



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PRÁCTICA PROFESIONAL**

**INVEMA GROUP**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:**

**INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**PRESENTADO POR:**

**21411210**

**ADRIÁN MAURICIO MORA RIVERA**

**ASESOR: ING. ALBERTO MAX CARRASCO**

**CAMPUS: SAN PEDRO SULA; ABRIL, 2020**

## RESUMEN EJECUTIVO

INVEMA Group es una empresa hondureña que se dedica a la recolección y reproceso de diferentes materiales que varían desde el PET hasta las placas electrónicas que han sido desechadas. Dentro de INVEMA existe una sección llamada INVEPLAST que se dedica al reproceso de hojuela de plástico procesada en INVEMA para convertirla en pellets y láminas de grado alimenticio. El pellet producido por INVEPLAST es vendido a otras empresas para ser utilizado como materia prima, mientras que la lámina, aparte de ser vendida como materia prima, también es reprocesada dentro de la empresa en un proceso de termoformado para crear diferentes tipos de empaques para alimentos. INVEMA es una de las pocas empresas a nivel nacional que cuenta con la tecnología y regulaciones necesarias para tener una planta que manufacture materia prima de grado alimenticio. A lo largo de este informe se detallan las labores desarrolladas por el practicante, con el puesto de Ingeniero de Procesos en INVEPLAST. Se detallan las particularidades y especificaciones de cada uno de los procesos de reciclaje utilizados en la planta, así como se hace énfasis en las diferentes técnicas de reproceso de plásticos.

**Palabras clave:** *Plásticos, reciclaje, INVEPLAST, termoformado, laminado.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Capítulo I. Introducción .....	1
Capítulo II. Generalidades de la Empresa .....	2
2.1 Descripción de la Empresa.....	2
2.1.1 Misión .....	3
2.1.2 Principios y Valores.....	3
2.2 Descripción del Departamento .....	4
2.3 Objetivos del Puesto .....	4
2.3.1 Objetivo General.....	4
2.3.2 Objetivos Específicos .....	4
Capítulo III. Marco Teórico .....	5
3.1 Análisis Actual.....	5
3.2 Industria de Reciclaje.....	7
3.3 Extrusión .....	9
3.3.1 Componentes de la Extrusora .....	10
3.4 Laminado.....	11
3.5 Proceso de Producción .....	12
3.5.1 Línea de Pellets .....	12
3.5.2 Línea de Laminado.....	16
3.5.3 Línea de Termoformado .....	21
3.6 Viscosidad Intrínseca.....	24
Capítulo IV. Desarrollo .....	25
4.1 Descripción del Trabajo Desarrollado .....	25

4.1.1 Semana 1 .....	25
4.1.2 Semana 2 .....	27
4.1.3 Semana 3 .....	28
4.1.4 Semana 4 .....	28
4.1.5 Semana 5 .....	30
4.1.6 Semana 6 .....	32
4.1.7 Semana 7 .....	37
4.1.8 Semana 8 .....	39
4.2 Cronograma de Actividades.....	41
Capítulo V. Conclusiones.....	42
Capítulo VI. Recomendaciones .....	43
Bibliografía.....	44

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-INVEMA .....	2
Ilustración 2-LU'UM .....	2
Ilustración 3-Distribución de producción global de plásticos .....	5
Ilustración 4-Demanda del plástico según el segmento .....	6
Ilustración 5-Tratamiento del plástico luego de su uso .....	7
Ilustración 6-Componentes de una extrusora.....	10
Ilustración 7-Calentador 1 línea pellets .....	13
Ilustración 8-Extrusor.....	13
Ilustración 9-Dado y extrusor .....	14
Ilustración 10-Cristalizadora .....	14
Ilustración 11-Reactor de línea de pellets .....	15
Ilustración 12-Silos en línea de pellets .....	16
Ilustración 13-Dosificadora .....	17
Ilustración 14-Extrusora de línea de laminado .....	17
Ilustración 15-Rodillos de enfriamiento .....	18
Ilustración 16-Rodillos de enfriamiento .....	18
Ilustración 17-Medidor ultrasónico.....	19
Ilustración 18-Corte de orillas.....	19
Ilustración 19-Aplicación de silicón.....	20
Ilustración 20-Embobinado.....	20
Ilustración 21-Rodillo de alimentación.....	21
Ilustración 22-Banco de resistencias.....	22

Ilustración 23-Moldes.....	22
Ilustración 24-Cortadora .....	23
Ilustración 25-Apiladora de empaques.....	23
Ilustración 26-NFPA-704 .....	25
Ilustración 27-Pantalla del reactor de pellets.....	29
Ilustración 28-Válvula de vacío.....	29
Ilustración 29-PLC Ultrionics.....	30
Ilustración 30-Sensor angular .....	31
Ilustración 31-Brazo de molino Herbold.....	32
Ilustración 32-Sesotec.....	32
Ilustración 33-Botella de polietileno.....	33
Ilustración 34-Pantalla Sesotec.....	34
Ilustración 35-Botella polipropileno .....	34
Ilustración 36-Pantalla Sesotec de botella de polipropileno.....	35
Ilustración 37-Plataforma vibradora Pellenc.....	35
Ilustración 38-Cámara oscura con halógenas.....	36
Ilustración 39-Espectrómetro .....	36
Ilustración 40-Medición corriente línea de laminado .....	38
Ilustración 41-Panel Silos de Alimentación INVEPLAST .....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-Cronograma de actividades.....	41
--	----

## LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

- 1) Pellet: Material compuesto de plástico utilizado en los procesos de formación de plásticos en moldes de extrusión o inyección.
- 2) R1, R2, R3: Abreviación utilizada para referirse a los tres tipos de empaque que se fabrican en la línea de termoformado dentro de INVEPLAST.
- 3) Hojuela: Materia prima obtenida al triturar las botellas de PET.
- 4) UPS: Unidad de respaldo de energía en caso de apagones.
- 5) GP: Green Peace es una organización no gubernamental con oficinas en más de 55 países, hace énfasis en campañas que combaten temas como el cambio de clima, la deforestación, etc.
- 6) *Pelletizing*: Proceso de aglutinamiento de un material en forma de pequeñas esferas.
- 7) PLC: Computador Lógico Programable, sus siglas en ingles PLC. Es una computadora utilizada para automatizar proyectos electromecánicos, electroneumáticos, entre otros.



## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Según GP (2015), la producción de plásticos alcanzo las 380 millones de toneladas. Cada año se producen más de 500 mil millones de botellas de plástico. Hasta la actualidad se han fabricado unos 8,3 mil millones de toneladas de plástico desde que su producción empezase sobre 1950.

Los plásticos se han convertido en un producto que utilizamos a diario. INVEMA es una empresa que fue fundada en 1994, empezó con un tan solo camión y un recolector. A lo largo de los años INVEMA ha crecido a convertirse en la planta recicladora y recolectora más grande del país.

A lo largo de este informe se abordarán temas acerca del reciclaje y reprocesamiento de desechos plásticos. La labor por realizarse en INVEPLAST es la de ingeniero de procesos, cargo que consiste en el mantenimiento y apropiado funcionamiento de las líneas de producción ubicadas dentro de la empresa. INVEPLAST cuenta con tres líneas: una línea de *pelletizing*, una línea de laminado y finalmente una línea de termoformado. La materia prima utilizada en las líneas de *pelletizing* y laminado en INVEPLAST es comprada a INVEMA quien produce la hojuela lavada necesaria para producir pellets y lamina. Mientras que la lámina utilizada para el proceso de termoformado es producida siempre dentro de INVEPLAST, de esta misma se producen empaques de grado alimenticio. Se realizarán una serie de actividades que varían desde la elaboración de manuales apegándose a las normas de ISO-9001 hasta trabajos de automatización industrial tales como programación de PLCs Siemens y Unitronics así como mantenimiento de las diferentes líneas de producción que existen tanto en INVEMA como en INVEPLAST.

## CAPÍTULO II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

A lo largo del capítulo 2, se presenta información general de la empresa y de igual forma del cargo asignado al practicante.

### 2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

INVEMA es una empresa dedicada a la compra, procesos de reciclaje y comercialización de materiales reciclables; que busca contribuir al desarrollo sostenible del país y de la región donde opera. Están comprometidos con el cumplimiento de los requisitos legales, éticos, normativos y otros requisitos aplicables a esta industria. Cuentan con aproximadamente 450 empleados que laboran dentro del plantel de INVEMA e INVEPLAST. Los puestos varían desde operadores de básculas hasta ingenieros.



Ilustración 1-INVEMA

Fuente: (INVEMA, 2020)

INVEPLAST es una empresa dedicada a la producción de resina y lamina, ambos de grado alimenticio, a partir del PET reciclado (rPET). También se adquirió e instaló una máquina de termoformado a finales del año 2019 con el propósito de empezar a fabricar empaques hechos de plástico 100% reciclado con el fin de abastecer a su marca propia LU'UM.



Ilustración 2-LU'UM

Fuente: (INVEMA, 2020)

### 2.1.1 MISIÓN

INVEMA es una empresa dedicada a la compra, procesos de reciclaje y comercialización de materiales reciclables; que busca contribuir al desarrollo sostenible del país y de la región donde opera. Están comprometidos con el cumplimiento de los requisitos legales, éticos, normativos y otros requisitos aplicables a esta industria. Se comprometen a trabajar e impulsar el crecimiento profesional de sus colaboradores y recolectores de materiales, por medio de la integración de programas de desarrollo y superación.

### 2.1.2 PRINCIPIOS Y VALORES

INVEMA es una empresa dedicada a la compra, procesos de reciclaje y comercialización de materiales reciclables; que busca contribuir al desarrollo sostenible del país y de la región donde operamos.

Estamos comprometidos con el cumplimiento de los requisitos legales, éticos, normativos y otros requisitos aplicables a nuestra industria; nos comprometemos a trabajar e impulsar el crecimiento profesional de nuestros colaboradores y recolectores de materiales, por medio de integración de programas de desarrollo y superación.

La empresa y sus miembros se comprometen a mejorar continuamente la satisfacción de nuestros clientes, la eficiencia de nuestros procesos y la calidad de nuestros productos.

Nuestra Política de Seguridad brinda a todos nuestros asociados un lugar seguro para trabajar, comprometiéndonos con la reducción y eliminación de actos y condiciones inseguras, y de esta manera evitar daños a nuestros empleados, nuestros recolectores y público en general.

En Gerencia somos responsables del cumplimiento de los requerimientos de seguridad. La aportación de los empleados en el logro de los objetivos es esencial y requerida brindando los elementos que hagan seguras sus actividades en nuestras plantas.

En INVEMA trabajamos en conjunto con la seguridad, respeto y compromiso. De esta manera logramos la protección tanto de nuestro personal a cargo, contratistas y proveedores de servicios, previniendo así lesiones y enfermedades ocupacionales y mejorando la excelencia cada día basado en el respeto de la compañía, sus empleados y nuestro respeto por la vida.

## **2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO**

El ingeniero de procesos dentro de INVEPLAST se encarga de supervisar y trabajar con la maquinaria para fabricar las materias primas de grado alimenticio y la línea de termoformado en la que se fabrican empaques para alimentos. Dentro de INVEPLAST existen tres líneas de manufactura.

- 1) Línea de Pellets: Consiste de maquinaria Starlinger, fabricada en Austria.
- 2) Línea de Laminado: Al igual que la línea de pelletizado, esta línea de laminado utiliza maquinaria Starlinger.
- 3) Línea de Termoformado: La última y más reciente adquisición de INVEPLAST, una maquina fabricada en Estados Unidos por la empresa DT Sencorp.

## **2.3 OBJETIVOS DEL PUESTO**

En el siguiente apartado se presentan los objetivos y responsabilidades del puesto de Ingeniero de Procesos en INVEPLAST.

### 2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Optimización y mejoras de los procesos de laminado y termoformado, así como mantenimientos preventivos, el ingeniero de procesos se encarga del correcto funcionamiento de los diferentes procesos en piso.

### 2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Mejora en paramétricas para los diferentes empaques de la línea de termoformado.
- 2) Análisis de consumo energético por empaque de la línea de termoformado.
- 3) Análisis de fallas en el proceso de laminado y *pelletizing*.
- 4) Mejoras en el aprovechamiento de lámina (output).

### CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

A lo largo de este informe, se presentarán diferentes terminologías y conceptos que serán explicados más a fondo en este marco teórico. La industria de los plásticos es una que está en constante cambio y evolución

#### 3.1 ANÁLISIS ACTUAL

Actualmente, el efecto producido por los productos plásticos en una economía es de vital importancia. La versatilidad del plástico permite su incorporación a cualquier proceso productivo o producto final, debido a esto, es innegable que el mercado de los productos plásticos posee un lugar sobresaliente en el conjunto de la economía (Góngora, 2014). En consecuencia, la producción de plástico ha mantenido un crecimiento constante desde el inicio de su fabricación en 1950. PlasticsEurope (2019) afirma: “En 2018, la producción mundial de plásticos casi alcanzó los 360 millones de toneladas. En Europa, la producción de plásticos alcanzó casi 62 millones de toneladas.”

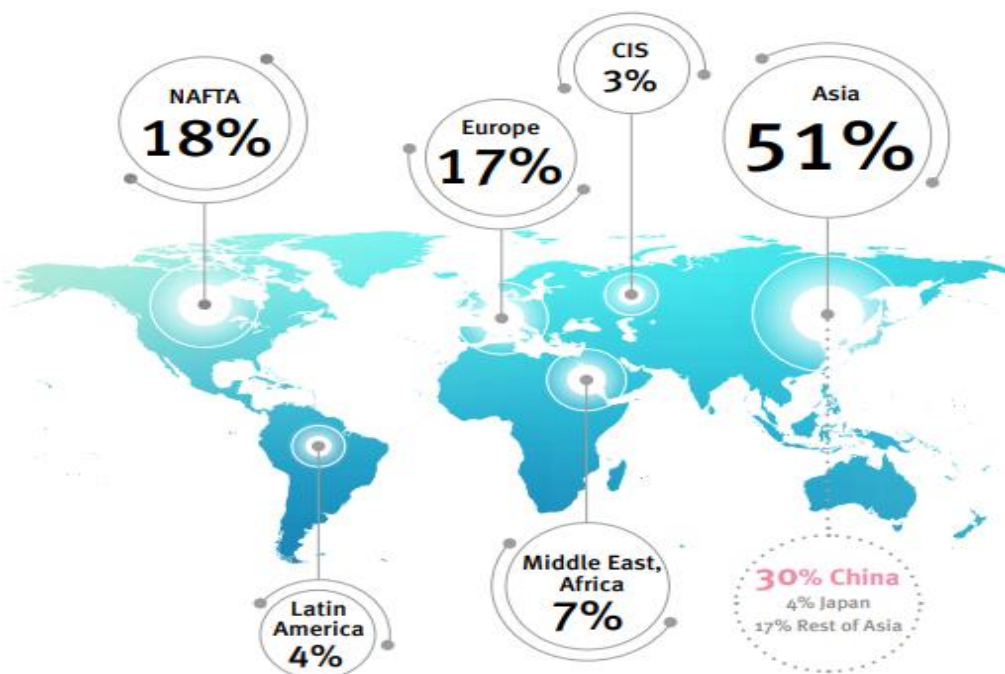


Ilustración 3-Distribución de producción global de plásticos

Fuente: (PlasticsEurope, 2019)

En la ilustración 3, se detalla la producción global de plásticos a nivel mundial, donde en la actualidad, China, es el país con mayor producción de plásticos a nivel mundial, con una producción del 30% de la producción total en el mundo, la cual es de 359 millones de toneladas, alcanzando casi las 360 millones de toneladas.



Ilustración 4-Demanda del plástico según el segmento

Fuente: (PlasticsEurope, 2019)

Como se presenta en la ilustración 4, existen diversos segmentos que requieren del uso del plástico, dentro de los cuales unos poseen más demandas que otros. El segmento que se considera con mayor demanda es el área de empaquetado, donde se incluye el embotellado de diversos productos líquidos. Siendo estos envases de plásticos, uno de los productos plásticos más adquiridos por INVEMA.

Sin embargo, en la actualidad, INVEMA compra todo tipo de desechos, desde plásticos, latas y diferentes tipos de metales, hasta electrónica a más de 8000 proveedores a nivel nacional. Esto genera una fuente de ingresos para las personas que se dedican a la recolección de estos materiales y también es una fuente de empleo indirecta para todas aquellas personas a cuyos recolectores le compran material. INVEMA dice que cada uno de los proveedores que llega a sus

instalaciones, trata con aproximadamente 40 personas, esto implica una fuente de empleo indirecta para más de 320,000 personas a nivel nacional.

### 3.2 INDUSTRIA DE RECICLAJE

La industria del reciclaje ha tenido un mejor desarrollo en los últimos años. Esto debido a que algunos productos de plástico tienen una vida útil de menos de un año, algunos otros de más de 15 años y algunos tienen una vida útil de 50 años o más. Por lo tanto, desde la producción hasta el desperdicio, diferentes productos de plástico muestran diferentes usos dentro de las cadenas de valor individuales. Por lo tanto, la cantidad de residuos plásticos recogidos no se correlaciona necesariamente con la demanda de plásticos del mismo año.

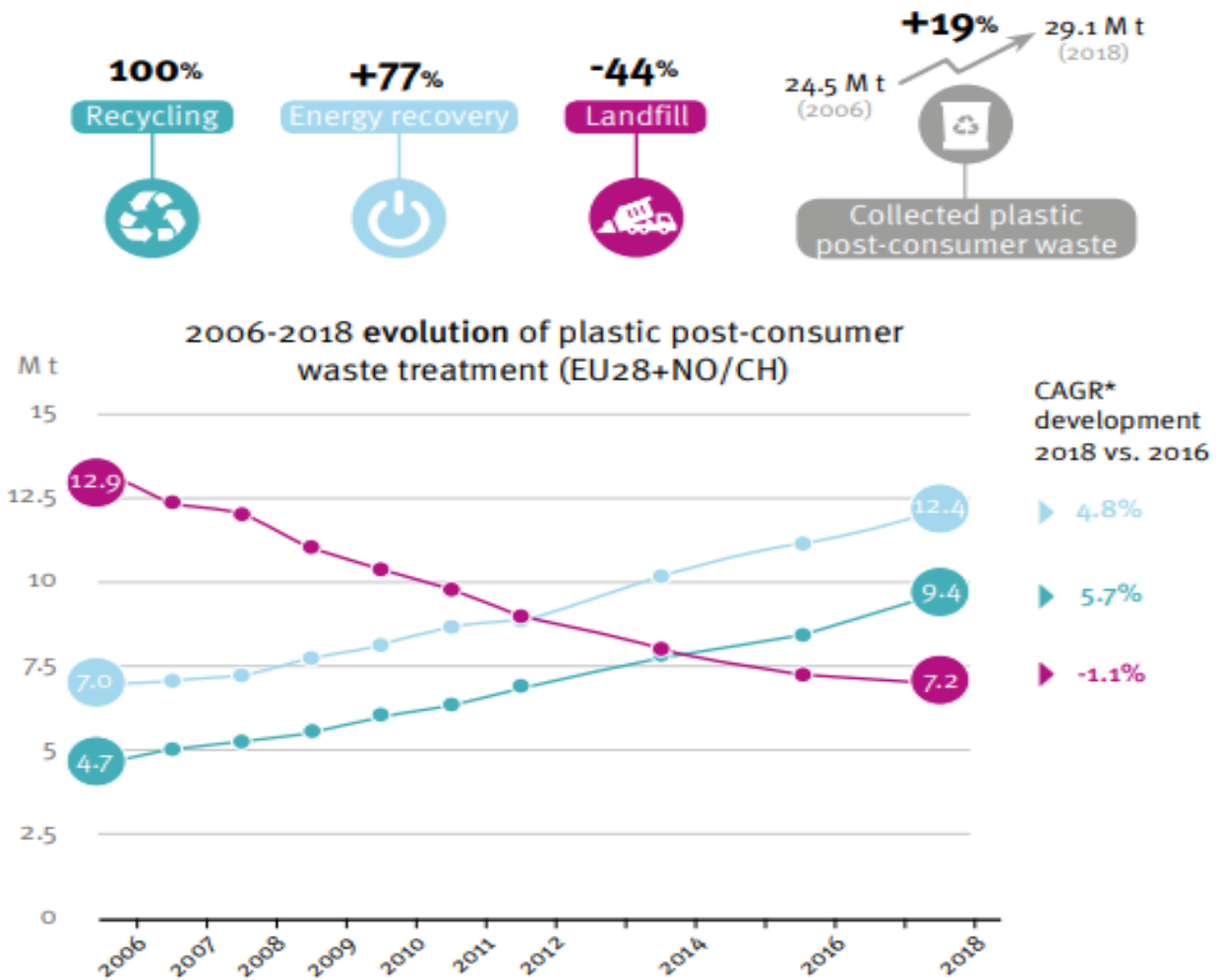


Ilustración 5-Tratamiento del plástico luego de su uso

Fuente: (PlasticsEurope, 2019)

En la ilustración 5, se muestra el tratamiento que se le da al plástico luego de que este es utilizado, donde comúnmente se le da tres diferentes tipos de tratamientos, los cuales son el reciclaje, recuperación de energía y desechados en el vertedero. Se detalla la evolución que se ha tendido desde año 2006 hasta el 2018, sobre el tipo de tratamiento que se les ha dado a estos plásticos, donde el reciclaje ha incrementado en un 100% a lo largo de este lapso de tiempo, siendo el doble la cantidad que ha sido reciclada, un total de 9.4 millones de toneladas, el cual representa un incremento anual del 5.7%. Se ha recolectado un total de 29.1 millones de toneladas en el año 2018, donde un 32.5% ha sido recolectado para reciclaje. Específicamente en el segmento de empaquetado, se ha recolectado un total de 17.8 millones de toneladas de plástico, de las cuales un 42% de esta recolección va como reciclaje, el cual representa 7.5 millones de toneladas. (PlasticsEurope, 2019)

La industria de reciclaje a nivel nacional es un rubro que le brinda trabajo una gran parte de la población de escasos recursos. Asegura que, en los países desarrollados, el reciclaje de la botella de PET alcanza un porcentaje de 24% de la totalidad de unidades, mientras que en Honduras ese porcentaje es de 84%. (INVEMA, 2020)

El reciclaje en los países subdesarrollados le brinda una oportunidad de empleo a una gran cantidad de personas, tanto de manera directa como es el caso de los recolectores que le venden directamente a INVEMA, como de manera indirecta para todos aquellos recolectores más pequeños que venden sus desechos.

La manufactura de materias primas recicladas, de grado alimenticio requiere de una serie de controles y pasos adicionales a diferencia de aquella materia prima que no lo es. El proceso empieza con la separación de las botellas apropiadas, una vez se tienen las botellas listas estas pasan por un proceso de triturado y posteriormente una serie de lavados y filtrados con los que se busca separar la etiqueta del plástico a través de tanques de agua (Garraín *et al.*, 2018). La densidad del plástico es mayor que la del agua lo cual causa que el mismo se hunda, mientras que la densidad de la etiqueta, al ser menor, se queda en la superficie del agua. Este proceso de filtrado y separación se lleva a cabo un total de cuatro veces con el fin de obtener la hojuela de plástico más limpia posible. Una vez alcanzado el producto deseado, esta hojuela lavada, apta para ser utilizada en manufactura de plásticos de grado alimenticio, es almacenada en sacos de



nylon para ser enviada a INVEPLAST con el fin de ser reprocesada, de esta manera se produce la materia prima deseada.

El reciclaje es una industria que está en constante crecimiento. La conciencia medioambiental y la automatización de procesos han logrado que el reciclaje se convierta en una tarea fácil para aquellas empresas dispuestas a invertir en maquinaria de última tecnología (Arandes *et al.*, 2004). El proceso de clasificación en INVEMA en su mayoría es hecho por personal capacitado en las áreas de separación de desechos. Existen algunas áreas donde se cuenta con detectores de metales que, al detectar la existencia de algún metal en la línea de producción, descartan una parte de la materia con el fin de evitar que esta misma se introduzca en el resto de la maquinaria.

### **3.3 EXTRUSIÓN**

Carrión (2014) menciona que el proceso de extrusión de plástico es un proceso en donde se hace uso de máquinas extrusoras para procesar la materia prima, donde el flujo continuo del material, la temperatura, la presión y el empuje es lo que permite hacer pasar la materia prima fundida por medio de un molde o dado con el fin de darle la forma deseada. Donde, inicialmente, la materia prima pasa a través de un embudo o tolva el cual abastece de manera constante al cilindro con altas temperaturas, en el interior de este cilindro, se encuentra un tornillo sin fin o un husillo, el cual empuja el material a lo largo del cilindro que a la vez genera presión y aumenta la temperatura aún más para fundir y homogenizar la materia prima que se está utilizando.

El plástico fundido finalmente, pasa por un cabezal o boquilla por donde fluye fuera del cilindro. La boquilla puede tener un perfil especial para la fabricación de los que se requiere, ya sea láminas, tubos y para la presente investigación, filamentos. Los extrusores más comunes utilizan solamente un husillo en el interior del cilindro, también se puede utilizar con dos o más husillos, que ofrecen una capacidad de empuje mayor, sin embargo, esto significa un proceso más agresivo para la materia prima (Osswald *et al.*, 2012). Dentro de la extrusión hay variables a tomar en cuenta como son:

- 1) Temperatura
- 2) Velocidad del husillo

En el calentamiento del proceso de extrusión, se emplea un método de transferencia de calor, en el cual, cuando en un cuerpo determinado, posee un gradiente de temperatura, existe una transferencia de energía desde la región alta hasta la región con baja temperatura. Este método del el más utilizado al momento de hacer uso de una máquina de extrusión, ya que, generalmente, el tornillo no en conjunto con ningún tipo de sistema de calentamiento o para enfriar el material, sin embargo, existen algunos casos donde se utilizan tornillos huecos por los que se hace fluir algún tipo de calefactor o refrigerante. (Kalpakjian & Schmid, 2014)

Dentro de las extrusoras de polímeros tenemos dos tipos, de husillo simple, de doble tornillo, entre. Cada tornillo se diseña o elige para trabajar con una determinada combinación boquilla/material, Donde el polímero es alimentado por medio de una tolva de forma sólida, es calentado y sale de la extrusora gracias a la acción de empuje fundido, de un perfil geométrico y listo para ser tratado. (Groover, 2007)

### 3.3.1 COMPONENTES DE LA EXTRUSORA

Ramos de Valle (2012) menciona que la máquina extrusora posee los siguientes componentes, que se detallan en la ilustración 6.

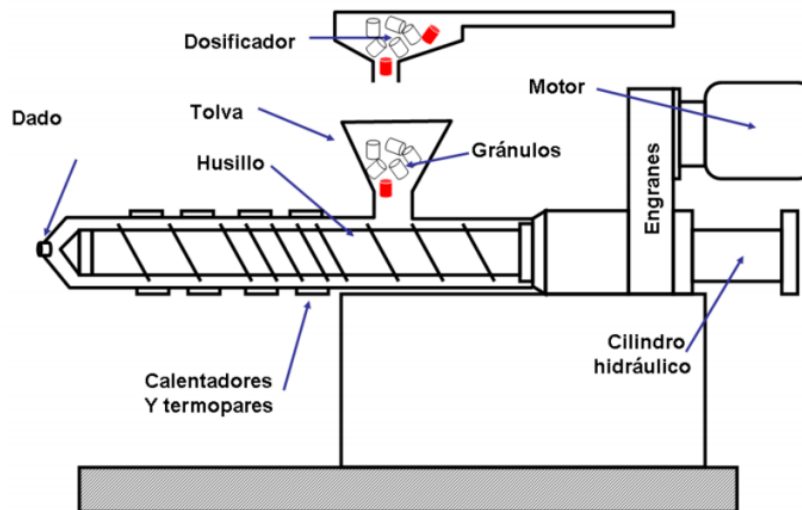


Ilustración 6-Componentes de una extrusora

Fuente: (Ramos de Valle, 2012)

### 3.4 LAMINADO

Schey (2002) considera que el proceso de laminado, consiste en un proceso de deformación volumétrica, en el cual se busca reducir el espesor inicial del material que es utilizado como materia prima, a través del uso de fuerzas de compresión, donde estas fuerzas son ejercidas por dos rodillos que se encuentra en contacto con el material de trabajo. Para ejecutar este proceso, los rodillos que ejercen la fuerzan, deben girar en sentidos opuestos, con el fin de que logren ejercer la fuerza requerida para comprimir el material,

Se considera dos tipos de laminado según la temperatura, donde se denomina laminado en caliente y también existe el proceso de laminado en frío, en donde por lo general, es fabricado en aquel proceso en el cual el material es enfriado a medida que se está laminando en un estado caliente, evitando de tal manera, cualquier tipo de enrollamiento no deseado en el proceso final de laminado. (Torres *et al.*, 2004)

Se debe tener en cuenta que los procesos de laminado, generalmente, se realizan en caliente debido a la gran deformación ejercida sobre el material trabajado. Además, los materiales laminados en caliente, posee propiedades isotrópicas y también carecen de tensiones residuales. Sin embargo, se pueden presentar diversos inconvenientes en el proceso de laminado en caliente, como ser que el producto no puede mantenerse dentro de tolerancias adecuadas. (Catuogno, 2008)

El material, en el proceso en caliente, es producido, calentado y presionado por medio de unos rodillos especiales industriales que tienen como objetivo manipular todo el material siguiendo ciertos criterios y especificaciones. Esto debido a que cuando se encuentra como material calentado es más fácil de ser transformado (Madías, 2011). Se dice, que existen diversos tipos de laminados los cuales son los siguientes:

#### 1) Laminado Plano

Involucra el laminado de planchas, tiras, láminas y placas, partes de trabajo de sección transversal rectangular con un ancho mayor que el espesor. En el laminado plano, se presiona el material de trabajo entre dos rodillos de manera que su espesor se reduce. (Datsko, 1991)

## 2) Laminado de Perfiles

En este tipo de laminado, se generan contornos en la sección transversal, el proceso es realizado al pasar el material de trabajo por medio de rodillos que tienen impreso el reverso de la forma deseada. (Cornish Álvarez, 1997)

## 3) Laminado de Cuerda

El proceso de laminado de cuerda es utilizado para formar cuerdas en partes cilíndricas, este tipo de laminado se utiliza comúnmente para la producción de componentes con cuerdas externas.

## 4) Laminado de Anillos

En el proceso de laminado de anillos, se deforma el material, de tal manera, que lamina las paredes gruesas de un anillo para obtener anillos de paredes más delgadas, pero de un diámetro mayor.

## 5) Laminado de Engranés

Este tipo de laminado, es utilizado como laminado en frío que produce ciertos engranes, es muy similar al laminado de cuerdas.

### **3.5 PROCESO DE PRODUCCIÓN**

Los procesos de producción en INVEPLAST son prácticamente automatizados, desde la alimentación de las tolvas hasta el producto final, el operario de la maquinaria interviene de manera mínima.

#### 3.5.1 LÍNEA DE PELLETS

La línea de *pelletized* está conformada por maquinaria Starlinger. El proceso de *pelletized* es relativamente simple, se empieza con una carga de hojuela de PET en la tolva de alimentación de la línea de pellets. Esta pasa por un detector de metales con el fin de eliminar cualquier posibilidad de que existan residuos de materias no deseadas dentro de la materia prima. Una vez pasa por el detector de metales, la hojuela pasa por una serie de calentadores en las cuales permanece por un total de dos horas a una temperatura de 120 grados Celsius.



Ilustración 7-Calentador 1 línea pellets

Fuente: Elaboración Propia

Una vez sale de los calentadores, el plástico pasa por una extrusora que se encarga de incrementar la temperatura de la materia prima hasta 290 grados Celsius. La extrusora es un tornillo sin fin que convierte en líquido la materia prima y la pasa por una serie de filtros que tienen un sistema de retrolavado, los filtros son de 50 micrones y se utilizan con el fin de deshacerse de cualquier desecho sólido en el plástico.



Ilustración 8-Extrusor

Fuente: Elaboración Propia

Al salir de la extrusora, el plástico pasa por un dado que se encarga de darle una forma alargada para posteriormente ser enfriado y cortado por las cuchillas del granulador, lo cual le da su forma de pellet.



Ilustración 9-Dado y extrusor

Fuente: Elaboración Propia

El siguiente paso consiste en pasar la materia prima por un cristalizador que se encarga de darle al pellet el color blanco característico que tiene.



Ilustración 10-Cristalizadora

Fuente: Elaboración Propia

Una vez cumplida la cristalización, el pellet es transportado a través de vacío hacia los precalentadores del reactor de esta línea. Los precalentadores incrementan la temperatura del pellet unos cuantos grados para posteriormente ser introducidos al reactor que se encarga de mantener el pellet a un vacío de 10 mbar y a una temperatura de 190 grados Celsius por un total de 6 horas. Esta parte del proceso es la que convierte el pellet en materia prima de grado alimenticio. El pellet, al estar al vacío, abre sus poros y a través del calor y una centrifugadora se extrae de los poros del mismo cualquier residuo que pueda haber quedado después de todos los filtros anteriores.



Ilustración 11-Reactor de línea de pellets

Fuente: Elaboración Propia

Si las condiciones anteriores del reactor se cumplen, entonces el pellet pasa a un silo de grado alimenticio, de lo contrario es automáticamente descartado a otro silo que no es de grado alimenticio. El pellet terminado es almacenado en sacos de nylon y posteriormente pesado mientras aguarda inspección del departamento de calidad, al ser aprobado el plástico este mismo es paletizado y guardado en un andén para su exportación, de lo contrario el pellet es enviado a reproceso.



Ilustración 12-Silos en línea de pellets

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.2 LÍNEA DE LAMINADO

Al igual que la línea de pellets, la línea de lámina también está compuesta por maquinaria Starlinger. El proceso de laminado empieza con unas tolvas alimentadoras que contienen hojuela de PET lavado, a diferencia de la línea de pellets, en el caso de la línea de láminas, el reactor está posicionado al principio de la línea, sin embargo, la hojuela permanece únicamente un total de 90 minutos en este reactor, a una temperatura de 190 grados Celsius y a un vacío menor a 10 mbar. Una vez esta lista la hojuela, esta pasa a una unidad de dosificación que consta de 3 silos de diferentes materias primas.





Ilustración 13-Dosificadora

Fuente: Elaboración Propia

Una de ellas es la hojuela, en otro silo se encuentran pellets y finalmente el último silo es utilizado exclusivamente para aditivos. Partiendo de la unidad de dosificación, la materia prima, según la receta implementada, es ingresada a una extrusora que al igual que la línea de pellets, se encarga de incrementar la temperatura de la materia hasta 290 grados Celsius y el tornillo sin fin liquidifica el plástico, lo pasa por los filtros de 50 micrones y hace una serie de retrolavados.



Ilustración 14-Extrusora de línea de laminado

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, la lámina es transportada a través del dado y desciende de manera líquida a los rodillos enfriadores que se encargan de convertir el plástico de su forma líquida a una lámina transparente.



Ilustración 15-Rodillos de enfriamiento

Fuente: Elaboración Propia

La lamina es transportada a través de una serie de filtros, el primero es una persona de control de calidad que se encarga de verificar que la lámina está saliendo transparente y sin agujeros.

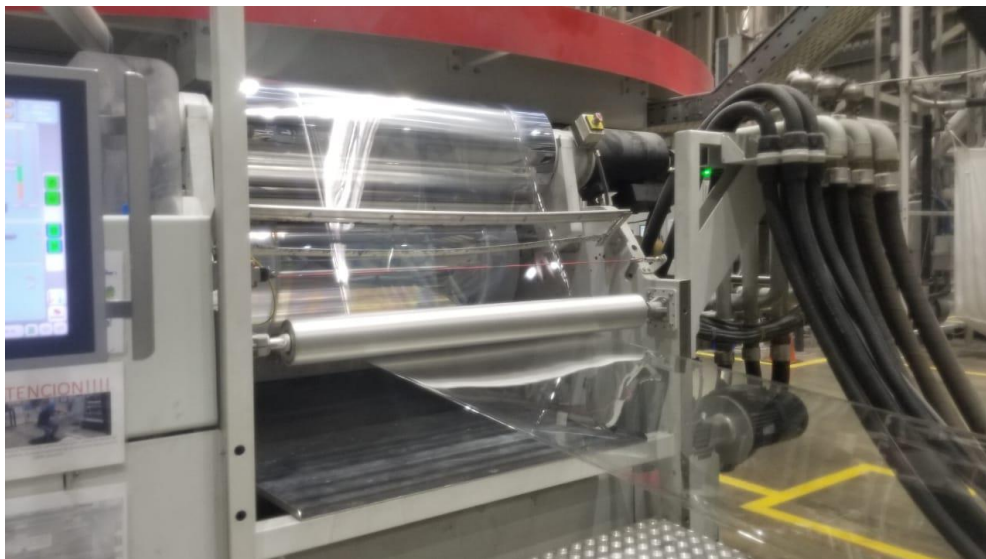


Ilustración 16-Rodillos de enfriamiento

Fuente: Elaboración Propia

La lamina pasa a través de un medidor ultrasónico que se encarga de medir el espesor de la lámina para asegurarse que la misma está saliendo de la manera deseada.



Ilustración 17-Medidor ultrasónico

Fuente: Elaboración Propia

Es imposible evitar que las orillas de la lámina salgan perfectas por lo que se les aplica un corte automático para deshacerse de las imperfecciones laterales.



Ilustración 18-Corte de orillas

Fuente: Elaboración Propia

Los clientes deciden si quieren que a la lámina se le aplique silicón en una o ambas caras de la misma, por lo que esta misma pasa por un sistema de aplicación de silicón para posteriormente ser embobinada y finalmente retenida para inspección.

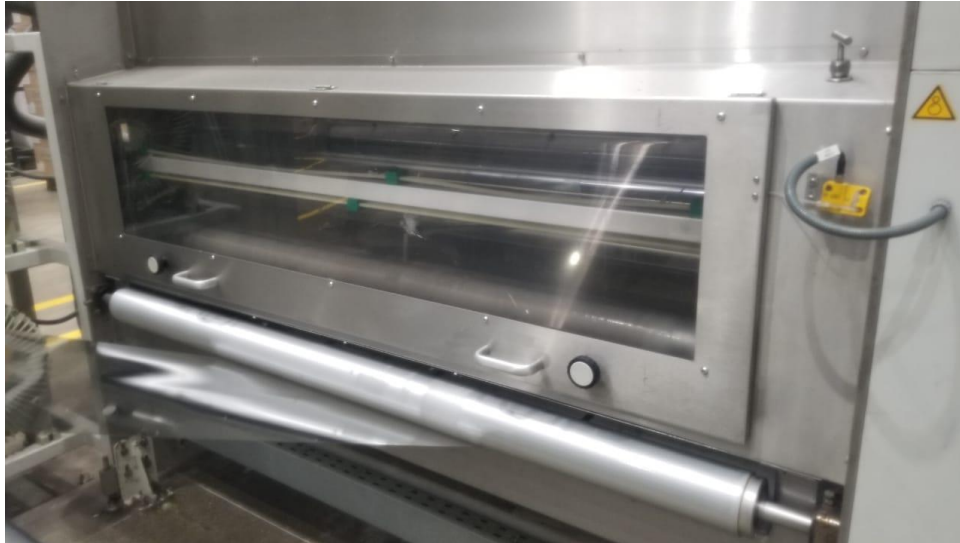


Ilustración 19-Aplicación de silicón

Fuente: Elaboración Propia

Si la lámina pasa el control de calidad, esta misma es flejada y almacenada, de lo contrario pasa a reproceso.



Ilustración 20-Embobinado

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.3 LÍNEA DE TERMOFORMADO

La línea de termoformado posiblemente cuenta con la maquinaria más antigua de INVEMA. Es una línea que fue adquirida de segunda, comprada a una empresa mexicana. El proceso es casi totalmente automatizado sin embargo el operario y la gente de calidad tiene que intervenir en ciertas partes. La línea empieza con un rodillo de alimentación donde se monta la bobina de lámina para empezar el proceso.



Ilustración 21-Rodillo de alimentación

Fuente: Elaboración Propia

La lámina es transportada por unas cadenas que cuentan con picos en ambos lados y avanza en pasos definidos dependiendo del índice de corte del empaque a producirse. La lámina pasa por una serie de resistencias que funcionan como un horno, posteriormente ingresan al área de moldeado donde unos moldes la encapsulan por un par de segundos para lograr obtener la forma del empaque.



Ilustración 22-Banco de resistencias

Fuente: Elaboración Propia

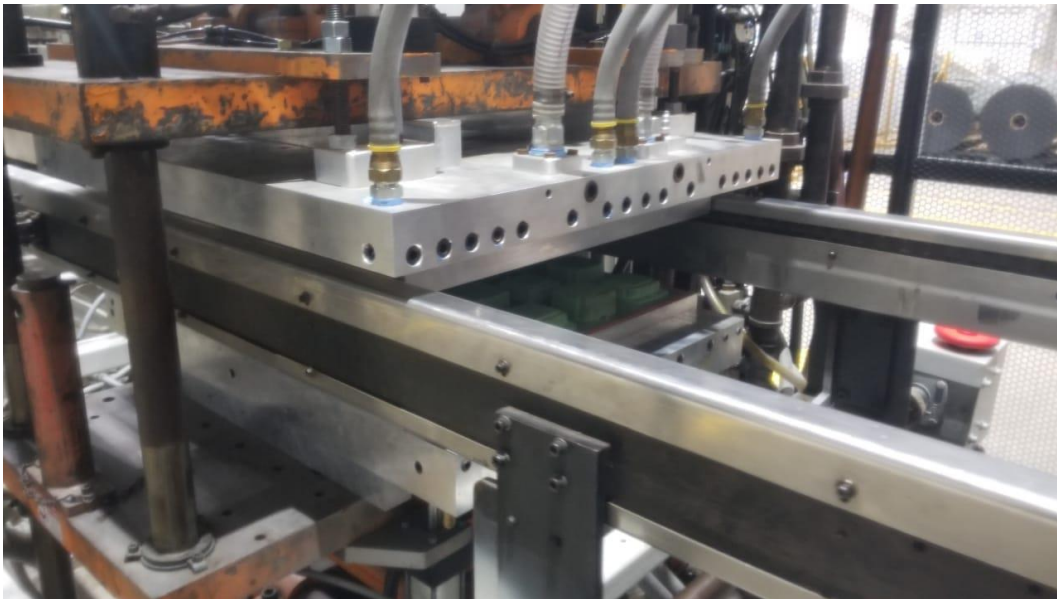


Ilustración 23-Moldes

Fuente: Elaboración Propia

La lámina avanza un índice de distancia más e ingresa a la cortadora, que al igual que los moldes, encapsulan la lámina y aplican dos cortes, un primer corte superficial y un segundo corta a profundidad.



Ilustración 24-Cortadora

Fuente: Elaboración Propia

Al salir de la cortadora la lámina se mueve un índice más y es ingresada a la apiladora cuya tarea es únicamente apilar los empaques a medida van pasando por debajo de ella. El personal de control de calidad se encarga de remover los empaques finalizados para ser ingresados a inspección y posteriormente empacados si estos mismos cumplen con todos los estándares.



Ilustración 25-Apiladora de empaques

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6 VISCOSIDAD INTRÍNSECA

El peso molecular del polímero es importante porque determina propiedades mecánicas tales como rigidez, resistencia, viscoelasticidad, tenacidad y viscosidad. Si el peso molecular es demasiado bajo, las temperaturas de transición y las propiedades mecánicas generalmente serán demasiado bajas para que el material polimérico tenga aplicaciones comerciales útiles. (Harding, 1997)

El peso molecular determina la facilidad o dificultad para la formación del párison o de la preforma durante el proceso de moldeo por soplado, o bien del termoformado de las láminas previamente obtenidas por extrusión. Así mismo se correlaciona o tiene un efecto directo en la viscosidad del fundido y la resistencia al fundido. (Harding, 1997)

Con el fin de determinar el comportamiento viscoso del material final, se suele utilizar la medición de la viscosidad intrínseca (IV), el cual es un número relativo y representa una medida de su peso molecular promedio, además, se utiliza esta medida para asignar un valor de viscosidad relativo a los diversos grados y aplicaciones del plástico. El monitoreo de la IV es de gran importancia durante cualquier método seleccionado para su procesamiento, ya que el asegurar el valor preciso para cada aplicación, permite controlar las diversas variables de proceso. Para evitar reducciones críticas de la IV, se recomienda una etapa de secado eficiente durante el moldeo evitando con ello pérdida en propiedades mecánicas del producto terminado. (Cho *et al.*, 2006)

Actualmente, en INVEMA, la viscosidad intrínseca (IV) es medida constantemente en el material final, este valor posee una unidad de medición de decilitros por gramo o dL/g, el cual se estipuló como un valor necesario para dar el aspecto de un material final acorde al grado alimenticio estipulado. En la línea de laminado, la lámina producida debe poseer una viscosidad intrínseca de 0.65 dL/g para que esta cumpla el condicionamiento establecido de grado alimenticio, de lo contrario, si la lámina presenta un valor diferente de viscosidad intrínseca, esta lámina será rechazada por calidad.



## CAPÍTULO IV. DESARROLLO

En el siguiente capítulo se presenta la bitácora de las actividades realizadas durante la práctica profesional. Dichas actividades se realizaron a lo largo del transcurso de diez semanas, comenzando a partir del 20 de enero y terminando el 27 de marzo, con un total de 400 horas laborales.

### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLADO

#### 4.1.1 SEMANA 1

A lo largo de la primera semana de práctica, comenzando el 20 de enero y finalizando el 24 de enero, se realizaron una serie de actividades dentro de la planta de INVEPLAST. Durante los primeros dos días el trabajo asignado fue de reestructurar una bodega de químicos de manera que no estuvieran juntos químicos que podían tener algún tipo de reacción, meramente como medidas de seguridad. Se procedió a buscar las hojas de datos de seguridad de un listado de cincuenta químicos para poder tabular la información de su diamante de materiales peligrosos (NFPA-704), según la norma estadounidense establecida por la Asociación Internacional de Protección contra el Fuego.



Ilustración 26-NFPA-704

Fuente: (NFPA, 2014)

A lo largo de la primera semana de práctica, comenzando el 20 de enero y finalizando el 24 de enero, se realizaron una serie de actividades dentro de la planta de INVEPLAST. Durante los primeros dos días el trabajo asignado fue de reestructurar una bodega de químicos de manera que no estuvieran juntos químicos que podían tener algún tipo de reacción, meramente como medidas de seguridad. Se procedió a buscar las hojas de datos de seguridad de un listado de cincuenta químicos para poder tabular la información de su diamante de materiales peligrosos (NFPA-704), según la norma estadounidense establecida por la Asociación Internacional de Protección contra el Fuego.

Finalizando la primera actividad, se le solicitó al practicante diseñar un plan de mejora para la línea de laminado. El problema que tiene INVEPLAST en la línea de laminado nace de la falta de un proceso automatizado que se encargue de imprimir los datos acerca del lote que está en producción. Esto implica que el empleado encargado de extraer el rollo de lámina finalizado, tiene que, de manera manual, escribir en una hoja la información acerca del número de lote y cliente para el cual se está produciendo dicha materia prima. Han ocurrido múltiples casos en los que el empleado se equivoca y esto causa que la información que se adhiere al rollo terminado sea errónea. Se le solicitó al practicante que encontrara la manera de automatizar el proceso de la toma de datos y la impresión de los mismos en el rollo. La solución proporcionada fue la siguiente:

- 1) USB/PC a ViscoSheet para guardar los datos, la maquinaria de ViscoSheet, cuenta con un puerto USB al que se puede conectar una memoria USB o una computadora, esta misma exporta la información de la máquina en forma de archivo PDF.
- 2) Una vez obtenido el PDF, se sube a Google Drive para almacenarlo en la nube y convertirlo a un archivo de Google Sheets.
- 3) Haciendo uso de Docparser, un servicio en internet que se encarga de convertir PDFs a archivos de Excel o Google Sheets con el fin de tener información tabulada en tablas y mantener una base de datos más precisa y fácil de manejar.
- 4) Generar un código QR para la línea de la base de datos deseada haciendo uso de una fórmula existente dentro de Google Sheets.
- 5) Scanner e Impresora: Se sugirió que se adquiriera una impresora CM550S, con un costo aproximado de \$958, con el fin de que el empleado pudiera escanear el código QR generado

por el archivo de Google Sheets que tendría en la computadora para que este mismo dispositivo hiciera una impresión con la información relevante para INVEPLAST.

- 6) Finalmente, imprimir QR, los códigos QR tienen la capacidad de almacenar hasta 4296 caracteres, más que suficientes para la tarea propuesta.

El diseño del proyecto fue entregado al Ingeniero de Procesos Héctor Medina con el fin de ser implementado en un futuro.

#### 4.1.2 SEMANA 2

La totalidad de la semana 2 de la práctica profesional fue dedicada a trabajo en la línea de termoformado. INVEPLAST contaba con un pedido de aproximadamente 180,000 empaques de plástico reciclado que se tenían que entregar para el día martes 4 de febrero. Durante los primeros dos días de la semana, se buscó calibrar la máquina de termoformado para poder empezar a producir el empaque R3, siendo este el pedido con mayor número a llenar. El empaque R3 es un empaque de plástico de 30x15 cm fabricado con una lámina de un espesor de 18 milímetros. Al hacer las pruebas preliminares de los moldes, se utilizó una lámina de 15 milímetros de espesor. Las pruebas preliminares no resultaron ser exitosas, los empaques no salían alineados, debido a que la cortadora no estaba bien alineada con respecto a la lámina. La máquina de termoformado fue adquirida por INVEMA a finales del año pasado, únicamente un ingeniero fue capacitado para utilizar dicha maquinaria, sin embargo, la falta de experiencia resultó ser un gran atraso a la hora de empezar a producir empaques. Básicamente, la totalidad de la semana 2 se utilizó para calibrar, ajustar y hacer pruebas de los empaques a ser producidos. Tras el constante fracaso los primeros dos días de producción, se empezó a pensar que el problema eran los moldes y se tomó la decisión de cambiar a los moldes de R2 para ver si el producto final de estos era de mejor calidad que el R3. El primer lote de empaques que se logró producir a totalidad y con éxito fue logrado el día sábado, 1 de febrero, este mismo fue el empaque R2, un empaque de tamaño mediano cuyo pedido era de 60,000 unidades.

#### 4.1.3 SEMANA 3

La tercera semana de práctica profesional fue dedicada al 100% a la producción de empaques en la línea de termoformado. Tras los impases de la segunda semana, se empezó a descifrar poco a poco como utilizar la maquinaria. El incontable número de pruebas realizadas resulto en un gasto de aproximadamente 2000 libras de lámina de 15 milímetros. Se logro determinar las maneras más eficientes de colocar los moldes y las cuchillas para minimizar el margen de error en los cortes y las abolladuras en los empaques. En total, para el día viernes 7 de febrero se produjeron 180,000 empaques para exportación y 15,000 muestras para posibles clientes.

A lo largo del transcurso de la semana nos encontramos con varios problemas, en su mayoría se debían a la mala ingeniería de la máquina. La máquina de termoformado tiene múltiples anchos de riel a lo largo de su superficie lo cual puede ocasionar que, al no estar bien regulado, se tense mucho en ciertos tramos y la cadena se salgo de su riel, causando que la maquinaria haga un paro de emergencia automático. En tres de sus cuatro puntos tiene motores con cuales regular la distancia del ancho, sin embargo, justo al salir del área de cortado, la maquinaria no tiene un método de mantener la distancia entre los rieles fija por lo que se utilizaron dos sargentos con el fin de mantener los rieles a una distancia constante y que no hubiera variaciones en el ancho del riel a lo largo del proceso de manufactura.

#### 4.1.4 SEMANA 4

Durante la cuarta semana de práctica profesional, se realizó mantenimiento preventivo de la línea de *pelletized*. El reactor de dicha línea presentaba una serie de fallas, principalmente en la capacidad de mantenerse al vacío. Es fundamental que el reactor mantenga un vacío menor a 10 mbar durante un transcurso de aproximadamente ocho horas en las cuales los pellets permanecen dentro del reactor a una temperatura de aproximadamente 230 grados centígrados para poder alcanzar el grado alimenticio. El vacío se encarga de abrir los poros del material para así, de esta manera, limpiar los mismos de cualquier desperdicio de PVC o cualquier residuo que haya permanecido en el material tras terminar los demás procesos.

La falla que se presentaba en el reactor podía ser causada por múltiples factores. La primera alerta que recibe el operario de la maquinaria es proporcionada por la pantalla del PLC ubicado en el reactor, esta misma notifica que vacío está por encima del nivel especificado.

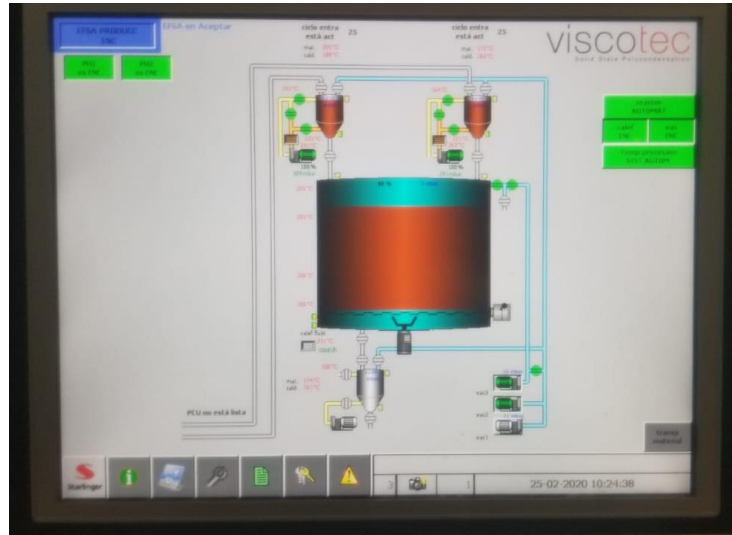


Ilustración 27-Pantalla del reactor de pellets

Fuente: Elaboración Propia

El primer paso para abordar dicha falla es la verificación de las válvulas de vacío ubicadas en los precalentadores, en la parte superior del reactor. Dichas válvulas al cerrarse deben mantener el vacío, si la aguja del medidor empieza a bajar significa que dicho y hecho, existe una falla de vacío.



Ilustración 28-Válvula de vacío

Fuente: Elaboración Propia

Al verificar que la falla es en efecto en el vacío del reactor, se prosiguió a hacer una inspección general de las tuberías, válvulas y precalentadores para verificar que no hubiera alguna fuga de aire. Tras una serie de limpiezas realizadas a las tuberías, se logró determinar que la falla provenía del precalentador #1. Este precalentador trabaja a través de vacío, la tubería que lleva los pellets hasta el precalentador obtiene la materia prima haciendo una serie de succiones hacia una criba que se encuentra en la parte superior del mismo. Lo hace de esta manera para evitar atascamientos y a la misma vez revolver el pellet dentro del precalentador para que este se caliente de la manera más uniforme posible. Se apagó el precalentador, se procedió a hacer una limpieza de la compuerta donde se ubica la criba y se determinó que el empaque de esta compuerta era lo que estaba causando la fuga. Se realizó el cambio necesario y finalmente se hizo una prueba de vacío para verificar que el problema se había solucionado.

#### 4.1.5 SEMANA 5

La quinta semana de práctica profesional requirió que se realizaran una serie de pruebas a un molino marca Herbold que forma parte de la línea de laminado. La línea de laminado, al momento de solidificar la lámina, las orillas tienden a tener imperfecciones. Dichas imperfecciones no pueden formar parte del producto final porque son consideradas un desperdicio.



Ilustración 29-PLC Unitronics

Fuente: Elaboración Propia

El molino se encarga de triturar las tiras de las orillas de la lámina una vez estas sean cortadas y a través de succión las envía a reproceso, donde se utilizan en conjunto con la hojuela lavada como materia primera para esta misma línea de producción. El molino Herbold utiliza un PLC Unitronics y unos sensores angulares marca PEPPERL-FUCHS.



Ilustración 30-Sensor angular

Fuente: Elaboración Propia

El molino Herbold cuenta con dos brazos con un sensor angular cada uno, el sensor angular se encarga de medir el ángulo al que está recibiendo la orilla de la lámina. En el PLC existen medidas de ganancia que representan la velocidad a la que está trabajando el motor de la trituradora. A lo largo de la semana, la labor asignada consistió en toma de datos y ajustes del comportamiento de dichos brazos dependiendo de la velocidad a la que se estaba produciendo la lámina y la ganancia a la que estuviera configurado el molino. Idealmente el brazo que recibe el desperdicio de la lámina, debería mantenerse en un ángulo relativamente constante, lo que significa que la velocidad a la que está avanzando el desperdicio debe ser proporcional a la velocidad a la que el molino está triturando, de lo contrario se generan picos en la tensión de la lámina lo cual tiende a causar que la misma se reviente y se genere un problema en la línea de laminado.



Ilustración 31-Brazo de molino Herbold

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.6 SEMANA 6

INVEMA cuenta con dos máquinas de marca SESOTEC que son utilizadas para detectar contaminantes en la hojuela lavada.



Ilustración 32-Sesotec

Fuente: (Sesotec, 2020)

Una de ellas es una Sesotec *Flake Purifier* que funciona a través de caída libre mientras que la otra es una Sesotec *Varisort Compact* que utiliza una banda para transportar la hojuela a través de una serie de cámaras de alta velocidad. Ambas maquinas cuentan con dos luces posicionadas en serie,



una luz amarilla que se utiliza en conjunto con una cámara infrarroja para la detección del tipo de material y una luz blanca que al ser usada en conjunto con una cámara de alta definición registra el color del material siendo transportado. Durante los primeros tres días de la semana, se les dio mantenimiento a ambas máquinas, se hizo una limpieza general de todas las válvulas de rechazo, así como de las tuberías del aire comprimido y también de las cámaras. Se calibraron ambas máquinas y se verificó que estuviera haciendo la detección correcta con los diferentes tipos de materiales utilizados.



Ilustración 33-Botella de polietileno

Fuente: Elaboración Propia

Se hicieron una serie de pruebas, primera se tomó una botella de un polietileno y se puso frente a la cámara infrarroja de ambas máquinas para verificar que esta estaba haciendo la clasificación correcta. El resultado que se recibió de parte de la maquinaria fue positivo.

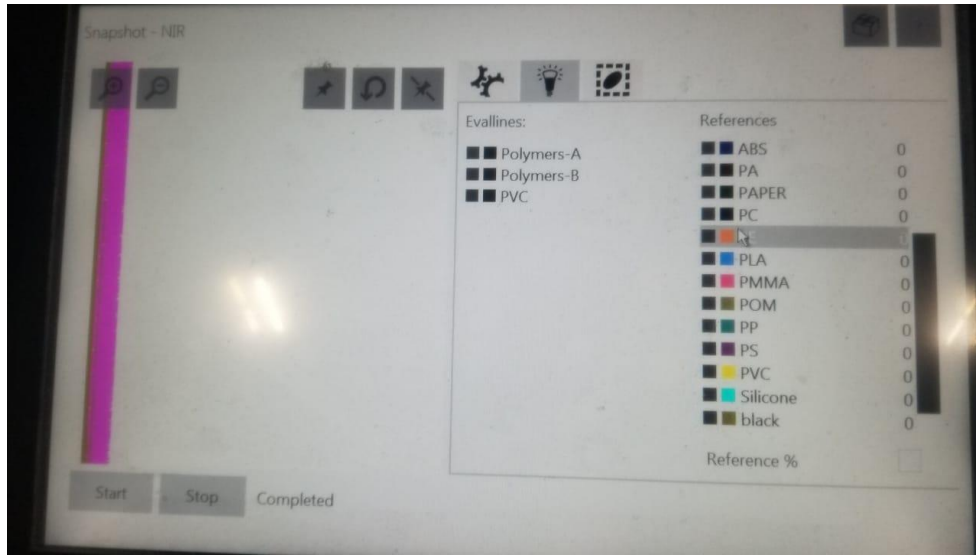


Ilustración 34-Pantalla Sesotec

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente se procedió a hacer una prueba con una botella de polipropileno.



Ilustración 35-Botella polipropileno

Fuente: Elaboración Propia

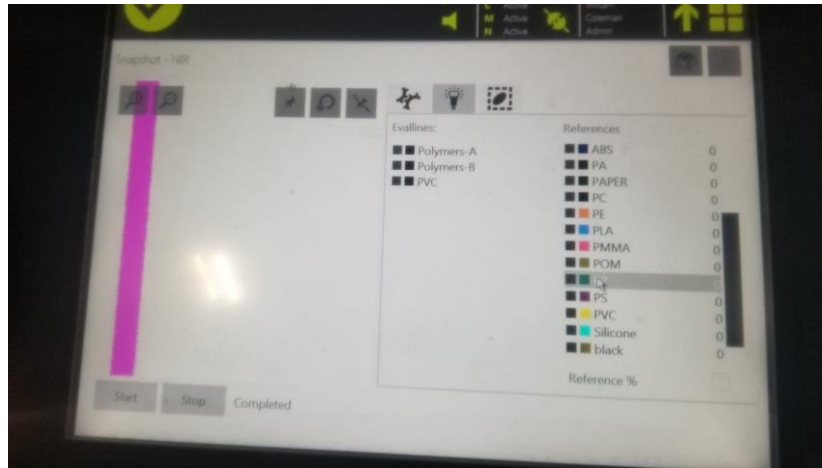


Ilustración 36-Pantalla Sesotec de botella de polipropileno

Fuente: Elaboración Propia

De igual manera, la Sesotec clasifico de manera correcta la botella. Una vez terminadas las pruebas de la maquinaria, se procedió a hacer una limpieza superficial con aire comprimido y se dio por concluido el mantenimiento.

Los días jueves y viernes de la semana 6, se le dio mantenimiento a la máquina Pellenc, de origen francés, que es una sorteadora de botellas plásticas. El principio de funcionamiento es bastante similar al de las Sesotec, sin embargo, esta trabaja con botellas plásticas y no con hojuela. La maquinaria consiste de una plataforma vibradora que se encarga de esparcir las botellas antes de que estas caigan a la banda transportadora.



Ilustración 37-Plataforma vibradora Pellenc

Fuente: Elaboración Propia

Una vez posicionadas en la banda, estas se mueven a una alta velocidad hacia una cámara oscura que cuenta con tres focos halógenos de 550 watts y dos espectrómetros.



Ilustración 38-Cámara oscura con halógenas

Fuente: Elaboración Propia

Los espectrómetros están compuestos por una serie de espejos giratorios que rotan a una velocidad de 1100 rpm con el fin de poder observar la totalidad de la banda.



Ilustración 39-Espectrómetro

Fuente: Elaboración Propia

Una vez la banda detecta el tipo de material dependiendo de la cantidad de energía que este está recibiendo, el PLC envía una señal a las válvulas de aire que se encargan de enviar el material transportado a una de tres bandas, dos de rechazo y una de producto aceptado.

Se instaló una UPS para prevenir que se corrompa el CPU de la maquinaria en caso de que existiera algún apagón. Se le brindó mantenimiento preventivo a la maquinaria durante los días jueves y viernes. Primero se hizo una limpieza de válvulas de aire comprimido, posteriormente se cambiaron las halógenas y se hizo una limpieza general de los espectrómetros. La calibración de la máquina fue lo más trabajoso puesto que requiere de múltiples pruebas para asegurar que cada uno de los materiales a los que se expone la maquinaria está siendo detectado de la manera más precisa posible. Se toma una cantidad específica de recipientes que se liberan en la banda y se revisan las bandas de rechazo con el fin de calcular que porcentaje de botellas están siendo rechazadas de manera correcta.

#### 4.1.7 SEMANA 7

A finales de la sexta semana de práctica, se empezaron a presentar una serie de problemas en la línea de laminado. La lamina empezó a presentar dos problemas graves, el primero eran agujeros en la lámina y el segundo eran unos puntos negros, ambos son causa de rechazo de parte de control de calidad. Se llevó a cabo una revisión general de las resistencias ubicadas en el filtro de material derretido para asegurarse que no existiera un delta de temperaturas demasiado grande que pudiera causar que el material no se estuviera derritiendo de manera uniforme. Para lograr esto se revisó el amperaje de las resistencias y de esta manera se determinó que una de las resistencias, específicamente la que está ubicada en la parte superior de los filtros estaba trabajando a una corriente superior ya que la misma no estaba logrando calentar a la temperatura configurada, de los 280°C a los que estaba configurada, únicamente alcanzaba los 250°C. Al hacer el cambio de la resistencia afecta se notó una mejor en la afectación de los puntos negros, sin embargo, todavía se detectan agujeros esporádicamente. Se contacto al personal de Starlinger, fabricantes de la maquinaria y se espera una respuesta.



Ilustración 40-Medición corriente línea de laminado

Fuente: Elaboración Propia

En el silo de alimentación de la línea de laminado, existe una alarma de nivel bajo que se encarga de alertar al operario que el nivel en el silo está por debajo del mínimo requerido. Este mecanismo de alerta se configuró cuando la maquinaria fue instalada, sin embargo, no se hizo lo mismo para la línea de *pelletized*. Se le solicitó al practicante configurar el PLC S7-1200 de marca Siemens para que este activara la misma bocina al momento de que el nivel de materia prima en el silo de pellets estuviera por debajo de un cierto rango. Se sugirió que se utilizara un tipo diferente de alarma para poder diferenciar entre las dos líneas, pero se le informó que no sería necesario puesto que el propósito de utilizar una sola alarma era que el operario tuviera que revisar ambos silos cada vez que se activara la alerta.

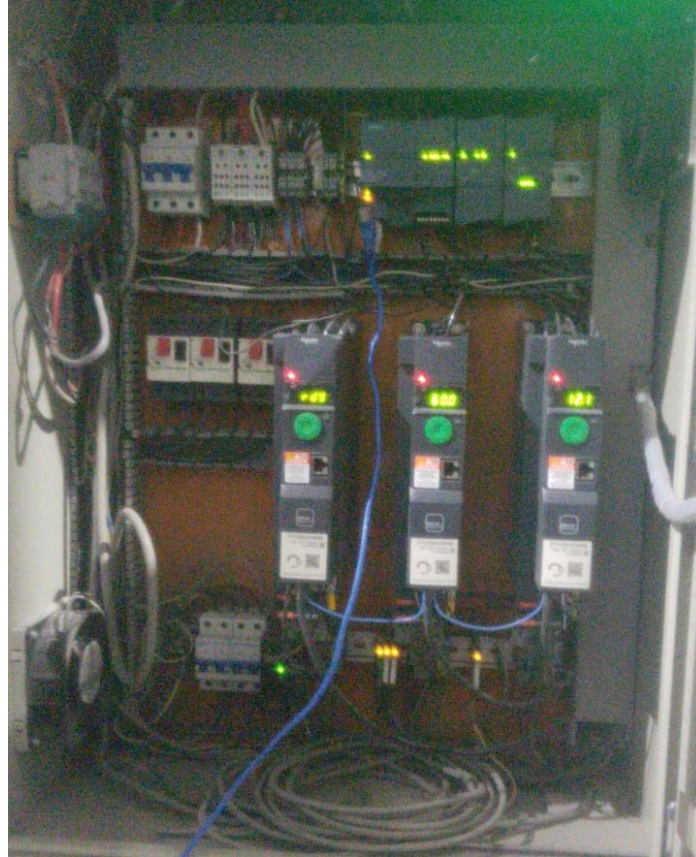


Ilustración 41-Panel Silos de Alimentación INVEPLAST

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.8 SEMANA 8

Durante la semana ocho, se empezaban a tomar las medidas necesarias para combatir la propagación del virus COVID19. A lo largo de esta semana se le asignó al practicante la labor de elaborar una serie de diferentes manuales, apegándose a las normativas de ISO-9001. Se le solicitó al practicante realizar un manual detallando el proceso de arranque, funcionamiento y paro de la línea de termoformado. Dicho manual relata las acciones a tomarse al momento de arrancar la línea de termoformado, desde la energización de la maquinaria al manipular el panel de la línea, hasta el accionamiento de las resistencias de la maquinaria. Dentro del manual se detalla la información acerca del paro de la maquinaria, el proceso a seguirse posterior al corte de la lámina y también el embobinado del esqueleto de desperdicio una vez se formaron, cortaron y apilaron los empaques. De igual manera se le asignó al practicante la labor de realizar un manual del deshecho de residuos en INVEPLAST. Este manual tomaba en cuenta todos los tipos de

desperdicios que se generan en la planta, tales como: deshecho de purga, latas, mallas de los filtros, finos de PET, hojuelas de PET, aceites utilizados en mantenimiento y residuos generales. Finalmente, para finalizar la semana, se le solicito al practicante realizar un manual acerca del proceso de empaque del producto final elaborado en la línea de termoformado. Debido a que los empaques fabricados en INVEPLAST para su línea LU'UM son de grado alimenticio, el proceso debe realizarse al pie de la letra tomando en cuenta todas las medidas establecidas por la empresa para asegurar la inocuidad del producto. El manual anteriormente descrito detalla el procedimiento desde el apilamiento de los mismos empaques hasta el embolsado, posicionamiento dentro de las cajas y finalmente sellado.



## 4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En la presente sección se detalla el cronograma de actividades, donde se presentan las actividades ejecutadas en el tiempo indicado, esto se muestra en la tabla 1.

Tabla 1-Cronograma de actividades

Número de actividad	Actividades a desarrollar	Semana									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Inducción a INVEPLAST y reestructuración de la bodega de químicos.	■	■								
2	Automatización del proceso de toma de datos y etiquetado		■	■							
3	Optimización de la línea de termoformado y producción de pedido #1		■	■	■						
4	Molino Herbold					■					
5	Mantenimiento SESOTEC						■				
6	Mantenimiento Pellenc						■				
7	Mantenimiento Laminado							■			
8	Alarma Silos de Alimentación							■			
9	Manuales ISO-9001								■		

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES**

- 1) La maquinaria de termoformado utilizada por INVEMA es bastante antigua por lo que los cambios de moldes y cuchillas puede resultar difícil puesto que es tecnología obsoleta. La gran mayoría de los trabajos deben realizarse de manera manual por lo que el error humano puede ser un factor determinante a la hora producir.
- 2) El error humano en las líneas de producción resulta ser uno de los más grandes atrasos en el cumplimiento de las metas de producción. Es necesario evaluar los procesos que tienen muy poca automatización y buscar implementar soluciones que no dependan de la eficiencia del operario.
- 3) El cargo de Ingeniero de Procesos es de vital importancia en cualquier industria que se dedique a la transformación de una materia prima en un producto final ya que este mismo se encarga de maximizar la eficiencia todos los procesos realizados. Un ingeniero de procesos es fundamental en cualquier industria que posea un nivel alto de automatización.

## **CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES**

- 1) Instalar tornillos sin fines, motores con cajas de engranajes y *encoders* en la línea de termoformado con el fin de automatizar el cambio de las distancias entre los rieles de la máquina, buscando de esta manera alcanzar las distancias de manera automática y no depender del operario utilizando un metro para medir las distancias entre los rieles, disminuyendo así el tiempo de calibración de la máquina y el error humano dentro de este proceso en particular.
- 2) Implementar maquinaria que haga uso de la visión artificial en la línea de laminado, específicamente en el primer filtro de calidad. Dicho filtro es llevado a cabo por un operario que se dedica únicamente a verificar que la lámina esté siendo visualmente aceptable. Este proceso puede ser automatizado muy fácilmente, dependiendo únicamente de una cámara que detecte la calidad visual de la lámina.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arandes, J., Bilbao, J., & López Valerio, D. (2004). Reciclado de Residuos Plásticos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 5(1), 28–45.
- Carrión Nin, J. (2014). Procesos de Fabricación de Productos Plásticos. *Industrial Data*, 3(1), 06–08.
- Catuogno, G. R. (2008). Relevamiento, diseño e implementación de automatismo en el proceso de laminación. *AADECA 2008 – Semana Del Control Automático – XXIº Congreso Argentino de Control Automático*.
- Cho, J., Heuzey, A., Begin, P., & Carreau, P. J. (2006). Viscoelastic properties of chitosan solutions: Effect of concentration and ionic strength. *Journal of Food Engineering*, 74(1), 500–515.
- Cornish Álvarez, M. L. (1997). *El ABC de los Plásticos* (1a ed.). Universidad Iberoamericana.
- Datsko, J. (1991). *Materials Properties and Manufacturing Processes*. John Wiley & Sons, Inc.
- Garraín, D., Vidal, R., Frnaco, V., & Martínez, P. (2018). Análisis del ciclo de vida del reciclado del polietileno de alta densidad. *ACV*, 104(1), 58–63.
- Góngora Pérez, J. P. (2014). La industria del plástico en México y el mundo. *Comercio Exterior*, 64(5), 6–9.
- GP. (2015). Datos Sobre la Producción de Plásticos. *Greenpeace International*.
- Groover, M. (2007). *Fundamentos de Manufactura Moderna* (3ra Ed). McGraw-Hill Interamericana.
- Harding, S. E. (1997). The intrinsic viscosity of biological macromolecules. Progress in measurement, interpretation and application to structure in dilute solution. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 68(1), 207–262.

- INVEMA. (2020). INVEMA: Sobre Nosotros y Nuestra Historia. *INVEMA Group*.  
<http://www.invemagroup.com/es/index.html#about>
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2014). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología* (5ta Ed). Pearson Educación, S. A.
- Madías, J. (2011). Novedades tecnológicas: Avances recientes en la laminación de productos largos. *Actualización Tecnológica*, 42–47.
- NFPA. (2014). NFPA 704: Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response. *Asociación Nacional de Protección Contra Incendio*, 31.
- Osswald, T., Aquitte, W., Ramírez, D., López, L., Puentes, J., Pérez, C., & García Rodríguez, S. (2012). Retos en la industria de procesamiento de plásticos y compuestos. *Dyna*, 79(175), 20–28.
- PlasticsEurope. (2019). Plastics – the Facts 2019: An analysis of European plastics production, demand and waste data. *PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG) and Conversio Market & Strategy GmbH*.
- Ramos de Valle, L. F. (2012). *Extrusión de Plásticos: Principios Básicos*. Limusa.
- Schey, J. A. (2002). *Procesos de Manufactura* (3a Ed). McGraw-Hill Interamericana.
- Sesotec. (2020). Sesotec: About us. *Sesotec GmbH*. <https://www.sesotec.com/na/en-US>
- Torres, M., Di Graci, V., Gonzáles, G., & Zurita, O. (2004). Estimación del esfuerzo de fluencia para materiales laminados en frío. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 24(2), 31–36.