuñas y cuñeros	1,5	2	3				x			1,5
Turbina extracción ozono	Limpieza interna, cambio cojinetes, revisar cuñas y cuñeros	1,5	2	3				x			1,5
Ductos extracción ozono	Limpieza y revisar por posibles roturas para evitar fugas de ozono	0,25	1	0,25			x		Sí	0,5	
Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
	Limpieza y torquedad general	2	1	2				x			2
Generador	Medición temperatura, limpieza exterior y verificar correcta sujeción conectores	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Soporte de electrodos	Revisar fijación electrodo a su base	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Transformador de voltaje	Medición de temperatura, limpieza exterior y verificación de la correcta sujeción de conectores	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
Guardas para las cámaras de ventilación	Revisar que estén en buen estado y verificar buen funcionamiento	0,25	1	0,25			x				0,5

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Mantenimiento preventivo módulo eliminador de estática**

SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	Tiempo en horas	Número de mecánicos	Horas-Hombre	FRECUENCIA (meses)				MCT	Tiempo anual en horas	
					1	3	6	12		MCT	MPM
					Generador antiestático	Limpieza, revisar estado general, torquar conexiones	0,25	1	0,25		
Cables conexión del generador a la barra ionizante	Limpieza, revisar estado general, torquar conexiones	0,25	1	0,25			X		Sí	0,5	
Mecanismos de seguridad	Verificar adecuado funcionamiento	0,25	1	0,25	X				Sí	3	
Barras ionizadoras	Limpieza y verificar estado	0,5	1	0,5		X			Sí	2	
Soportes de la barras ionizantes	Verificar estado y buen funcionamiento	0,25	1	0,25		X			Sí	1	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Mantenimiento preventivo módulo embobinador de película**

SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	Tiempo en horas	Número de mecánicos	Horas-hombre	FRECUENCIA (meses)				MCT	Tiempo anual en horas	
					1	3	6	12		MCT	MPM
					Mecanismo cambio bobina	Revisar sujeción de la cuchilla de corte del sustrato	0,25	1	0,25	x	
Revisar estado de los cojinetes guías del patín para corte de lienzo	0,25	1	0,25	x					Sí	3	
Revisar alineamiento cilindros mesa para corte lienzo	0,25	1	0,25	x					Sí	3	
Revisar estado faja rotación tangencial barra bobinadora	0,25	1	0,25	x					Sí	3	
Revisión desgaste de piezas, cojinetes, fajas y tornillos a mecanismo transmisión a cremalleras	3	1	3					x			3
Revisar estado sensores y calibrar distancia sensado	1	1	1					x	Sí	1	
Revisar estado patín del cilindro neumático para corte de lienzo	0,25	1	0,25			x			Sí	0,25	
Revisar desgaste cadena guía de cilindros mesa para corte lienzo	1	1						x			1



Continuación de la tabla XXIX.

Cilindro neumático cuchilla corte	Limpieza, engrase, alineación, revisar funcionamiento ajuste piezas	1	1				x		Sí	2	
Cojinetes lineales módulo embobinado	Limpieza, revisar estado general, engrase y alineación	1	1	1			x		Sí	4	
Barra tope eje expansible embobinado	Limpieza, engrase y revisión de adecuado funcionamiento	0,25	1	0,25			x		Sí	0,5	
Barras embobinadoras	Revisar estado cojinetes de soporte	0,5	1	0,5			x		Sí	1	
	Revisión de desgaste de piezas, cojinetes, fajas y tornillos a mecanismo transmisión de barras	2	1	2			x		Sí	2	
Mecanismo tracción barra embobinadora	Limpieza, engrase y revisión de adecuado funcionamiento	0,5	1	0,5			x		Sí	1	
	Revisar estado desgaste ejes, cuñeros y cuñas	1	1	1			x				2
	Revisar estado de fajas, y cambiar, si es necesario	0,25	1	0,25			x		Sí	0,5	
	Revisar estado cilindro neumático y funcionamiento adecuado	0,25	1	0,25			x		Sí	0,5	
Rodillo de presión a rodillo halador	Revisar superficie por posible desgaste	0,5	1	0,5			x		Sí	0,5	
	Revisar estado de cojinetes y eje por posible desgaste	0,5	1	0,5			x		Sí	0,5	
Rodillo halador	Revisar superficie por posible desgaste	0,5	1	0,5			x		Sí	0,5	
	Revisar eje por posible desgaste y ajuste cuñas y cuñeros	1	1	1			x				1
	Limpieza, cambio cojinetes, estado ejes, cuñas, cuñeros	3	2	6			x				3
	Revisar nivel, claridad del aceite, verificar si hay fugas del mismo	0,5	1	0,5			x				0,5
	Limpieza, cambio cojinetes, estado ejes, cuñas, cuñeros	2	2	4			x				2
	Revisar nivel, claridad del aceite y verificar si hay fugas del mismo	0,5	1	0,5			x				0,5
	Limpieza, cambio cojinetes, estado ejes, cuñas, cuñeros	3	2	6			x				3
	Revisar nivel, claridad del aceite y verificar si hay fugas	0,5	1	0,5			x				0,5
	Mantenimiento general, cojinetes motor, ventilador, cuñas y cuñeros	3	2	6			x				3
	Revisar estado carbones y del colector, limpieza interior (aire) y exterior	0,5	1	0,5			x		Sí	0,5	
	Mantenimiento general, cojinetes de motor, ventilador, revisión estado cuñas y cuñeros	3	2	6			x				3
	Revisar carbones, colector, limpieza con aire y limpieza exterior	0,5	1	0,5			x		Sí	0,5	

Continuación de la tabla XXIX.

Motor accionamiento rodillo embobinador	Mantenimiento general cojinetes motor, ventilador, revisión estado cuñas y cuñeros	3	2	6				x			3
	Revisar carbones, colector, limpieza: interior con aire y exterior	0,5	1	0,5				x	Sí	0,5	
Motor accionamiento guía sustrato	Limpieza, cambio cojinetes, torquar conexiones	2	1	2				x			2
Caja reductora motor accionamiento guía sustrato	Limpieza, cambio cojinetes, estado ejes, cuñas, cuñeros	2	1	2				x			2
	Revisar nivel, claridad del aceite y verificar si hay fugas del mismo	0,5	1	0,5				x			0,5
Tornillo sinfín y cojinete guía sustrato	Revisar nivel y alineamiento tornillo	1	1	1				x	Sí	1	
	Revisar adecuada sujeción del cojinete de la bailarina	0,5	1	0,5				x	Sí	0,5	
Panel de control	Revisar la fijación de botones y buen estado de las luces piloto	0,25	1	0,25				x	Sí	0,25	
	Limpieza y torquada general	2	1	2				x			2
Rodillo embobinador	Rectificar superficie, revisar estado cojinetes, puntas, cuñas y cuñeros	6	2	12				x			6
	Revisar desgaste superficie	0,5	1	0,5				x	Sí	0,5	
	Revisión funcionamiento <i>ratch</i> y estado de rodos y resortes	1,5	1	1,5				x	Sí	1,5	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Mantenimiento preventivo módulo general**

SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	Tiempo en horas	Número de mecánicos	Horas-hombre	FRECUENCIA				MCT	Tiempo anual en horas		
					(meses)					MCT	MCT	MPM
					1	3	6	12				
Sistema neumático	Revisar por posibles fugas	0,25	1	0,25		x			Sí	1		
Iluminación en toda la máquina	Limpieza y revisión de estado general lámparas de la máquina, tubos y pantallas	1	1	1			x				2	
Cabezal, <i>chill roll</i> , puente del calibrador de espesor, tratadora, embobinador	Revisar alineamiento y nivelación	2	2	4				x			2	
Central hidráulica	Limpieza, revisión claridad del aceite, desgaste de piezas, mangueras y cambio de cojinetes	4	1	4				x			4	
Rodillos locos en toda la máquina	Revisar estado por desgaste de su superficie y rotación adecuada	2	1	2				x	Sí	2		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Mantenimiento preventivo módulo panel de control**

SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	Tiempo en horas	Número de mecánicos	Horas-hombre	FRECUENCIA				MCT	Tiempo anual en horas	
					(meses)					MCT	MPM
					1	3	6	12			
Paneles control extrusores, <i>chill roll</i> , embobinado, tratadora, calibrador	Limpieza	0,5	1	0,5			x			1	
Pirómetros y amperímetros de calentamiento extrusores	Registro de amperajes	0,25	1	0,25		x			Sí	1	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Mantenimiento preventivo módulo reciclén**

SUBMÓDULO	ACTIVIDAD	Tiempo en horas	Número de mecánicos	Horas-hombre	FRECUENCIA				MCT	Tiempo anual en horas		
					(meses)					MCT	MCT	MPM
					1	3	6	12				
Alimentador, fajas transmisión motor a tornillo alimentador	Revisión de estado de fajas, alineación, torquar tornillos base motor	0,5	1	0,5			x		Sí	1		
Cuchillas molino	Cambio cuchillas	2	1	2	x				Sí	24		
Alimentador, motor tornillo alimentador	Revisión de carbones, limpieza interior y exterior, medir voltaje y amperaje	2	2	4			x				4	
	Revisión de cojinetes, escudos, limpieza	3	2	6				X			3	
	Cambio de motor	3	2	6	Según requiera						N/A	
Alimentador, caja reductora motor tornillo	Revisar fugas de aceite, cojinetes, bujes, cuñas, cuñeros, retenedores y ajustes	4	2	8				X			8	
	Revisar claridad de estado de aceite, ajustar nivel o cambiar, si es necesario	0,5	1	0,5				X	Sí	1		
Rotor molino	Limpieza, engrase, revisión cojinetes rotor del molino, tuerca, arandela seguridad y empaques	3	2	6				x	Sí	3		
Fajas motor molino	Revisión de estado fajas y poleas	0,5	1	0,5				x	Sí	0,5		
Motor molino	Mantenimiento general, cambio de cojinetes, revisión de escudos y limpieza	3	2	6				x			3	

Continuación de la tabla XXXII.

Motor aspirador	Mantenimiento general, cambio de cojinetes, revisión de escudos, limpieza	2	1	2					x			2
Turbina aspirador	Limpieza de turbina y revisar ajustes	2	1	2					x			2
Panel de control	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto	0,25	1	0,25					x	Sí	0,25	
	Limpieza y torqueada general	2	1	2					x			2
Removedor molido	Mantenimiento de removedor molido, motor, caja reductora, y paleta removedora	3	2	6					x			3
Alimentador y tornillo, alimentador y cañón	Revisión de desgaste del tornillo y cañón	1	2	2					x			1

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Mantenimiento efectuado del 01/07/2013 al 30/06/2014

Registro del mantenimiento durante un año consecutivo.

Tabla XXXIII. Mantenimiento efectuado del 01/07/2013 al 30/06/2014

Nomenclatura: MC Mantenimiento Correctivo MP Mantenimiento Preventivo MCT Mantenimiento en Cambio de Tiraje MPM Mantenimiento Paro Máquina												
No.	MC	Horas	MP	Horas	MCT	Horas	MPM	horas	Fecha	Descripción de actividades	Submódulo	Módulo
1	x	4					x		26/07/2013	Cambiar motor	Alimentador, motor tornillo alimentador	Recidén
2	x	1			x				09/08/2013	Cambiar PLC	Panel de control	Alimentador de resina B
3			x	2	x	2			09/08/2013	Revisar estado por desgaste de su superficie y rotación adecuada	Rodillos locos en toda la máquina	General
4			x	5			x	5	12/08/2013	Limpia, cambiar cojinetes, ajustar cuñas, cuñeros, escudos, estado rotor y torquear conexiones. Metalizar desgaste punta rotor	Motor Chill roll secundario	Chill roll
5			x	3			x	3	12/08/2013	Limpia, cambiar cojinetes, ajustar cuñas, cuñeros, escudos, estado rotor y torquear conexiones.	Motor Chill roll primario	Chill roll
6			x	2			x	2	12/08/2013	Limpia, cambiar cojinetes, revisar cuñas y cuñeros	Motor ascenso y descenso	Chill roll
7			x	1	x	1			13/08/2013	Calibrar la distancia de operación	Electrodos	Tratador corona
8			x	1,5			x	1,5	13/08/2013	Mantenimiento general, cojinetes motor, revisión estado cuñas y cuñeros	Motor de turbina extracción ozono	Tratador corona
9			x	1,5			x	1,5	13/08/2013	Limpieza interna, cambio cojinetes, revisar cuñas y cuñeros	Turbina extracción ozono	Tratador corona
10			x	0,25	x	0,25			13/08/2013	Limpieza y revisar por posibles roturas para evitar fugas de ozono	Ductos extracción ozono	Tratador corona
11			x	1			x	1	13/08/2013	Ajustar rodos cargadores	Tornillo Extrusor y Cañón	Extrusor B
12			x	1	x	1			13/08/2013	Limpia, revisar estado general, engrase y alineación	Cojinetes lineales módulo embobinado	Embobinador de película
13			x	0,25	x	0,25			14/08/2013	Limpieza, revisar estado general, torquear conexiones	Cables conexión del generador a la barra horizante	Eliminador de estática

Continuación de la tabla XXXIII.

14			x	0,25	x	0,25			14/08/2013	Limpieza y verificar estado	Barras ionizadoras	Eliminado de estática
15			x	0,25	x	0,25			15/08/2013	Verificar estado y buen funcionamiento	Soportes de la barras ionizantes	Eliminado de estática
16			x	0,25	x	0,25			16/08/2013	Medición temperatura, limpieza exterior y verificar correcta sujeción conectores	Generador	Tratador corona
17			x	1,5			x	1,5	19/08/2013	Limpiar, cambiar cojinetes, verificar ajuste escudos, torquar conexiones	Motor de accionamiento de la turbina	Alimentado de resina C
18			x	1,5			x	1,5	19/08/2013	Limpiar general turbina y carcasa	Turbina succionadora	Alimentado de resina C
19			x	3,5			x	3,5	19/08/2013	Mantenimiento a removedor molido, motor, caja reductora, paleta removedora	Removedor molido	Reciclén
20			x	8			x	8	19/08/2013	Revisar por fugas de aceite y revisar cojinetes, bujes, cuñas, cuñeros, retenedores y ajustes	Alimentador, caja reductora motor tornillo	Reciclén
21			x	1			x	1	20/08/2013	Limpiar y revisar estado general lámparas de la máquina, tubos, pantallas	Iluminación en toda la máquina	General
22			x	2			x	2	20/08/2013	Cambiar cuchillas	Cuchillas molino	Reciclén
23			x	0,50	x	0,50			20/08/2013	Limpieza y verificar flujo de refrigerante	Zona alimentación ( <i>serpentin</i> )	Extrusores A
24			x	0,25	x	0,25			26/08/2013	Limpieza, revisar estado general, torquar conexiones	Generador antiestático	Eliminado de estática
25			x	0,25	x	0,25			29/08/2013	Medir tiempo duración batería del UPS, alimentando el sistema	Panel de control	Calibrado de espeso de película
26	X	1					x		06/09/2013	Revisar estado del acople o cambiarlo si es necesario	Taco generador del motor de accionamiento del tornillo	Extrusor B
27			x	0,50	x	0,50			10/09/2013	Verificar funcionamiento adecuado	Encoder	Calibrado de espeso de película
28			x	0,25	x	0,25			23/09/2013	Limpieza, revisar estado general, torquar conexiones	Generador antiestático	Eliminado de estática
29			x	0,25	x	0,25			25/09/2013	Verificar funcionamiento de los Indicadores luminosos del scanner <i>open-close</i>	Puente	Calibrado de espeso de película
30			x	0,25	x	0,25			25/09/2013	Limpieza y lubricación sistema arrastre. Ajuste tensión cadena	Puente	Calibrado de espeso de película
31			x	0,50	x	0,50			26/09/2013	Limpieza y verificar adecuado funcionamiento	Pantalla táctil	Calibrado de espeso de película
32			x	3			x	3	01/10/2013	Limpieza interna del cuerpo superior e inferior del cabezal	Dado	Cabezal
33			x	0,50			x	0,50	01/10/2013	Limpieza y revisión estado general	Labio inferior del cabezal	Cabezal
34			x	1			x	1	01/10/2013	Revisar estado y cambio de los tornillos ya sobrepresionados	Tornillos calibradores del labio	Cabezal
35			x	0,50			x	0,50	01/10/2013	Revisar estado resistencias calefactoras y sus conexiones	Resistencias calefactoras	Cabezal
36			x	0,5			x	0,50	01/10/2013	Revisar adecuada sujeción y funcionamiento	Termocoplas	Cabezal
37			x	1			x	1	01/10/2013	Revisar estado y funcionamiento adecuado y cambio, si amerita	Dados porta tornillos calibradores	Cabezal
38			x	0,50			x	0,50	01/10/2013	Limpieza y revisar estado general	Labio superior flexible	Cabezal

Continuación de la tabla XXXIII.

39			x	0,3			x	0,3	01/10/2013	Revisar desgaste y fijación	Pines fijadores	Cabezal
40			x	0,50			x	0,50	01/10/2013	Revisar por fugas de material y estado general de los empaques	Empaques laterales	Cabezal
41			x	0,50			x	0,50	01/10/2013	Revisar estado de los tornillos	Tornillos acople de cuerpos	Cabezal
42			x	1			x	1	01/10/2013	Cambiar resistencias calefactoras	Zonas de calentamiento	Extrusor A
43			x	1			x	1	01/10/2013	Limpiar, engrase, alineación, revisar funcionamiento, ajuste piezas	Cilindro neumático cuchilla corte	Embobinador de película
44			x	0,50	x	0,50			08/10/2013	Verificar el adecuado funcionamiento	Pirómetros de las zonas de calentamiento	Extrusor A
45			x	0,50	x	0,50			10/10/2013	Verificar adecuado funcionamiento		Extrusor B
46			x	0,50	x	0,50			14/10/2013	Verificar el adecuado funcionamiento		Extrusor C
47			x	0,3	x	0,3			16/10/2013	Verificar estado de manguera y fijación adecuada	Mangueras de conexión	Alimentador de resina B
48			x	0,3	x	0,3			17/10/2013	Verificar estado desgaste del filtro	Filtro aspiración	Alimentador de Resina B
49			x	0,3	x	0,3			22/10/2013	Verificar estado desgaste del filtro	Filtro aspiración	Alimentador de Resina C
50			x	0,25	x	0,25			29/10/2013	Limpieza, revisar estado y ajuste fijaciones	Electrodos generador electrostático	Chill roll
51	x	2			x				30/10/2013	Cambio PLC SYSMAC mini SP10	Panel de control	Alimentador de resina C
52			x	0,3	x	0,3			05/11/2013	Verificar estado de manguera y fijación adecuada	Mangueras de conexión	Alimentador de resina C
53			x	0,25	x	0,25			07/11/2013	Revisar la fijación de botones y buen estado de las luces piloto	Panel de control	Cabezal
54			x	1	x	1			07/11/2013	Revisar adecuado funcionamiento y torquar conexiones	Pirómetros	Cabezal
55			x	1	x	1			12/11/2013	Revisar la fijación de botones y buen estado de las luces piloto	Panel de control	Extrusor A
56			x	0,50	x	0,50			15/11/2013	Limpieza, revisión estado, ajuste botones, torquada general, verificar funcionamiento	Generador electrostático	Chill roll
57			x	1	x	1			20/11/2013	Revisar la fijación de botones y buen estado de las luces piloto	Panel de control	Extrusor B
58			x	0,50	x	0,50			25/11/2013	Limpieza, inspección por fugas, lubricación, verificación funcionamiento	Cilindro neumático para accionar rodillo prensador	Chill roll
59			x	3			x	3	26/12/2013	Cambiar motor: limpiar, cambiar cojinetes, ajuste cuñas, cuñeros, escudos y torquar	Motor accionamiento de extrusor	Extrusor C
60			x	4			x	4	26/12/2013	Cambiar de motor: limpiar, cambiar cojinetes, ajuste cuñas, cuñeros, escudos y torquar	Motor accionamiento de extrusor	Extrusor B
61			x	8			x	8	27/12/2013	Revisar por fugas de aceite y revisar cojinetes, bujes, cuñas, cuñeros, retenedores y ajustes	Alimentador, caja reductora motor tornillo	Reciclén
62			x	0,25	x	0,25			15/01/2014	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto	Panel de control	Chill roll

Continuación de la tabla XXXIII.

63			x	0,25	x	0,25			22/01/2014	Revisar, estado desgaste del hule	Rodillo prensador	Chill roll
64			x	0,50	x	0,50			11/02/2014	Limpieza externa, verificar funcionamiento adecuado	Motor de desplazamiento de la sonda	Calibrador de espesor de película
65			x	0,25	x	0,25			14/02/2014	Limpieza, revisar estado general, torquear conexiones	Cables conexión del generador a la barra ionizante	Eliminador de estática
66			x	0,25	x	0,25			21/02/2014	Revisar por fuga refrigerante	Juntas rotatorias	Chill roll
67			x	6			x	6	24/02/2014	Rectificar superficie, revisar estado cojinetes, puntas, cuñas y cuñeros	Rodillo embobinador	Embobinador de película
68			x	1			x	1	25/02/2014	Revisar desgaste cadena guía de cilindros mesa para corte lienzo	Mecanismo cambio de bobina	Embobinador de película
69			x	3			x	3	25/02/2014	Mantenimiento general cojinetes motor, ventilador, revisión estado cuñas y cuñeros	Motor, accionamiento rodillo embobinador	Embobinador de película
70			x	3			x	3	25/02/2014	Limpieza, cambio cojinetes, estado ejes, cuñas, cuñeros	Caja reductora motor, accionamiento barra embobinadora	Embobinador de película
71			x	0,50			x	0,5	25/02/2014	Revisar nivel, claridad del aceite y verificar si hay fugas del mismo	Caja reductora motor accionamiento barra embobinadora	Embobinador de película
72			x	2			x	2	26/02/2014	Limpieza, engrase y revisión de adecuado funcionamiento	Barra tope eje expansible embobinado	Embobinador de película
73			x	0,50	x	0,50			26/02/2014	Limpieza, engrase y revisión de adecuado funcionamiento	Mecanismo tracción barra embobinadora	Embobinador de película
74			x	1	x	1			26/02/2014	Revisar estado desgaste ejes, cuñeros y cuñas		
75			x	0,5	x	0,50			26/02/2014	Revisar estado fajas, y cambiar si es necesario		
76			x	0,5	x	0,50			26/02/2014	Revisar el estado del cilindro neumático y funcionamiento adecuado		
77			x	0,25	x	0,25			05/03/2014	Revisar estado de la malla	Malla	Chill roll
78			x	1	x	1			06/03/2014	Revisar la fijación de botones y buen estado de las luces piloto	Panel de control	Extrusor C
79			x	4			x	4	10/03/2014	Revisar fugas de aceite y cojinetes, bujes, cuñas, retenedores y ajustes	Alimentador, caja reductora motor tornillo	Reciclén
80			x	3			x	3	10/03/2014	Cambiar cojinetes del motor, ventilador, revisión cuñas y cuñeros	Motor accionamiento rodillo halador	Embobinador de película
81			x	3			x	3	10/03/2014	Limpieza, cambiar cojinetes, estado ejes, cuñas, cuñeros	Caja reductora motor accionamiento	
82			x	2			x	2	10/03/2014	Limpieza, cambio cojinetes, torquear conexiones	Motor accionamiento guía sustrato	
83			x	1			x	1	11/03/2014	Revisar nivel y alineamiento tornillo	Tornillo sinfín y cojinete guía sustrato	
84			x	1			x	1	11/03/2014	Revisar adecuada sujeción del cojinete de la bailarina		
85			x	0,50	x	0,50			12/03/2014	Revisar claridad y nivel de aceite, ajustar	Caja reductora motor principal	Extrusor A
86			x	0,50	x	0,50			12/03/2014		Caja reductora motor principal	Extrusor B
87			x	0,50	x	0,50			12/03/2014		Caja reductora motor principal	Extrusor C

Continuación de la tabla XXXIII.

88			x	0,3	x	0,3		13/03/2014	Verificar estado de manguera y fijación adecuada	Mangueras de conexión	Alimentador de resina A
89			x	0,3	x	0,3		13/03/2014	Verificar estado desgaste del filtro	Filtro aspiración	Alimentador de resina A
90			x	0,25	x	0,25		14/03/2014	Revisar conexión adecuada	Juntas rotatorias	Chill roll
91	x	3					x	21/04/2014	Cambio de empaque teflón	Cambia filtros	Extrusor C
92	x	4					x	21/04/2014	Cambio de empaque teflón	Cambia filtros	Extrusor B
93			x	3			x	22/04/2014	Limpieza, engrase, revisión cojinetes, tuerca, arandela seguridad y empaques	Rotor molino	Reciclén
94			x	0,50			x	22/04/2014	Revisión de estado fajas y poleas	Fajas motor molino	Reciclén
95			x	0,50			x	23/04/2014	Revisión de superficie por posible desgaste	Rodillo de presión a rodillo halador	Embobinador de película
96			x	0,50			x	23/04/2014	Revisar estado de cojinetes y eje por posible desgaste	Rodillo de presión a rodillo halador	
97			x	1			x	23/04/2014	Limpieza, engrase, alineación, funcionamiento y ajuste piezas	Cilindro neumático cuchilla corte	
98			x	0,25	x	0,25		07/05/2014	Realizar prueba de fuga	Sonda	Calibrador espesor de película
99			x	0,25	x	0,25		12/05/2014	Revisar estado, y lubricación	Soporte del chill roll	Chill roll
100			x	0,25	x	0,25		13/05/2014	Revisar estado, y lubricación	Soporte del rodillo prensador	Chill roll
101			x	0,25	x	0,25		15/05/2014	Levantamiento radiométrico	Sonda	Calibrador de espesor de película
102			x	2			X	19/05/2014	Mantenimiento general, cambio cojinetes, revisión escudos, limpieza	Motor aspirador	Reciclén
103			x	2			X	19/05/2014	Limpieza de turbina y revisar ajustes	Turbina aspirador	
104			x	1,5			X	19/05/2014	Revisión funcionamiento ratch y estado de rodos y resortes	Rodillo embobinador	Embobinador de película
105			x	4			X	19/05/2014	Limpieza, revisión aceite, desgaste de piezas, mangueras, cambio cojinetes	Central hidráulica	General
106			x	3			X	20/05/2014	Revisar estado y limpieza general	Tornillo extrusor y cañón	Extrusor C
107			x	1			X	20/05/2014	Medir diámetro exterior tornillo e interior cañón y verificar desgaste	Tornillo extrusor y cañón	Extrusor C
108			x	1			x	21/05/2014	Limpieza, revisar estado general, engrase y alineación	Cojinetes Lineales módulo embobinado	Embobinador de película
109			x	0,50			x	21/05/2014	Limpieza y verificar flujo de refrigerante	Zona alimentación (serpentin)	Extrusor A
110			x	0,50			x	21/05/2014	Limpieza y verificar flujo de refrigerante	Zona alimentación (Serpentin)	Extrusor B
111			x	0,50			x	21/05/2014	Limpieza y verificar flujo de refrigerante	Zona alimentación (Serpentin)	Extrusor C
112			x	0,25	x	0,25		28/05/2014	Revisar la fijación adecuada de botones y buen estado de las luces piloto	Panel de control	Calibrador Espesor de película
113			x	0,25	x	0,25		11/06/2014	Limpieza, revisar estado general, torquar conexiones	Generador antiestático	Eliminador de estática
114			x	0,50	x	0,50		13/06/2014	Limpieza, verificar sujeción y funcionamiento adecuados	Sensores de límite de carrera	Calibrador de espesor de película
115			x	4			x	24/06/2014	Revisar estado y limpieza general	Tornillo extrusor y cañón	Extrusor B



Continuación de la tabla XXXIII.

116			x	1			x	1	24/06/2014	Medir diámetro exterior tornillo e interior cañón y verificar desgaste	Tornillo extrusor y cañón	Extrusor B
117	x	3					x		25/06/2014	Cambio de empaque teflón	Cambia filtros	Extrusor A
118			x	1			x	1	25/06/2014	Limpieza, revisar estado general, engrase y alineación	Cojinetes lineales módulo embobinado	Embobinador de película
119			x	1			x	1	25/06/2014	Limpieza, engrase, alineación, revisar funcionamiento y verificar ajuste piezas	Cilindro neumático cuchilla corte	Embobinador de película
			18		136.75		23		113.75			

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Análisis de resultados

El análisis de resultados en la implementación del programa de mantenimiento preventivo, propuesto para una coextrusora de tres capas de cabezal plano para polietileno y polipropileno, se dividirá en dos partes:

La primera parte muestra los resultados cuantitativos obtenidos en la implementación del programa de mantenimiento preventivo, el cual se ejecutó durante un año consecutivo, en el periodo comprendido del 01/07/2013 al 30/06/2014, con jornadas de trabajo para el personal de mantenimiento de 12 horas diarias, tiempo que fue tomado para hacer la referencia de trabajo en “días”.

La segunda parte mostrará la interpretación de los resultados obtenidos en la implementación del programa de mantenimiento preventivo propuesto para una coextrusora de tres capas de cabezal plano para polietileno y polipropileno. A continuación se presenta la primera parte del análisis de resultados.

Tabla XXXIV. **Resultados obtenidos en la implementación del programa de mantenimiento preventivo para una coextrusora de tres capas de cabezal plano para polietileno y polipropileno**

<b>RESUMEN</b>	<b>HORAS</b>	<b>DÍAS</b>
Mantenimiento correctivo (MC)	18,00	1,50
Mantenimiento preventivo (MP)	136,75	11,4
Mantenimiento cambio de tiraje (MCT) ejecutado	23,00	1,9
Mantenimiento paro de máquina (MPM) ejecutado	113,75	9,5
Mantenimiento total ejecutado = MC + MP	154,75	12,9
Tiempo por actividades fuera del programa	17,00	1,40
MPM ejecutado - tiempo por actividades fuera del programa propuesto	96,75	8,1
Total MCT según programa de mantenimiento propuesto	118,00	9,8
Total MPM según programa de mantenimiento propuesto	198,75	16,6
Total mantenimiento preventivo según programa propuesto	316,75	26,4
Tiempo máquina parada = mantenimiento total ejecutado - MCT ejecutado	131,75	11,00
Porcentaje de ejecución del programa de mantenimiento propuesto		<b>38 %</b>

Fuente: elaboración propia.

En la segunda parte del análisis de resultados, al efectuar su interpretación, esta se resume en lo siguiente:

- El mantenimiento total ejecutado se realizó en 154,75 horas (12,9 días).
- De las 154,75 horas (12,9 días) de mantenimiento total ejecutado: 18 horas (1,5 días) corresponden a mantenimiento correctivo (MC) y 136,75 horas (11,4 días) a mantenimiento preventivo.
- Al parar la máquina por cambio de orden de producción, el área de mantenimiento aprovechó para realizar mantenimiento de cambio de tiraje (MCT), de las 136,75 horas (11,4 días) del mantenimiento preventivo, se emplearon 23 horas (1,9 días) en MCT.
- Para las actividades que requieren más tiempo, debe solicitarse paro de máquina; a este mantenimiento se le denomina mantenimiento paro de máquina (MPM); de las 136,75 horas del mantenimiento preventivo, se emplearon 113,75 horas (9,5 días) en MPM.
- El MPM ejecutado incluye 17 horas (1,4 días) que corresponden al tiempo por actividades fuera del programa propuesto, por ejemplo: piezas que requirieron servicio de taller industrial fuera de la empresa.
- El tiempo que la máquina estuvo parada por mantenimiento se obtiene por la diferencia del tiempo del mantenimiento total ejecutado menos el tiempo del mantenimiento de cambio de tiraje: 154,75 horas (12,9 días) menos 23 horas (1,9 días), lo que equivale a 131,75 horas (11 días).

- El tiempo que la máquina paró por mantenimiento fue de 131,75 horas (11 días); en el año anterior a la implementación del programa fue de 276 horas (23 días); hubo una reducción de 144 horas (12 días).
- De las 131,75 horas (11 días) que la máquina estuvo parada por mantenimiento realizado, solamente se registraron 18 horas (1,5 días) por mantenimiento correctivo.
- El departamento de mantenimiento solicitó al de producción 198,75 horas (16,6 días) distribuidas durante un año para implementar las actividades del programa de mantenimiento por paro de máquina; lamentablemente solo le concedieron 113,75 horas (9.5 días), lo que representa el 57 % del tiempo solicitado.

## CONCLUSIONES

1. El programa propuesto de mantenimiento preventivo para una coextrusora de tres capas de cabezal plano para polietileno y polipropileno redujo el tiempo de indisponibilidad de la máquina.
2. El implementar el programa propuesto de mantenimiento preventivo para una coextrusora de tres capas de cabezal plano para polietileno y polipropileno durante un año consecutivo, permitió a la organización reducir el mantenimiento correctivo, y por consecuencia, un mejor cumplimiento del programa de producción.
3. El programa propuesto de mantenimiento preventivo para la coextrusora de tres capas de cabezal plano consistió en determinar, implementar y mantener las diferentes actividades de todos sus componentes de la máquina, así como de su equipo auxiliar, cuyas funciones principales son: mejorar la capacidad de adherencia de tinta o adhesivo en el sustrato (tratador corona), medir el espesor del sustrato (el calibrador de espesor) y reprocesar las orillas irregulares del sustrato que salen del cabezal plano (reciclén).
4. El programa de mantenimiento preventivo para la coextrusora de tres capas de cabezal plano propuso una codificación significativa para especificar los diferentes componentes la máquina. Además, para facilitar la localización de cada uno de los componentes, se decidió dividir la máquina en once módulos, de acuerdo con la funcionalidad de cada componente.

5. Los módulos propuestos son: extrusores A, B y C, alimentadores de resina A, B y C, cabezal, *chill roll*, calibrador de espesor de película, tratador corona, embobinador general, eliminador de estática, embobinador de película y reciclén.
6. Se dividió cada módulo en submódulos y se definieron las diferentes actividades de mantenimiento preventivo para cada componente de la máquina. A cada una de las actividades propuestas de mantenimiento preventivo se le especificó la frecuencia con la que deben aplicarse, dividiéndolas en uno, tres, seis y doce meses, con el fin de garantizar que la máquina coextrusora funcione de manera continua y eficiente.
7. La efectividad del programa de mantenimiento preventivo propuesto se mide por la reducción de indisponibilidad de la máquina; con la implementación del programa de mantenimiento preventivo para la coextrusora, la indisponibilidad fue de 131,75 horas (11 días); mientras que en el periodo anterior fue de 276 horas (23 días); por tanto, se disminuyó la indisponibilidad de máquina en 144 horas (12 días).
8. A pesar de no haberse ejecutado el 100 % del programa propuesto de mantenimiento preventivo, los resultados obtenidos se tradujeron en beneficios para la empresa reduciendo los tiempos de paro de máquina; por consiguiente, se mejoró el cumplimiento de las órdenes de producción y redujeron los costos de mantenimiento; por lo tanto, el mantenimiento preventivo no es un gasto sino una inversión.

## RECOMENDACIONES

1. Presentar a gerencia general los beneficios obtenidos con la implementación de este programa de mantenimiento preventivo para una coextrusora de tres capas de cabezal plano para polietileno y polipropileno, para que conceda al Departamento de Mantenimiento el tiempo requerido para implementar el 100 % del programa propuesto.
2. Mantener la coextrusora de tres capas de cabezal plano para polietileno y polipropileno, limpia y despejada de objetos ajenos, para realizar inspecciones rápidas, actividades MCT y visualizar cada uno de los componentes de los 11 módulos que conforman este programa de mantenimiento preventivo propuesto.
3. Capacitar al personal de mantenimiento en la utilización de los nombres propuestos en este programa de mantenimiento preventivo, para identificar cada uno de los componentes que conforman los 11 módulos, con sus respectivos submódulos.
4. Observar las condiciones operativas para identificar los posibles riesgos de daño a la maquinaria y hacer las recomendaciones de una mejor operación que permita prolongar la vida útil del equipo.
5. Conservar las medidas estándar en las piezas reconstruidas y que los repuestos sean de buena calidad, exigiendo en todo momento al personal de mantenimiento, la aplicación de las normas de seguridad.

6. El mantenimiento preventivo es una actividad proactiva y dinámica, por lo cual se requiere que el personal de mantenimiento reporte el estado de componentes que en mediano plazo pudieran afectar y dañar otras piezas, para hacer la reparación inmediata y así evitar indisponibilidad de la máquina.
7. Estar alerta durante los cambios de tiraje para aumentar el porcentaje de ejecución de MCT.
8. Ejecutar el total de actividades pendientes propuestas en este programa de mantenimiento preventivo a la máquina coextrusora de tres capas de cabezal plano para polietileno y polipropileno.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CARRANZA GUZMÁN, Lenin Rafael. *Programa de operación y mantenimiento de extrusoras para la manufactura de bobina plástica a base de polietileno*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 143 p.
2. COY CATÚ, Julio César. *Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para la maquinaria y mejora del sistema de extracción de vapores inflamables en la empresa Transproductos S. A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. 273 p.
3. ESPERT BERNIA, Ana. *Plan de competitividad de la empresa valenciana. Extrusión Informe de vigilancia tecnológica*. Valencia, Asociación Valenciana de Empresas de Plástico. 2009. 54 p.
4. *Ingeniería plástica*. [en línea].  
[http://www.ingenieriaplastica.com/Entrevistas/entre\\_Castillo\\_07.html](http://www.ingenieriaplastica.com/Entrevistas/entre_Castillo_07.html)  
[Consulta: septiembre de 2014].
5. Manual de operación y servicio de máquina extrusora. [en línea].  
<<http://www.buenastareas.com/ensayos/Manual-De-Operacion-De-Extrusora/4227532.html>>. [Consulta: octubre de 2014].

6. MEJILLONES ACOSTA, Juan Francisco. *Mantenimiento y operación de una máquina extrusora para fabricar películas de polietileno de alta y baja densidad.* [en línea]. <<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/16069>>. [Consulta: octubre de 2014].
7. *Observatorio plástico.* [en línea]. <[www.observatorioplastico.com/.../105170420IT-22\\_Extrusion-PROTEG](http://www.observatorioplastico.com/.../105170420IT-22_Extrusion-PROTEG)>. [Consulta: septiembre de 2014].
8. SELKE, Susan. *Understanding plastics packaging technology.* Inc. U.S.A.: Hanser/Gardner Publications, 1997. 206 p.
9. SOLÓRZANO ARRIAGA. Norverth Enrique. *Programa de mantenimiento preventivo de máquinas extrusoras de ficha de zinc.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 105 p.
10. TAVARES, Lourival. *Administración moderna del mantenimiento.* Brasil: Novo Polo Publicações, 2007. 158 p.

## ANEXOS

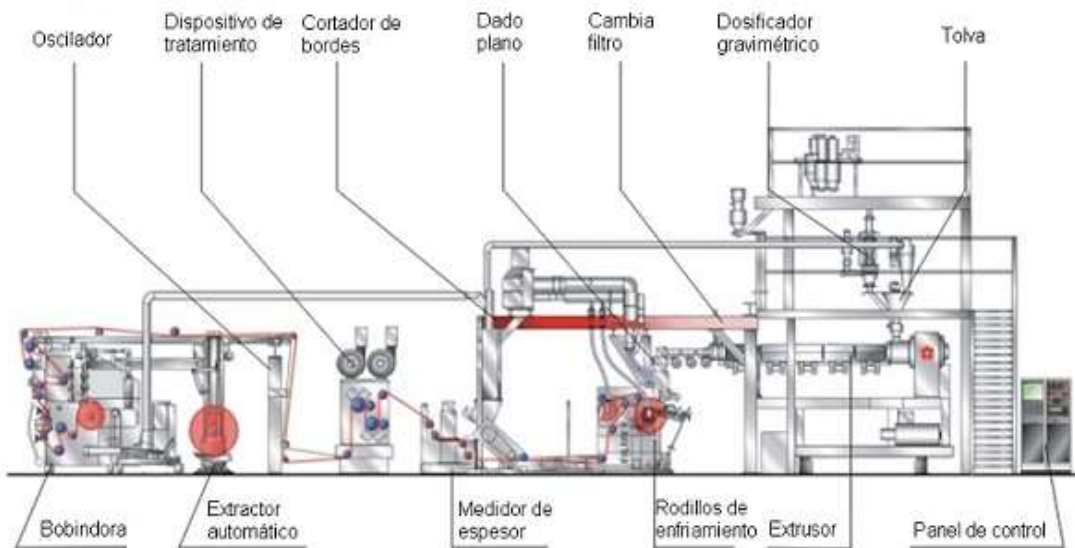
### Anexo 1. **Identificación de materiales plásticos y sus usos más comunes**

<b>Material</b>	<b>Usos más comunes</b>
PET Tereftalato de polietileno	Envases de bebidas gaseosas, aceites comestibles, jarabes y medicamentos.
PEAD HDPE polietileno de alta densidad	Envases de leche, detergentes, tanques
PVC: policloruro de vinilo:	Tuberías de agua, cables, bolsas de sangre, catéteres.
PEBD LDPE polietileno de baja densidad	Bolsas
PP Polipropileno	Envases de alimentos, industria automotriz
PS Poliestireno	Envases de alimentos congelados, aislante para heladeras, relleno, juguetes

Fuente: elaboración propia.

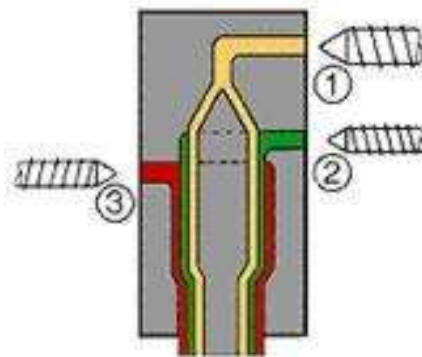
## Anexo 2. **Fotografías y esquemas de los componentes de una máquina coextrusora**

### Anexo 2a. **Proceso de extrusión de cabezal plano**



Fuente: <http://machinepointcom/inventory.nsf>. Consulta: septiembre de 2014.

### Anexo 2b. **Esquema de distribución de tres capas en un cabezal**



Fuente: <http://machinepointcom/inventory.nsf>. Consulta: septiembre de 2014.

Anexo 2c. **Medidor de espesor**



Fuente: <https://www.google.com.gt/search?q=medidor+de+espesor+extrusora+fotos&es>.

Consulta: octubre de 2014

Anexo 2d . **Tratador corona**



Fuente: [https://www.google.com.gt/search?q=tratador+corona+fotos&es\\_sm=122&biw=](https://www.google.com.gt/search?q=tratador+corona+fotos&es_sm=122&biw=)

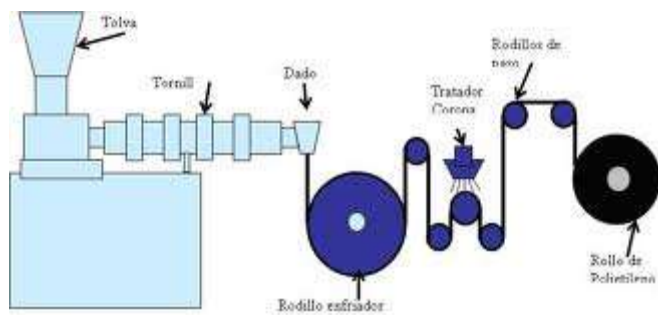
Consulta: octubre de 2014.

## Anexo 2e. Rodillos libres



Fuente: ghbearing.en.alibaba.com. Consulta: octubre 2014.

## Anexo 2f. Esquema del proceso de extrusión



Fuente: <http://machinepointcom/inventory.nsf>. Consulta: octubre de 2014.

Anexo 2g. **Equipo de protección personal con guante anticorte**



Fuente: [https://www.google.com.gt/search?q=imagen+guante+anticorte&es\\_sm=](https://www.google.com.gt/search?q=imagen+guante+anticorte&es_sm=).  
Consulta: octubre 2014.

Anexo 2h. **Embobinador y bobina**



Fuente: <https://www.google.com.gt/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd>  
Consulta: noviembre 2014

## Anexo 2i. Embobinador y bobina



Fuente: <http://www.google.com.gt/imgres?imgurl=>  
Consulta. noviembre 2014.

## Anexo 2j. Esquema de plastificación de la resina: Zona de compresión



Fuente: <http://machinepointcom/inventory.nsf>. Consulta: octubre de 2014.



Anexo 2k. **Lienzo en el rodillo embobinador**



Fuente: <http://www.plastico.com/documenta/imagenes/3052908/Figura-7-Bobinadora-Central-Periferica-f7-g8.jpg>. Consulta: noviembre 2014.

Anexo 2l. **Cabezal plano**



Fuente: <http://1.bp.blogspot.com/Q2ORO6uFen8/T5aocMmm8fI/AAAAAAAAAB9U/BDch2waRkhY/s1600/cabezal.jpg>  
Consulta: noviembre 2014.

Anexo 3. **Tiempo propuesto para el mantenimiento preventivo anual**

<b>MÓDULO</b>	<b>MCT (Horas)</b>	<b>MPM (Horas)</b>
Extrusor A	2,5	24
Extrusor B	2,5	22.25
Extrusor C	3,5	21
Alimentador de resina A	2,25	3
Alimentador de resina B	2,25	3
Alimentador de resina C	2,25	3
Cabezal	1,25	16
<i>Chill roll</i>	3	19
Calibrador de espesor de película	14	2
Tratador corona	14	7.5
Eliminador de estática	7	0
Embobinador de película	29,50	32
General	3	4
Panel de control	1	1
Reciclén	29,75	27

Fuente: elaboración propia.

**Anexo 4. Detalle del tiempo total utilizado en actividades extras al programa de mantenimiento preventivo propuesto**

Fecha	SUBMÓDULO	MÓDULO	TIEMPO (horas)			Justificación del tiempo adicional utilizado
			Propuesto	Utilizado	Diferencia	
12/08/2013	Motor <i>chill roll</i> secundario	Chill roll	2	5	3	Metalizar punta rotor en taller de torno externo
12/08/2013	Motor <i>chill roll</i> primario	Chill roll	2	3	1	Fabricación de cuñas en taller externo
19/08/2013	Removedor molido	Reciclén	3	3.5	0.5	Fabricar cuña dentro de la empresa
19/08/2013	Alimentador, caja reductora motor tornillo	Reciclén	4	8	4	Metalizar un eje en taller de torno externo
01/10/2013	Tornillos calibradores del labio	Cabezal	0.5	1	0.5	Cambio de 12 tornillos
01/10/2013	Dados portatornillos calibradores	Cabezal	0.5	1	0.5	Cambio de 6 dados
27/12/2013	Alimentador, caja reductora motor tornillo	Reciclén	4	8	4	Metalizar un eje en taller de torno externo
25/02/2014	Mecanismo cambio bobina	Embobinador de película	0.5	1	0.5	Dificultad de montaje
26/02/2014	Barra tope eje expansible embobinado	Embobinador de película	0.25	2	1.75	Cambio de pin y cojinetes
26/02/2014	Mecanismo tracción barra embobinadora	Embobinador de película	0.25	0.5	0.25	Limpieza y engrase del mecanismo
26/02/2014	Mecanismo tracción barra embobinadora	Embobinador de película	0.25	0.5	0.25	Cambiar faja de tracción
26/02/2014	Mecanismo tracción barra embobinadora	Embobinador de película	0.25	0.5	0.25	Requirió limpieza y lubricación
11/03/2014	Tornillo sinfín cojinete guía sustrato	Embobinador de película	0.5	1	0.5	Colocar tornillo de fijación
<b>TIEMPO TOTAL ADICIONAL UTILIZADO</b>					<b>17</b>	

Fuente: elaboración propia.

