

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

**APLICACIONES DEL PROCESO SELLADO EN LA INDUSTRIA DE
CONFECCIONES DE PLÁSTICO**

**Trabajo de investigación para la obtención del grado de BACHILLER EN
CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

AUTORA:

SUSAN MARISOL MENDOZA SOLORZANO

ASESOR:

Ing. Mariano Guillén Zender

Lima, Julio, 2020

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se basará en la descripción de la industria de confecciones de plástico, y en las aplicaciones tecnológicas del proceso de sellado en este material.

Se presentará la historia de esta industria, y su situación actual a nivel mundial, Latinoamérica y Perú. Además, se mostrarán los tipos de plástico que existen en el mercado, tales como el Tereftalato de Polietileno (PET), Polietileno de Alta Densidad (HDPE), Polivinilo (PVC), Polietileno de Baja Densidad (LDPE), Polipropileno (PP), Poliestireno (PS), entre otros, y cómo estos se aplican en los avances tecnológicos que esta industria ha desarrollado en el proceso de sellado, empleando principalmente el plástico como materia prima. Para ello, se presentarán los diferentes tipos de sellado que se realizan en la industria.

Luego, a través de estudios ya realizados, se propondrán los procesos tecnológicos de sellado que se deben usar, según el producto de plástico que se desee fabricar. Para esto, se elaborarán fichas de resumen de estudios que hayan aplicado estas metodologías en sus productos.

Finalmente, se terminará este estudio presentando las conclusiones de cada caso.

TEMA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

PARA OPTAR: Título de bachiller de Ingeniero Industrial

ALUMNO: Susán Marisol Mendoza Solórzano

CÓDIGO: 20145320

PROPUESTO POR: Susán Marisol Mendoza Solórzano

ASESOR: Mariano Guillén Zénder

TEMA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: APLICACIONES DEL PROCESO SELLADO EN LA INDUSTRIA DE CONFECCIONES DE PLÁSTICO

FECHA: 21 de abril de 2020

1. Descripción a nivel Macro de la industria de confecciones de plástico.

Desde hace algunos años, el consumo de productos plásticos en la vida cotidiana se ha vuelto regular e indispensable. Usualmente, se utilizan para uso personal, como también en diferentes actividades, ya sea en construcciones, transporte, arte, vestimenta, entre otros. Por ello, actualmente, la industria de confecciones de plásticos es fundamental para la economía a nivel mundial. Este material, conformado de largas cadenas de polímeros, ha ido modificándose o alterándose a lo largo del tiempo con otros materiales para volverse más útil y sostenible en el medio ambiente. Fue en la revolución industrial, que el plástico tuvo su mayor auge, debido al crecimiento considerable de la población. Asimismo, durante la segunda guerra mundial, su producción era más barata que la de otros materiales, por lo cual se fabricaba con mayor regularidad. Según la revista Comercio Exterior, de México, el plástico ha mantenido un crecimiento constante desde 1950. Hasta el año 2012, se sabía que su producción a nivel mundial alcanzó los 288 millones de toneladas y que su mayor productor era China, con un 24% del total. Por otro lado, Latinoamérica solo produce un 5%, en comparación con la producción en todo el mundo; entre los países con más producción en Centroamérica y Sudamérica se tiene a México, Colombia, Chile y Perú. Según el presidente del Comité de Plásticos de la Sociedad Nacional de Industrias (SNI), Jesús Salazar Nishi, hasta el año 2017, la producción de plásticos en el Perú fue de 857 000 TM, mientras que en Colombia y Chile fueron de 1 230 000 TM y 950 000 TM, respectivamente. Asimismo, se observa que Colombia y Chile poseen una ventaja en el PBI plásticos de 0,16 y 0,12 miles de millones US\$, en ese orden. Otro dato importante es el consumo aparente de plásticos en estos países: Chile con 51,0 kg/hab., Perú con 28,6 kg/hab., y Colombia con 27,4 kg/hab. Además, el ingeniero Jesús Salazar, estimó que en el territorio peruano la producción de plásticos podría crecer un 5% en el 2018. Por lo tanto, esta industria está desarrollándose y creciendo cada vez más, lo cual es positivo para la economía del país y para

todas las empresas que invierten en la fabricación de productos con este material de manera sostenible. Por otro lado, el desarrollo de tecnologías, en los últimos años, ha ocasionado, no solo que el incremento del volumen de producción o la innovación de nuevos productos en las empresas, sino también, que los procesos en los que se usa este material sean automatizados. Este hecho ha generado el incremento de la tasa de desempleos a nivel mundial; tanto así, que para el año 2030 se pronostica que el 30% de todos los trabajos serán suprimidos por la inteligencia artificial, según un estudio por McKinsey Global Institute.

2. Objetivos.

- **OBJETIVO GENERAL:** Describir los procesos tecnológicos de sellado en la industria de confecciones de plástico, mencionando casos relacionados a esta industria y conceptos relativos a este estudio.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS :**

MARCO CONCEPTUAL: Presentar un estudio sobre la historia de la industria de confecciones de plástico y su situación actual a nivel mundial, Latinoamérica y Perú. Así mismo, los diferentes procesos tecnológicos del sellado.

ESTADO DEL ARTE: Presentar casos de productos desarrollados con la tecnología de sellado, sustentado con estudios ya realizados.

CONCLUSIONES: Presentar las conclusiones de cada caso.

3. Puntos a tratar.

- **MARCO CONCEPTUAL:** Se presentará la historia de la industria de confecciones de plástico; asimismo, una descripción, de manera general, sobre esta industria. Se analizará su situación actual, a nivel mundial, Latinoamérica y Perú. Por otro lado, se presentarán los procesos tecnológicos con los que se lleva a cabo la operación sellado.
- **ESTADO DEL ARTE:** En este capítulo, se presentarán las tecnologías de sellado que se deben aplicar para fabricar productos plásticos usados en la vida cotidiana, sustentados con estudios realizados previamente.
- **CONCLUSIONES:** Se mencionarán las conclusiones de caso mencionado en el estado de arte.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
CAPÍTULO 1: MARCO CONCEPTUAL	1
1.1 Historia de la industria de confecciones de plástico.....	1
1.2 Plásticos degradables	11
1.2.1 Plásticos biodegradables	11
1.2.2 Bioplásticos	11
1.3 Descripción de la industria de confecciones de plástico	12
1.4 Situación general de la industria de confecciones de plástico	13
1.4.1 A nivel mundial	13
1.4.2 A nivel de Latinoamérica.....	15
1.4.3 A nivel de Perú	16
1.5 Procesos tecnológicos de sellado y aplicaciones en la industria de confecciones de plástico	18
1.5.1 Sellado por alta frecuencia	18
1.5.2 Sellado por ultrasonido.....	20
1.5.3 Sellado por inducción.....	21
1.5.4 Sellado con herramientas calientes	23
1.5.5 Sellado por impulso.....	24
1.5.6 Sellado térmico continuo	26
1.5.7 Sellado al vacío	27
1.6 Análisis comparativo de los procesos tecnológicos de sellado usados en la industria peruana.....	28
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE.....	30
2.1 Casos de productos desarrollados con diferentes tecnologías de sellado	30
2.1.1 Empaque flexible resellable (plástico biodegradable)	30
2.1.2 Tubos de pasta dental	31
2.1.3 Bolsas oxobiodegradables	32
2.1.4 Blíster con tarjeta.....	33
2.1.5 Portapapeles	35
2.1.6 Envases flexibles plásticos en la industria alimentaria.....	36
2.1.7 Fólderres escolares.....	37
2.1.8 Bolsas para almacenamiento de alimentos	37
2.1.9 Dispositivos médicos de plástico.....	38

CAPÍTULO 3: CONCLUSIONES	40
BIBLIOGRAFÍA	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Desarrollo del plástico	5
Tabla 2 Principales productos finales derivados de insumos de plástico.....	12
Tabla 3 Procesos tecnológicos de sellado más usados en la industria peruana.....	28
Tabla 4 Ficha de resumen 1	31
Tabla 5 Ficha de resumen 2	32
Tabla 6 Ficha de resumen 3	33
Tabla 7 Ficha de resumen 4	34
Tabla 8 Ficha de resumen 5	35
Tabla 9 Ficha de resumen 6	36
Tabla 10 Ficha de resumen 7	38
Tabla 11 Ficha de resumen 8	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Látex de caucho natural	2
Ilustración 2 Seda artificial	2
Ilustración 3 El nailon.....	3
Ilustración 4 Polimerización por adición.....	8
Ilustración 5 Polimerización por condensación.....	9
Ilustración 6 Homopolímeros y copolímeros	10
Ilustración 7 Cadena productiva en la Industria del Plástico.....	13
Ilustración 8 Distribución de la producción mundial de plástico.....	14
Ilustración 9 Demanda del plástico por segmentos en Europa	14
Ilustración 10 Distribución de la demanda de plásticos por tipos de resina.....	15
Ilustración 11 Participación por ramas industriales en el 2017	17
Ilustración 12 Selladora de modelo SEM 3500SE	19
Ilustración 13 Selladora de modelo SEM 3500N	19
Ilustración 14 Selladora SU 2020	21
Ilustración 15 Selladora continua de inducción para tapas SIGMA I ACE	22

Ilustración 16 Selladora continua de inducción para tapas SIGMA II ACE.....	23
Ilustración 17 Sellador por barra caliente manual	24
Ilustración 18 Muestra del sellado por impulso	25
Ilustración 19 Selladora de bolsas o termoselladora.....	25
Ilustración 20 Selladoras de banda (horizontal y vertical)	26
Ilustración 21 Selladora al vacío	27



CAPÍTULO 1: MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo, se describirá y analizará, de manera general, la industria de confecciones de plástico y su situación actual a nivel mundial, Sudamérica y Perú; asimismo, se presentarán los procesos tecnológicos de la operación sellado y sus avances tecnológicos en esta industria en los últimos años.

1.1 Historia de la industria de confecciones de plástico

El palabra “plástico” proviene del griego *plastikos*, el cual significa dar forma o moldear. A los plásticos también se les conoce como polímeros, debido a que se componen de cadenas de subunidades unidas llamadas monómeros. Cuando se unen monómeros idénticos, se les llama homopolímero, caso contrario, se llamaría copolímeros. Ambos pueden ser cadenas lineales o cadenas ramificadas. Asimismo, estos siempre incluyen carbono e hidrógeno. Es importante saber que todos los plásticos son polímeros, sin embargo, no todos los polímeros son plásticos. Otras propiedades que poseen los plásticos son las siguientes:

- Son usualmente sólidos: sólidos amorfos, cristalinos o semicristalinos (cristalitos).
- Son malos conductores de calor y electricidad. Muchos de ellos son aislantes con alta resistencia dieléctrica.
- La mayoría de los plásticos, cuando se encuentran estresados, muestran alargamiento y ya no recuperan su forma inicial después del estrés.
- Los plásticos suelen tener una lenta degradación en el tiempo.
- Alta resistencia a la corrosión.

Por consiguiente, a este material se le clasifica en tres (03) categorías generales:

a. Plásticos naturales

Estos son los polímeros naturales, producidos por la naturaleza misma y que pueden ser moldeados por el calor. Entre ellos figuran las proteínas, los ácidos nucleicos, la celulosa (polisacáridos) y el hule (poliisopreno). En la Ilustración 1 se muestra la forma como se recolecta el látex del caucho natural, el cual se extrae de una planta tropical llamada *hevea brasiliensis*, originaria del Amazonas.



Ilustración 1 Látex de caucho natural

Fuente: bubbl.us

b. Plásticos semisintéticos

Estos se derivan de monómeros naturales y, además, han sido alterados a través de la mezcla con otros materiales. Sin embargo, se evita destruir significativamente su naturaleza macromolecular. Un ejemplo de este tipo es la seda artificial obtenida por medio de la celulosa, como se muestra en la Ilustración 2.



Ilustración 2 Seda artificial

Fuente: <http://catafpolimeros.blogspot.com/2014/10/>

c. Plásticos sintéticos

Estos se obtienen de forma netamente sintética o industrial, es decir, cuando se altera el monómero correspondiente o las sustancias de bajo peso molecular. Los ejemplos más conocidos son el nailon, o poli (hexametilenadínámid); el dacrón, o poli (etilen tereftalato), y la lucita o plexiglás, poli (metacrilato de metilo). En la Ilustración 3 se muestra el nailon, polímero sintético perteneciente al grupo de las poliamidas.



Ilustración 3 El nailon

Fuente: <http://catafpolimeros.blogspot.com/2014/10/>

Años antes del siglo XIX, se tenía conocimiento de la existencia y la utilización de los plásticos naturales, como el ámbar, el caparazón de tortuga y el cacho, sin embargo, su uso no se había generalizado. Fue recién en la revolución industrial que la demanda de los productos elaborados con plástico aumentó considerablemente, debido al incremento de la población, como su calidad de vida. Estas nuevas demandas hicieron que las propiedades ofrecidas por los metales, maderas o piedras no fueran suficientes, por lo que el hombre, gracias a su búsqueda e investigación constante empezó a manipular los plásticos naturales y así lograr la obtención de nuevos materiales.

Luego, a finales del año de 1850, se elaboró el primer material semi sintético: el nitrato de celulosa. Este nuevo material fue inventado por Alexander Parkes, quien realizó la mezcla de la modificación de fibras de celulosa con ácido nítrico. Sin embargo, debido a sus escasos recursos para invertir en una investigación más profunda de este invento, pudo recién exhibirlo luego de 12 años como el primer plástico, llamado *Parkesina*, en memoria a su creador; luego, se le llamó Xilonite. Este material tenía la característica de ser moldeado con altas temperaturas y quedarse en su forma original después de enfriarse (BELLIS, 1997). En 1870, se patenta la celuloide, el cual se forma con un derivado de la celulosa llamada coloidon. Este nuevo material se usó en placas dentales para dientes postizos y en películas fotográficas.

A comienzos de 1900 se desarrolla el formaldehído de caseína, el cual se endurecía para fabricar botones, hebillas y agujas para tejer. En 1907, Leo Hendrik Baekeland mejoró las técnicas de reacción del fenol formaldehído e inventó una resina verdaderamente sintética, conocida comercialmente como bakelita. Este compuesto estaba formado por ácido carboxílico y formaldehído y reforzado con otros aditivos como fibras o aserrín. Luego, en 1914 se realizó la primera patente del PVC. Después de casi 10 años, en 1922, el químico alemán Hermann Staudinger tras estudiar un caucho sintetizado descubrió que los plásticos estaban formados por polímeros, lo que permitió la fabricación de muchos nuevos tipos de plástico.

Durante esta década creció rápidamente la industria de plástico, debido a que se descubrió la producción de plástico a partir del petróleo. Esto permitió la creación del poliestireno, el cloruro de vinilo y los polímeros acrílicos. Así mismo, se logró automatizar el proceso de inyección de plásticos, lo cual había sido muy difícil hasta ese momento. Estos avances permitieron reducir los precios de los productos plásticos, volviéndose más asequibles y al alcance de todos los consumidores. Además, se aceleró el desarrollo y producción del policloruro de vinilo (PVC); y se empezaron a producir de manera comercial las poliamidas y el poliestireno. Durante esta época hubo mucha demanda en artículos plástico para el servicio doméstico.

La Segunda Guerra Mundial influyó mucho en el avance de esta industria, ya que diferentes diseños tecnológicos se desarrollaron durante la guerra, como también incrementó la producción del polietileno, poliéster, poliestireno, polietileno tereftalato y las siliconas. En los años 40, el nailon, primer material completamente artificial, tuvo diversas aplicaciones en la industria, desde la fabricación de tela para paracaídas hasta materias primas para tapizados, ya que consta de un tejido de filamentos de fibras elásticas y resistentes. En la década de 1950, se usó el plástico en la industria del vestuario con algunos materiales como el poliéster, la lycra y el nailon, ya que estos eran fáciles de lavar, no necesitaban plancharse y eran más económicos que la lana.

Por otro lado, en esta década el PVC tomó importancia y se desarrollaron diversas aplicaciones, entre ellas, el primer recipiente para embotellar agua mineral y la fabricación de discos, lo cual favoreció al auge de la industria discográfica en ese periodo. En 1956 comenzó el uso de los plásticos en la industria automotriz, cuando la firma Citroën utilizó para el techo de su carrocería DS un poliéster insaturado reforzado con fibra de vidrio.

A finales de la década del 60, comenzó la llamada “guerra espacial”, en donde el plástico fue usado para la producción de algunas piezas de naves espaciales y sus equipos, gracias a algunas características propias como el bajo peso y versatilidad. Así mismo, en la década de los 70, debido a sus buenas condiciones de higiene, se comenzó a utilizar en gran escala en el área de medicina.

Luego, en la década de los 80, se construye el primer aeroplano liviano de prueba, el cual fue fabricado completamente de plástico. Con la aparición de los súper mercados aumentó la demanda del plástico en

productos procesados y empaçados. También, se incrementó la producción de muebles fabricados con plásticos laminados multicolores. De esta forma, el plástico tuvo gran utilidad en la vida cotidiana, llegando muchas veces a sobrepasar el desempeño de materiales naturales. En la tabla 1 se muestra el desarrollo del plástico en el tiempo.

Tabla 1 Desarrollo del plástico

	Año	Material	Nombre comercial	Inventor/Descubridor	Observaciones
Precursores	1839	Caucho natural	Caucho	Charles Goodyear	Inventa método para procesarlo
	1843	Vulcanita		Thomas Hancock, Gutta Percha y William Montgomery	
	1856	Shellac		Alfred Critchlow, Samuel Peck, Bois Durci y Francois Charles Lepage	
Comienzo de la era de los plásticos ERA DE LOS SEMI SINTÉTICOS	1839	Poliestireno		Eduard Simon	
	1862	Parkesina		Alexander Parkes	
	1863	Nitrato de celulosa	Celuloide	Hermanos Hyatt	
	1872	Cloruro de polivinil	PVC	Eugen Baumann	
Era de los termoestables y termoplásticos	1908		Celofán	Jacques E. Brandenberger	
	1909	Fenol formaldehído	Bakelita	Leo Hendrik Baekeland	
	1926	PVC plastificado	Vinilo	Walter Semon	
	1933	Cloruro de polivinilideno	SARAN o PVDC	Ralph Wiley	
	1935	Polietileno de baja densidad	LDPE	Reginald Gibson y Eric Fawcett	
	1936	Polimetil metacrilato	Acrílico		
	1937	Poliuretano	Igamid (materiales plásticos) y Perlon (fibras)	Otto Bayer y sus empleados	
	1939	Nylon y neopreno		Wallace Hume Carothers	Considerados el reemplazo de la seda y el caucho sintético respectivamente.
	1941	Polietileno tereftalato	PET	Whinfield and Dickson	
	1942	Polietileno de alta densidad	HDPE		
	1942	Poliéster insaturado	PET	John Rex Whinfield and James Tennant Dickson	
	1951	Polietileno de alta densidad	HDPE o Marlex	Paul Hogan y Robert Banks	
	1951	Polipropileno	PP	Paul Hogan y Robert Banks	
	1953		Saran Wrap	Dow Chemical	
1953		Saran Wrap	Dow Chemical		

	1954		Styrofoam	Ray McIntire para Dow Chemical	Espuma aislante de poliestireno
	1964	Poliamida			
	1970	Poliéster termoplástico	Dacrón, Mylar, Melinex, Teijin y Tetoron.		
	1978	Polietileno de baja densidad laminar			
	1985	Polímeros de cristal líquido			

Fuente: (BELLIS, 1997)

1. Clasificación

Dentro del amplio conocimiento de los polímeros, se pueden clasificar, según dos criterios generales: por su comportamiento frente a la temperatura y por el proceso de su polimerización.

1.1 Por su comportamiento frente a la temperatura.

Termoplásticos

Este tipo de polímero se caracteriza por ser sensible al calor, ya que al ser calentado se funde, se ablanda, se moldea, y, luego, al enfriarse nuevamente se endurece. Sin embargo, son considerados reciclables, ya que este proceso puede repetirse varias veces, con la desventaja que cada vez que se efectúa una reacción en este, se van debilitando sus propiedades. Por lo tanto, habrá un momento en que ya no podrá ser reutilizable. Por otro lado, son muy usados en la industria, representando al 90% de los plásticos, debido a su reprocesamiento y versatilidad. Entre los termoplásticos se tienen a los siguientes:

- Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno (ABC): Tiene propiedades resaltantes referidas a rigidez, estabilidad dimensional, tenacidad, resistencia a los productos químicos y buena calidad de las superficies.
- Poliamida (PA): Puede ser fabricada en varias densidades. Es tenaz, resistente al desgaste y a algunos disolventes.
- Policarbonato (PC): Son rígidos y duros con una gran resistencia al impacto. Son dimensionalmente estables, resistentes a la interperie y al calor.
- Polipropileno (PP): Es buen aislante, y muy resistente a la tracción y a la absorción. Tiene un mejor comportamiento en altas temperaturas, que en las bajas.
- Polietileno (PE): Es el polímero que se produce más. Es resistente a los productos químicos y a las altas temperaturas. Tiene una alta resistencia a la tracción y al impacto.
- Poliestireno expandido (EPS): Es ligero, resistente a la humedad, y tiene la capacidad de absorber impactos.

- Polimetil metacrilato (PMMA): Se diferencia de otros plásticos transparentes, debido a su resistencia a la intemperie y al rayado, y a su transparencia.
- Cloruro de polivinilo (PVC): Es resistente a la humedad y a la intemperie, pero no a las temperaturas elevadas, por lo que se le debe añadir diversos estabilizantes.

Termoestables

Este tipo de polímero, mantiene su forma, incluso bajo condiciones de temperatura; por lo tanto, después de haberse moldeado, no puede ser reprocesado o ablandado nuevamente por calentamiento. Esta es una desventaja de este material, ya que una vez alcanzado su grado sólido, se usa y, luego, se desecha, imposibilitando alcanzar, nuevamente, un estado líquido y fundirse; más bien pasan a un estado gaseoso que líquido. Todo esto se debe a que su grado de reticulación es más elevado que el de los termoplásticos, lo cual se representa en un material más rígido y resistente, tanto física como mecánicamente, ya que puede soportar cargas o temperaturas muy elevadas.

- Epoxi (EP): Es resistente a la corrosión, a la humedad y a las temperaturas elevadas. Posee buena resistencia mecánica y química.
- Poliuretano (PUR): Posee elevada resistencia a la abrasión y al desgarre. Tiene buena elasticidad a bajas temperaturas.
- Politetrafluoroetileno (PTFE): Posee elevada resistencia térmica, química y a los solventes. Tiene buenas características dieléctricas, bajo coeficiente de fricción y es sanitario.
- Resinas de poliéster no saturado (UP): Posee una excelente resistencia mecánica y al impacto, como también resistencia química.

Elastómeros

Este material posee como principal característica la elasticidad, ya que una vez que es deformado tiene la capacidad de recuperar nuevamente su estado inicial. Esto se debe a su bajo grado de reticulación, por lo cual no se puede derretir tan fácilmente, antes debe pasar por un estado gaseoso. Asimismo, son resistentes a altas temperaturas como 315°C. Por otro lado, este material puede adquirir las características de un termoestable o un termoplástico: un elastómero termoestable es aquel que al calentarlo no se deforma ni se funde, mientras que un elastómero termoplástico, al calentarlo sí se deforma y se funde. Este material se usa normalmente para la fabricación de acústicos, adhesivos, aislantes térmicos e impermeabilizantes.

- Olefínicos (TPO): Posee buena resistencia química y mecánica. Es resistente al calor, a la intemperie y a bajas temperaturas. Es liviano y reciclable, y presenta excelentes características eléctricas.
- Estirénicos (SBC): Es transparente, fácil de ser procesable, con excelente estabilidad térmica, y de bajo costo.

- Copoliésteres (COPE): Posee excelentes propiedades mecánicas, de fusión y soldadura. Es resistente a la abrasión, al aceite y a la grasa, y es de alto costo.
- Copoliamidas (COPA): Posee alta dureza y tenacidad, como también una elevada resistencia a la deformación térmica.

1.2 Por el proceso de su polimerización.

Polimerización por adición

En este caso, la polimerización ocurre con el crecimiento de una cadena polimérica, debido a la unión consecutiva de monómeros. En esta cadena, se agrega un iniciador como el peróxido de benzilo. Esta cadena en crecimiento puede concluir con dos mecanismos: por desproporción, en el cual se forman dos cadenas, en vez de una larga; o por combinación, la cual genera una cadena larga, desde dos más cortas. La polimerización por adición implican reorganizar los electrones de los dobles enlaces dentro de un monómero para formar enlaces simples con otras moléculas. En la Ilustración 4 se observa cómo enlaces simples y dobles al combinarse generan enlaces simples de carbono.

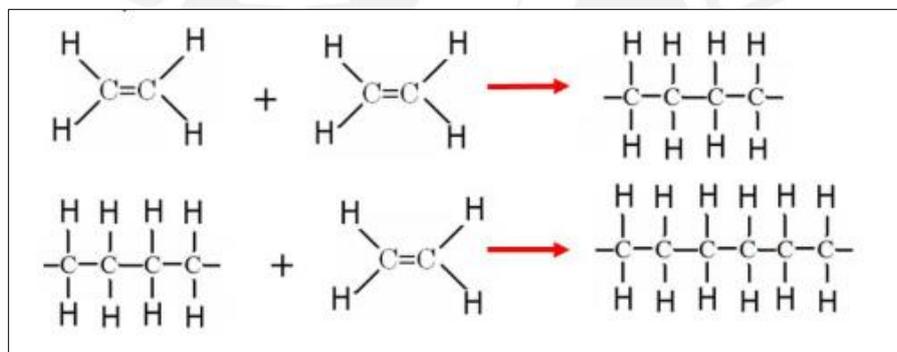


Ilustración 4 Polimerización por adición

Fuente: <https://slideplayer.com/slide/8221883/>

Polimerización por condensación o crecimiento por pasos

En este caso, para que ocurran enlaces entre los monómeros, debe existir la liberación de moléculas pequeñas, como agua, metanol, amoníaco, etc. Así mismo, se requiere dos o más monómeros diferentes que participen en la reacción. La cadena sigue creciendo mientras los monómeros intervengan en la reacción de condensación que ocurre a los extremos del polímero; por lo tanto, este crecimiento termina cuando los monómeros ya no llegan al extremo de la cadena, debido a que no siguen reaccionando.

En la Ilustración 5 se muestra un ejemplo de una reacción por condensación explicada por la revista de ciencias *How Stuff Work* (2007).

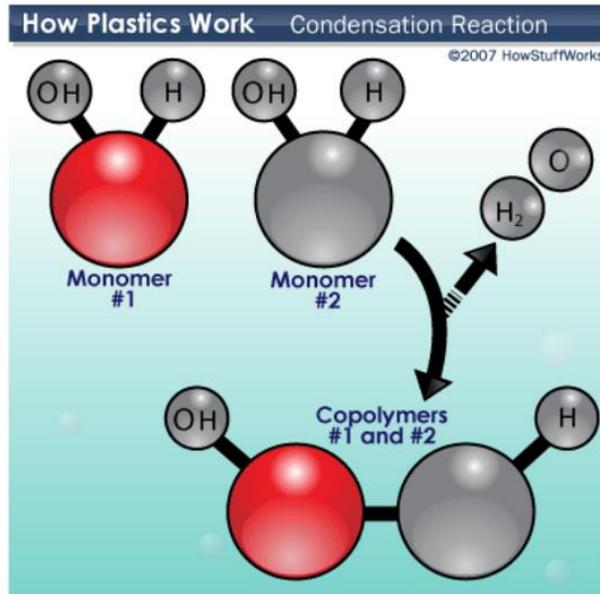


Ilustración 5 Polimerización por condensación

Fuente: <https://science.howstuffworks.com/plastic3.htm>

En este proceso se explica que los monómeros 1 y 2 poseen átomos de hidrógeno (H) e hidroxilo (OH) unidos. Estos al juntarse con un catalizador apropiado (un átomo o una molécula que acelera la reacción química sin ser usado en él), un monómero pierde un hidrógeno mientras que el otro pierde un grupo hidroxilo. Los átomos de hidrógeno e hidroxilo que se separaron anteriormente de sus monómeros se combinan para formar agua (H₂O), y los electrones restantes forman un enlace químico covalente entre los monómeros. El compuesto que se forma al final es la subunidad básica de los copolímeros 1 y 2. Esta reacción ocurre una y otra vez hasta que se obtiene una larga cadena de copolímeros 1 y 2. (*How Stuff Works*: 2007)

¿Cómo se fabrica el plástico?

Los plásticos derivan del petróleo, el gas natural y el carbón; sin embargo, algunos de ellos se pueden obtener por medio del ácido poliláctico o del acetato de celulosa, lo cuales son generados por el maíz, almidón, yuca o el algodón (fuentes renovables). Esta es una alternativa biodegradable que ayuda a combatir o solucionar problemas referidos al medio ambiente. Así mismo, los plásticos están formados por largas moléculas conocidas como polímeros, las cuales están constituidas por unidades más pequeñas llamadas monómeros. A los polímeros formados por monómeros iguales se les llama homopolímeros, y a los que tienen monómeros diferentes se les conoce como copolímeros. En la Ilustración 6 se muestra la forma como trabajan los monómeros para generar homopolímeros o copolímeros. Este proceso se realiza gracias a que los átomos de carbono pueden producir enlaces simples, dobles y triples entre sí, formando cadenas lineales, ramificadas o anillos. Asimismo, puede

combinarse con átomos de hidrógeno, oxígeno, azufre, nitrógeno, silicio, fósforo y cloro, formando polímeros como el nylon, poliéster, entre otros.

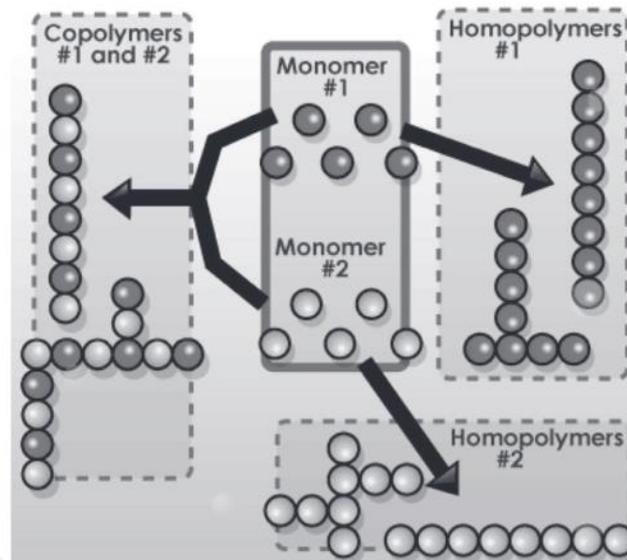


Ilustración 6 Homopolímeros y copolímeros

Fuente: <http://science.howstuffworks.com/oil-refining.htm>

Por otro lado, reacciones químicas pueden combinar diferentes tipos de monómeros para crear una infinita variedad de tipos de plástico con distintas propiedades. Como se ha mencionado anteriormente, el proceso de polimerización permite que al enfriarse los polímeros fundidos estos se agrupen de manera organizada o totalmente amorfa. Los polímeros de estructura organizada son traslúcidos, pero con alta resistencia química, estabilidad y dureza; mientras que los polímeros amorfos usualmente son transparentes, y se usan para materiales de empaque.

La manera industrial para producir un plástico se muestra en los siguientes pasos:

Paso 1: Se preparan las materias primas o algunos aditivos, y los monómeros.

Para este proceso las materias primas se obtienen generalmente del petróleo crudo como el etileno y el propileno mediante el proceso de craqueo térmico o *cracking proces*. Este procedimiento genera calor y presión a una temperatura de 850 a 810° C, lo cual permite el fraccionamiento a componentes más livianos y produce un mejor compuesto como resultado.

Paso 2: Se realizan las reacciones o procesos de polimerización.

En esta segunda etapa se realiza la polimerización, que puede efectuarse a través de dos tipos de reacciones químicas: polimerización por adición y por condensación.

En la polimerización por adición los electrones de dobles enlaces dentro de un monómero se juntan y forman enlaces simples con otras moléculas; mientras que en la polimerización por condensación dos moléculas se combinan por la pérdida de otra más pequeña, usualmente agua, un ácido o un alcohol.

Paso 3: Con los aditivos, se procesan los polímeros hasta obtener la resina final.

El proceso de polimerización se realiza en plantas industriales, donde se agregan aditivos a la resina de los polímeros hasta lograr las características y propiedades deseadas, como el la resistencia, transparencia, dureza, color, etc.

Paso 4: Se producen los polímeros deseados.

Al final del proceso, las resinas creadas pasan por diferentes tratamientos con la finalidad de crear materiales o productos finales. Algunos de estos son el moldeo, la inyección, la extrusión, el sellado, el moldeo por inyección, por soplado o por rotación, entre otros.

1.2 Plásticos degradables

Los plásticos normalmentes demoran en degradarse 500 años aproximadamente, lo cual es muy contaminante para el medio ambiente. Por lo tanto, desde los años 70 se generó el debate de la introducción de materiales degradables en la industria.

Los plásticos degradables son los polímeros que una vez usados se descomponen o se desintegran bajo condiciones normales o naturales en un periodo corto de tiempo. Esto sucede debido a que estos polímeros contienen componentes que permiten la reacción de descomposición biológica o fotoquímica, lo cual destruye la estructura del polímero, desintegrándose en partículas cada vez más pequeñas hasta convertirse en anhídrico carbónico y agua.

1.2.1 Plásticos biodegradables

Un plástico se considera biodegradable cuando puede descomponerse en agua, metano, dióxido de carbono y biomasa. Esta propiedad tiene que ver con la estructura del material. Existen, además, plásticos derivados del petróleo que son biodegradables.

La compostaje de estos materiales, usualmente, solo se puede lograr en circunstancias muy específicas, como las que se realizan en las plantas industriales de compostaje. Sin embargo, muchos de ellos no se descomponen en el agua.

1.2.2 Bioplásticos

Un plástico tiene origen biológico cuando está elaborado con materia prima sostenible, es decir, vegetal. Los bioplásticos se pueden fabricar a partir de azúcar, almidón, celulosa, aceites vegetales, proteínas y

lignina. Estas sustancias se pueden obtener de productos naturales como la madera, maíz, papas o caña de azúcar.

Por otro lado, no se considera un material muy amigable con el medio ambiente como parece, ya que si se analiza todo su ciclo de vida de estos plásticos (siembra, riego, cosecha, producción y transporte) no es tan sostenible.

1.3 Descripción de la industria de confecciones de plástico

Según la Sociedad Nacional de Industrias (SNI), la fabricación de productos plásticos forma parte del sector manufacturero de bienes intermedios. Esta industria y el gobierno central, específicamente el Ministerio del Medio Ambiente, promueven los programas de certificación ecológica, con la finalidad de ser responsables y amigables con el medio ambiente. Así mismo, el gobierno debe decretar normas sobre la disposición final de este material y promover el reciclaje del mismo.

Por otro lado, la industria de confecciones de plástico es fundamental para aumentar la calidad de vida de las personas, como también para la economía a nivel mundial. Hoy en día, los plásticos han reemplazado muchos materiales naturales, ya que proponen nuevas sugerencias de fabricación de productos masivos.

En la Tabla 2 se presentan los principales productos derivados del plástico según la forma primaria de la que proviene.

Tabla 2 Principales productos finales derivados de insumos de plástico

Forma primaria	Producto final
Polietileno	Películas para uso agrícola, aislamiento para cables y alambre, bolsas industriales, partes de maquinaria, muebles, bolsas, empaques para alimentos, variedad de botellas, tapas, juguetes para bebés, etc.
Poliestireno	Menaje doméstico, interiores de frigoríficos, películas, partes del automóvil, cubiertas de construcción, contenedores, reflectores de luz, equipajes, instrumental médico, etc.
P.V.C.	Perfiles para marcos, ventanas y puertas, caños, mangueras, tuberías para redes de saneamiento, canalizaciones de cables, papel vinílico, bolsas para sangre, etc.
Polipropileno	Geomembranas y mantas sintéticas, baldes para pintura, fibras para tapicería, cubrecamas, pañales descartables, cajas de baterías, cordelería, jaboneras, cepillos, portarrollos, esponjas, toalleros, cortinas de baño, etc.

Fuente: (Sociedad Nacional de Industrias: 2016)

1.4 Situación general de la industria de confecciones de plástico

En esta parte se presenta la situación actual de esta industria a nivel global, de Sudamérica y del Perú. Asimismo, se muestra la evolución de las características del plástico, como la demanda de los productos finales en las diferentes partes del mundo, su consumo per cápita y su impacto económico en el Perú.

1.4.1 A nivel mundial

La industria de confecciones de plástico actualmente fabrica una amplia gama de productos a nivel mundial, los cuales tienen como característica principal ser sintéticos o semisintéticos. Así mismo, existen diferentes procesos donde participa este material y permite la creación de muchos productos, por ejemplo, el prensado, moldeado, sellado, entre otros. En la Ilustración 7 se muestra la cadena productiva macro de la fabricación de plástico en las industrias de todo el mundo.



Ilustración 7 Cadena productiva en la Industria del Plástico

Fuente: (Sociedad Nacional de Ingeniería: 2016)

El plástico, desde los años 50, se ha determinado en el mundo como un material esencial en la vida diaria y en la producción manufacturera, gracias a su gran abundancia y a sus propiedades que permiten reemplazar a algunos materiales naturales. Un estudio realizado por *Plastics Europe* en el 2019 indicó que durante el 2018 la producción mundial de plástico alcanzó 359 millones de toneladas aproximadamente; mientras que en Europa llegó a casi los 62 millones de toneladas aproximadamente. (*PlasticsEurope*: 2019). En la Ilustración 8 se muestra la producción de plástico en las industrias por continente a nivel mundial. Se puede observar que el continente asiático es el mayor productor de plástico en todo el mundo, liderando China con un 30% y luego Japón con el 4%.

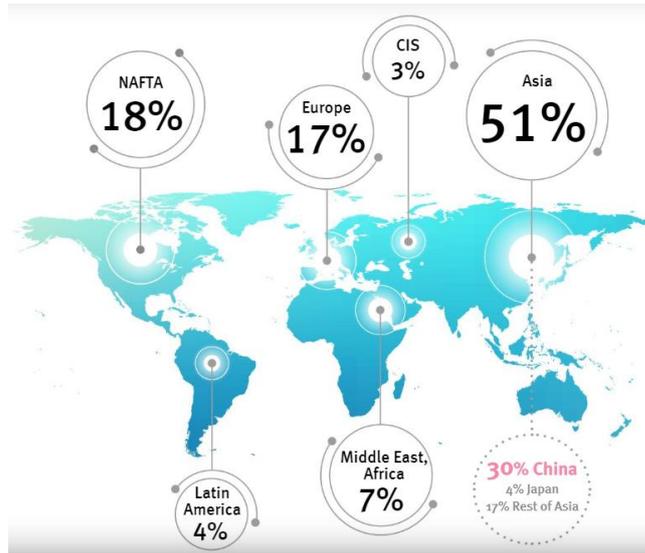


Ilustración 8 Distribución de la producción mundial de plástico

Fuente: (PlasticsEurope: 2019)

Por otro lado, en la Ilustración 9 se muestra la demanda del plástico transformado en Europa, en diferentes usos diarios durante el 2018. En este año la transformación de plástico en productos de uso diario alcanzó a los 51.2 millones de toneladas aproximadamente, siendo el uso de empaques el más demandado con casi el 40% del total. Luego, le siguió el área de construcción con casi el 20%.



Ilustración 9 Demanda del plástico por segmentos en Europa

Fuente: (PlasticsEurope: 2019)

Por otro lado, en la Ilustración 10 se observa la demanda de los productos plásticos más usados según el tipo de resinas a nivel mundial. El polipropileno (PP) con el 19.3% es usado para envasado de alimentos, envolturas de dulces y *snacks*, *tapers* para microondas, tuberías, partes de automóviles, billetes de banco, etc. El polietileno de baja densidad (PE-LD) con un 17.5% se usa para bolsas reutilizables, bandejas, recipientes, *film* para envasado de alimentos, entre otros. El polietileno de alta densidad (PE-HD) con 12.2% lo usan para fabricar juguetes, botellas de leche y de champú, tuberías, artículos para el hogar, etc. El policloruro de vinilo (PVC) con el 10% se usa para marcos de ventanas, revestimiento de pisos y paredes, tuberías, aisladores de cables, mangueras de jardín, piscinas inflables, etc. El poliuretano reticulado (PUR) con 7.9% es usado para aisladores de edificios, almohadas y colchones, espumas aislantes para frigoríficos, etc. El tereftalato de polietileno (PET) con 7.7% se usa para fabricar botellas para agua, jugos, refrescos y para limpiadores. El poliestireno (PS) y el poliestireno expandido (EPS) con 6.4% es usado para producir embalaje de alimentos, aisladores de equipos, equipos eléctricos y electrónicos, revestimiento interior para frigoríficos, monturas de lentes, etc. Y, finalmente, un 19% restante se utiliza para fibras ópticas, pantallas táctiles, revestimiento de cables en telecomunicaciones, implantes médicos, dispositivos quirúrgicos, etc.

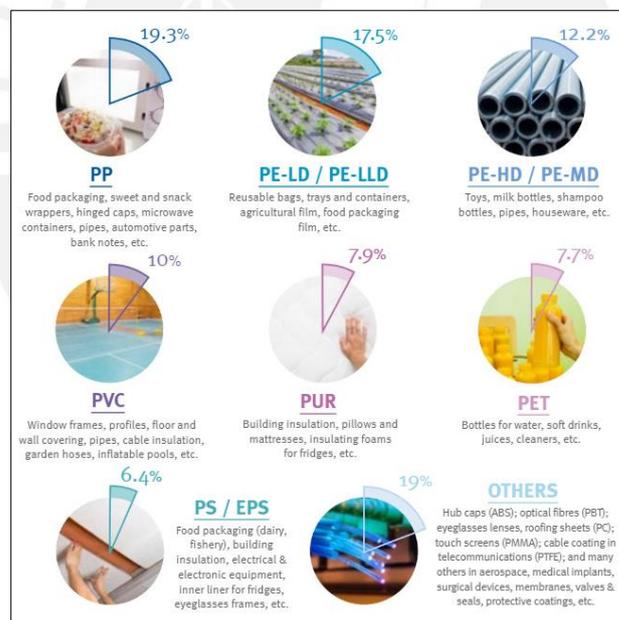


Ilustración 10 Distribución de la demanda de plásticos por tipos de resina

Fuente: (PlasticsEurope: 2019)

1.4.2 A nivel de Latinoamérica

La industria de confección de plástico a nivel de Latinoamérica ha tenido un alto y rápido crecimiento en los últimos años. Sin embargo, su producción a nivel mundial solo fue del 4% hasta el 2018, según *Plastics Europe* (2019). Entre los países con más producción se tiene a México, Colombia, Chile y Perú. Según el presidente del Comité de Plásticos de la Sociedad Nacional de Industrias (SNI), Jesús Salazar

Nishi, hasta el año 2017, la producción de plásticos en el Perú fue de 857 000 TM, mientras que en Colombia y Chile fueron de 1 230 000 TM y 950 000 TM, respectivamente. Asimismo, se observa que Colombia y Chile poseen una ventaja en el PBI plásticos de 0,16 y 0,12 miles de millones US\$, en ese orden. Otro dato importante es el consumo aparente de plásticos en estos países: Chile con 51,0 kg/hab., Perú con 28,6 kg/hab., y Colombia con 27,4 kg/hab.

A continuación se detalla lo que ha ocurrido en la industria del plástico en el año 2017 en los países con mayor producción, según la revista Tecnología del Plástico (2018):

- México: En septiembre de 2017, según el portal export.gov la industria plástica mexicana creció 5,7%, más del doble del crecimiento de su economía en 2016, cifra que demuestra el potencial de la industria en este país.

- Brasil: Según estudio de Maxiquim para ABIEF (Asociación Brasileira de la Industria de Empaques Plásticos Flexibles), la industria brasileira de empaques plásticos flexibles tuvo un crecimiento positivo en el primer trimestre de 2017, alcanzando una demanda en el consumo de 1,6%, comparado con el mismo semestre de 2016. De la misma manera, las exportaciones también tuvieron un comportamiento positivo.

- Perú: En abril de 2017, el analista Juan Sánchez presentó un informe de la industria plástica en el Perú, en el que se indica que el índice de volumen físico de productos plásticos (IVF) se recuperará en 2,6% anual para el 2017.

- Argentina: Para el sector de envases y empaques de este país se espera un crecimiento de 2,5%, según Jorge Acevedo, gerente general del Instituto Argentino del Envase.

- Colombia: La entidad que representa el sector de la industria plástica en Colombia, llamada Acoplásticos, mencionó en entrevista con Fierros Industrial que el año 2017 inició con cifras de crecimiento poco alentadoras, debido a la reducción en el consumo de los hogares, sin embargo, se esperó que esto cambiara para el segundo semestre de 2017. El consumo per cápita de plástico en Colombia es de 25 kilos al año, una cifra muy por debajo de países de la región y economías desarrolladas; a pesar de ello, hay oportunidades de crecimiento de esta industria en este país.

Por lo tanto, esta industria está desarrollándose y creciendo cada vez más a nivel de Latinoamérica, lo cual es positivo para sus economías y para todas las empresas que invierten en la fabricación de productos con este material de manera sostenible.

1.4.3 A nivel de Perú

Las actividades económicas donde más influye la industria plástica son la construcción (13.8%), el comercio (10.6%), la fabricación de productos plásticos (8.5%) y la elaboración de bebidas no alcohólicas, según Jesús Salazar, el presidente del Comité de Plásticos de la Sociedad Nacional de

Industrias (SNI). Sin embargo, es importante resaltar que dentro de la rama industrial en el 2017, la participación de productos químicos, caucho y plástico fue del 13%. En la Ilustración 11 se muestra un gráfico circular con el detalles de la participación de cada rama industrial en el 2017.

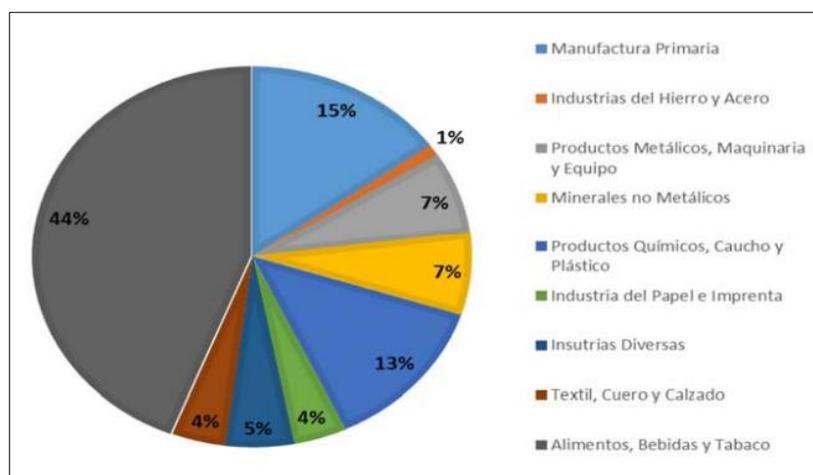


Ilustración 11 Participación por ramas industriales en el 2017

Fuente: (Sociedad Nacional de Industrias: 2017)

El ingeniero Jesús Salazar estimó que en el territorio peruano la producción de plásticos podría crecer un 5% en el 2018. A nivel de Perú, esta industria está desarrollándose y creciendo cada vez más, lo cual es positivo para la economía de este país y para todas las empresas de producción de plástico que invierten en la fabricación de este material de forma sostenible. Otro dato importante es que las empresas que usan estos polímeros, como aplicación final en envases y embalajes representan el 62% en el territorio nacional, según la SNI. Además, en el 2016, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, las pequeñas empresas crecieron en un 3,1% respecto al año anterior, por lo que, hasta ese momento, constituían al 4.4% a nivel nacional. De este porcentaje, el 57,6% se ubica en la provincia de Lima.

Por otro lado, la industria de confecciones de plástico en el Perú, gracias a diferentes procesos tecnológicos desarrollados, se encarga de transformar en productos finales los insumos plásticos que provienen de la industria petroquímica extranjera; es importante considerar la relevancia de estos insumos para la industria productiva de plásticos, ya que representan la base de la propuesta de valor (Sociedad Nacional de Industrias, 2016). Así mismo, las importaciones en el territorio peruano se ven desarrolladas por la participación de los principales mercados proveedores de insumos petroquímicos, entre ellos, Estados Unidos, China, Corea del Sur, Brasil y Colombia. Cabe resaltar que el 15,8% de las importaciones provienen de países de Latinoamérica, impulsando positivamente el desarrollo de esta región.

1.5 Procesos tecnológicos de sellado y aplicaciones en la industria de confecciones de plástico

En esta parte, se presentan las diferentes aplicaciones del sellado en la industria de confecciones de plástico.

1.5.1 Sellado por alta frecuencia

A la alta frecuencia también se le conoce como *High Frequency* (HF) o *shortwave* (frecuencia de onda corta), la cual se refiere a una banda del espectro electromagnético que varía entre las frecuencias de 3 a 30 MHz.

El sellado por alta frecuencia es uno de los procesos más usados en la industria de confecciones de plástico. Entre los plásticos usados por esta técnica, están los de tipo polar, los cuales se calientan con facilidad, y son más efectivos y prácticos para sellar y marcar, según *Innovación Gráfica* (2017). Entre ellos se tiene al vinyl (vinilo), tereftalato de polietileno (PET) y policloruro de vinilo (PVC).

Este proceso consiste en unir dos hojas del mismo material de plástico, por medio de vibración y presión; esta unión es provocada cuando la selladora hace vibrar las piezas de plástico con frecuencia de onda corta y, a su vez, se aplica una fuerte presión sobre estas, de tal forma que la rápida y constante vibración mecánica transmita energía suficiente para calentar el material, sin fundirlo, y sean unidas con la presión que se les aplique.

Las máquinas que se utilizan para llevar a cabo este proceso son las selladoras de alta frecuencia. El propósito de este tipo de maquinaria es de fusionar con mayor eficiencia los tipos de plástico mencionados, generando energía térmica dentro del producto de forma uniforme y rápida; asimismo, el ahorro energético se debe a la rapidez del proceso, entre uno (01) y diez (10) segundos. Este aparato está conformado por una matriz o plancha superior que cuenta con electrodos, los cuales funcionan como molde, ya que pueden adecuarse según el diseño que se quiera sellar en el plástico; estos electrodos brindan la energía electromagnética o vibración sobre el material, el cual se encuentra sobre una mesa o plataforma metálica.

La Ilustración 12 muestra la selladora de modelo SEM 3500SE, la cual posee una placa porta electrodos de 20x60, y una mesa de sellado de 70x40 cm. Se utiliza para sellar plástico PVC. Esta máquina es accionada por un sistema neumático, y se usa para la fabricación de artículos de grandes dimensiones, como carpas de campamento, circos, camiones y cubrir mercancías, piscinas, cometas, banners publicitarios, etc. Asimismo, estos modelos super (SE) se desarrollan con la más alta tecnología para equipos de sellado por alta frecuencia.



Ilustración 12 Selladora de modelo SEM 3500SE

Fuente: Elind.

La Ilustración 13 muestra la selladora de modelo SEM 3500N, la cual posee una placa porta electrodos de 40x60, y una mesa de sellado de 70x50 cm. Asimismo, se le puede añadir bandejas deslizantes para acelerar la producción. Al igual que la máquina anterior, esta es accionada por un sistema neumático, y se usa para la fabricación de artículos de medianas dimensiones, como ropa impermeable y artículos en PVC inflable: chalecos salvavidas, piscinas, flotadores, globos, balones, etc. Además, es usado para sellar plástico PET, en todo tipo de industria.



Ilustración 13 Selladora de modelo SEM 3500N

Fuente: Elind.

1.5.2 Sellado por ultrasonido

Este tipo de sellado es una técnica industrial que utiliza ondas ultrasónicas que se transmiten a través de los sólidos a frecuencias por encima del umbral audible (16 KHz – 1 GHz). Estas ondas ultrasónicas se transfieren al empaque plástico por medio de un sonotrodo, por lo cual, se considera un método interno, ya que no depende de la transferencia de calor para sellar, sino por la elevada vibración que se ejerce sobre la zona de apoyo, acompañado de una presión.

A continuación, se mencionan algunas ventajas al utilizar este tipo de sellado:

- La velocidad del sellado es elevada.
- Se pueden trabajar diversos plásticos como poliésteres y nailon.
- Se puede controlar la cantidad de energía que se transfiere en el sellado.
- Es más limpio con respecto a los métodos que usan calor.
- Previene la radiación excesiva de calor al empaque.

Así mismo, este tipo de sellado cuenta con algunas desventajas:

- Se puede dañar si el sello se ha quemado, es decir, si se produce un cortocircuito.
- Elevada complejidad con respecto a los métodos que utilizan calor.
- Es más costoso.

Las máquinas que se utilizan para llevar a cabo este proceso son las selladoras de ultrasonido. Esta maquinaria con muchas aplicaciones en todo tipo de productos textiles en plásticos no polares, poliésteres, fibras no tejidas, tereton y nailon.

La Ilustración 14 muestra la selladora de ultrasonido SU 2020, la cual es una de las más utilizadas de su tipo por la industria.



Ilustración 14 Selladora SU 2020

Fuente: Elind.

1.5.3 Sellado por inducción

Este tipo de sellado consiste en crear un campo magnético, a través del cual se alimenta con energía eléctrica a una bobina conductora. Este proceso no requiere contacto, pero sí es necesario un metal (el más usado es el aluminio) para generar el calentamiento. El proceso de sellado por inducción se menciona a continuación:

1. Se genera presión en el material a sellar.
2. La bobina crea un campo magnético.
3. El campo magnético induce corrientes de Foucault (basados en los principios de la inducción electromagnética) en el metal. Este fenómeno eléctrico se produce cuando un conductor atraviesa un campo magnético variable, o viceversa, generando una corriente inducida.
4. Las corrientes de Foucault generan calentamiento, debido a la resistencia del metal.
5. Se transfiere el calor al polímero para fundirse.
6. La presión generada mantiene al material unido.
7. Se genera el sellado.

Los polímeros que pueden ser aplicados en este tipo de sellado son el polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), polipropileno (PP), policloruro de vinilo (PVC), poliestireno (PS) y tereftalato de polietileno (PET).

A continuación, se mencionan algunas ventajas al utilizar este tipo de sellado:

- Es barato.
- Es sencillo de configurar y controlar.
- La potencia es controlada fácilmente.

Por otro lado, este tipo de sellado cuenta con algunas desventajas:

- Se necesita un diseño apropiado para la línea de producción, ya que no se pueden usar *conveyors* metálicos, rieles, entre otros.
- El tiempo de sellado por inducción es mayor que por ultrasonido.
- Para lograr el calentamiento debe existir siempre una pieza metálica.

Las maquinarias usadas para esta clase de sellado son las máquinas de sellado por inducción, las cuales están formadas por una bobina, un sistema de enfriamiento y una fuente de energía obtenida por la inducción generada.

La Ilustración 15 muestra la selladora continua de inducción para tapas SIGMA I ACE, la cual es reconocida por su alto rendimiento y funcionamiento en distintas acciones industriales. Asimismo, ofrece diferentes tipos de trabajo para fabricar productos como tapas, gorras deportivas, tapas a presión, tapones, entre otros. Sus ruedas incorporadas ayudan a un mejor desplazamiento en la línea de producción.



Ilustración 15 Selladora continua de inducción para tapas SIGMA I ACE

Fuente: FINKTEC S.A.

En la Ilustración 16 se muestra la máquina selladora continua de inducción para tapas SIGMA II ACE. Esta máquina es muy similar a la anterior; sin embargo, posee algunas características adicionales: tiene

protecciones para sobre corriente/sobre voltaje; posee un panel frontal con switches membrana de fácil manejo; y está diseñada para trabajar con variaciones de voltaje de entrada 210-250VAC.



Ilustración 16 Selladora continua de inducción para tapas SIGMA II ACE

Fuente: FINKTEC S.A.

1.5.4 Sellado con herramientas calientes

También se le conoce como sellado a temperatura constante o sellado con mordaza caliente. Es uno de los métodos más usados, debido a su bajo costo y a sus variadas formas de obtener el sello. Usualmente, se usan dos mordazas rectangulares en una selladora manual, como la que se muestra en la Ilustración 17; sin embargo, estas mordazas también pueden tener formas circulares o cilíndricas. El proceso de este sellado se menciona a continuación:

1. Se proporciona calor a través de una resistencia eléctrica a una barra metálica o alguna herramienta de sellado.
2. Se aplica presión para unir las dos láminas de plástico.
3. Se presiona por un tiempo hasta que se haya juntado correctamente.

Todos los polímeros pueden ser sellados con este método; sin embargo, algunos podrían no disipar muy bien el calor, por ejemplo, el PP, PVC, LDPE, PET y PS.

Así mismo, se usa más el sellado a temperatura constante en productos como bolsas, tapas de vasos, útiles escolares, etc.

A continuación, se mencionan algunas ventajas al utilizar este tipo de sellado:

- Es de bajo costo.

- Simple de usar.
- Responden a esta técnica todos los polímeros sellables.

Por otro lado, este tipo de sellado cuenta con algunas desventajas:

- La resistencia del sellado en caliente podría tener problemas.
- El calentamiento de la mordaza toma un tiempo de espera.



Ilustración 17 Sellador por barra caliente manual

Fuente: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2013/12/termosellado.html>

1.5.5 Sellado por impulso

Este tipo de sellado presenta un calentamiento y un enfriamiento inmediato bajo presión. Como se muestra en la Ilustración 18, al principio, antes de que el material de plástico entre al área de sellado, la mordaza se encuentra fría. Luego, las mordazas se cierran y la corriente fluye, debido a que tienen elementos de calefacción, usualmente de nicromo (aleación de níquel y cromo). Después de que la corriente se detiene, se produce el enfriamiento; sin embargo, la presión mantiene a los materiales unidos. Finalmente, se retira la presión luego del enfriamiento.

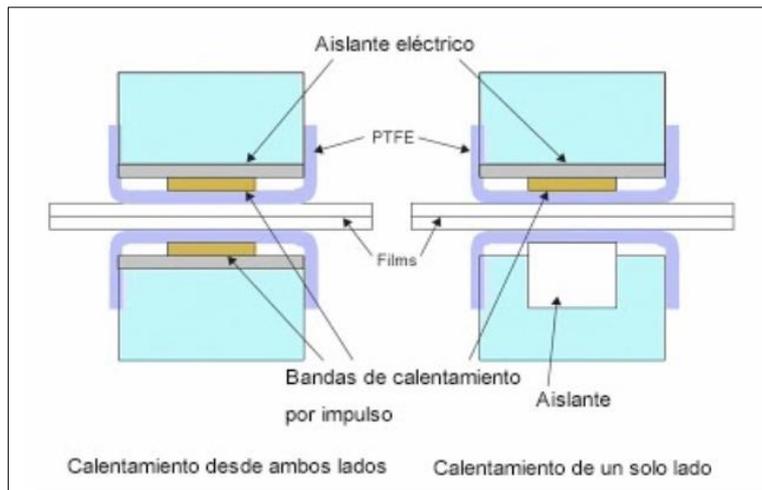


Ilustración 18 Muestra del sellado por impulso

Fuente: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2013/12/termosellado.html>

Otras variables adicionales en este tipo de sellado son el tiempo de enfriamiento y la temperatura. Los elementos calefactores no se calientan continuamente, pues solo se genera calor cuando ambas mordazas están juntas y fluye la corriente. Estos materiales se cierran por calor y se mantienen en su lugar por la presión. En la Ilustración 19 se muestra una selladora por inducción manual.



Ilustración 19 Selladora de bolsos o termoselladora

Fuente: <https://www.embalajesterra.com/blog/selladora-de-bolsas-calor/>

Este tipo de sellado tiene muchas utilidades en productos como bolsos, comidas empacadas en vacío, bolsos para productos médicos, etc. Los polímeros más usados en este proceso son el LDPE, PVC, PP, PET y PS.

A continuación, se mencionan algunas ventajas al utilizar este tipo de sellado:

- Muy simple de utilizar.
- Bajo costo de inversión en la compra de la selladora.
- Reducción en el costo del material, debido a sus sellos delgados.
- Previene la excesiva radiación de calor al empaque.
- El enfriamiento que se produce mejora la resistencia del sellado.

Por otro lado, este tipo de sellado cuenta con algunas desventajas:

- Posee variables a controlar.
- Los sellos delgados no son tan confiables en algunos casos.
- Uso complicado para sellos de forma no lineal.
- Díficil de identificar la temperatura alcanzada.

1.5.6 Sellado térmico continuo

Las máquinas que se usan para este tipo de sellado son las selladoras de banda, las cuales utilizan correas o fajas en movimiento sobre los elementos de calefacción. Usualmente, estas máquinas son usadas para sellar bolsas y se venden en dos tipos: vertical y horizontal. El modelo vertical se utiliza, principalmente, para el embalaje de bolsas que contienen líquidos o polvos.



Ilustración 20 Selladoras de banda (horizontal y vertical)

Fuente: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2013/12/termosellado.html>

1.5.7 Sellado al vacío

Esta tecnología de sellado consiste en generar una atmósfera artificial dentro de la bolsa, en la cual se elimina hasta el 99% de oxígeno antes de cerrarse.

La máquina usada para este tipo de sellado es la selladora al vacío. Se utiliza normalmente para la industria alimentaria, debido a que los alimentos pueden mantenerse frescos y en buena calidad durante un periodo prolongado de tiempo. El funcionamiento de estas máquinas es de la siguiente manera:

1. Preparación del producto: Se introduce el alimento en la bolsa de plástico.
2. Vacío: Se coloca la bolsa en la cámara de vacío y se extrae el oxígeno dentro de la cámara.
3. Sellado: Se realiza el termosellado de la bolsa y su enfriamiento.

A continuación, se mencionan algunas ventajas al utilizar este tipo de sellado para almacenar algunos alimentos en buenas condiciones:

- Previene la aparición y crecimiento de microorganismos
- Mayor duración de los alimentos
- Menos espacio para almacenar los alimentos
- Elimina el uso de preservantes
- Protección contra agentes externos
- Brinda una mejor presentación del producto

En la Ilustración 21 se muestra la máquina usada para este tipo de tecnología.



Ilustración 21 Selladora al vacío

Fuente: <https://www.maquinaelectroperu.com/henkel-peru/henkel-sv3/>

1.6 Análisis comparativo de los procesos tecnológicos de sellado usados en la industria peruana

La producción industrial de productos de plástico en Perú, según la Sociedad Nacional de Industrial (2019), lo lidera el sector de construcción con una participación del 22%; luego, el sector comercio con un 13% de la demanda total de productos fabricados; la industria que fabrica otros productos de plástico, con el 9% de participación; después, la industria que fabrica bebidas no alcohólicas tiene el 7%; el sector que fabrica pesticidas y otros productos químicos con el 4% y, finalmente, la industria que elabora productos de limpieza y de tocador con el 3%, entre los sectores más relevantes. En la Tabla 3 se muestra un análisis comparativo de las tecnologías con respecto al orden de mayor uso en la industria peruana.

Tabla 3 Procesos tecnológicos de sellado más usados en la industria peruana

Tecnología de sellado	Tipos de plástico que se usan con esta tecnología
1. Sellado por ultrasonido	Ácido poliláctico (PLA), polietileno de baja densidad (PEBD), poliamidas (PA), poliéster (PET), polipropileno biorientado (BOPP), polietileno (PE), polivinilideno (PVDC) y poliestireno expandido (EPS), polieterecetona (PEEK) y policloruro de vinilo (PVC)
2. Sellado por alta frecuencia	Vinyl (vinilo), tereftalato de polietileno (PET) y policloruro de vinilo (PVC)
3. Sellado por inducción	Polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), polipropileno (PP), policloruro de vinilo (PVC), poliestireno (PS) y tereftalato de polietileno (PET)
4. Sellado al vacío	Poliamida (PA) y polietileno (PE)
5. Sellado por impulso	Polietileno de baja densidad (LDPE), policloruro de vinilo (PVC), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET) y poliestireno (PS)
6. Sellado térmico continuo	Ácido poliláctico (PLA), polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (PEBD), poliamidas (PA), poliéster (PET), polipropileno biorientado (BOPP), polietileno (PE), polivinilideno (PVDC) y poliestireno expandido (EPS)

7. Sellado con herramientas calientes	Polipropileno (PP), policloruro de vinilo (PVC), polietileno de baja densidad (LDPE), tereftalato (PET) y poliestireno (PS), ácido poliláctico (PLA).
---------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia



CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE

En este capítulo, se presentarán diferentes productos de plástico elaborados con las tecnologías de sellado vistas anteriormente, sustentado por proyectos que han usado este proceso en la fabricación de sus productos.

2.1 Casos de productos desarrollados con diferentes tecnologías de sellado

A continuación, se muestran diferentes productos de plástico que pasaron por un proceso de sellado durante su fabricación.

2.1.1 Empaque flexible resellable (plástico biodegradable)

En este estudio se realizó el sellado de un empaque flexible resellable, hecho de ácido poliláctico (PLA), un termoplástico biodegradable. Para ello, se realizaron diferentes investigaciones hasta encontrar la tecnología adecuada de sellado para este material.

Para obtener los parámetros de sellado del dispositivo resellable, se buscó el mejor método de sellado de plástico para envases y embalaje. Finalmente, las tecnologías seleccionadas fueron el sellado térmico continuo horizontal y vertical, el sellado por herramienta caliente y el sellado por ultrasonido.

El resultado de las pruebas de sellado térmico continuo fue que tuvo una buena resistencia final, evitando defectos en el área de sellado. Así mismo, mostraron una buena estética en las bolsas.

En las pruebas con herramientas calientes se usaron mordazas pre diseñadas, las cuales se acoplaron fácilmente en la máquina envasadora. El sellado fue continuo y solo se formaron algunos hilos de material, debido a la adherencia de la pieza de PLA caliente con las mordazas.

Las pruebas con ultrasonido presentan características favorables para el sellado de piezas de PLA. Algunas de ellas son las siguientes: mejor calidad y mayor velocidad en el sellado. Así mismo, en todas las pruebas que se realizaron el sellado obtenido fue de forma constante y con una muy buena integración de ambas láminas.

En la Tabla 4 se muestra la ficha de resumen del estudio realizado con los empaques flexibles resellables en la Universidad Autónoma de México.

Tabla 4 Ficha de resumen 1

Título	Obtención de los parámetros de sellado de un empaque resellable
Institución	Universidad Nacional Autónoma de México
Presentada por	Reyes Quezada, Alfonso (2012)
Objetivo del Estudio	
<i>“Desarrollar un empaque flexible resellable biodegradable compatible con cualquier tipo de producto.”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Buscar información relacionada al proceso de sellado. - Revisar patentes relacionadas con dispositivos resellables no convencionales. - Aplicación de la herramienta de lluvia de ideas con grupos de personas que aportaron propuestas de solución de dispositivos resellables. - Generación de conceptos de dispositivos resellables. - Elaboración de cuatro (04) prototipos de empaques flexibles resellables con los que se realizaron pruebas de funcionamiento con usuarios. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> - De los 3 conceptos de solución para obtención de los principales parámetros de sellado de la película plástica biodegradable, se seleccionó como la mejor opción la máquina envasadora vertical, debido a que presenta varias ventajas: los parámetros de sellado (temperatura de sellado, tiempo y presión de cierre de las mordazas) encontrados se pueden implementar directamente en otras máquinas envasadoras verticales y se disminuye el tiempo de ajustes. - En la industria del empaque y embalaje existen muchas posibilidades de realizar innovaciones en el diseño de empaques y equipos de sellado y envasado. 	

Fuente: (Reyes, 2012)

2.1.2 Tubos de pasta dental

El material que se usó para la fabricación de los tubos de pasta de dientes es el polietileno (PE), ya que, más allá de ser flexible, puede ser reciclable y se puede volver a fundir para ser reutilizado.

Por otro lado, para este estudio de sellado de tubos de pasta dental se eligió el sellado por ultrasonido. Este tipo de sellado provoca la unión local del plástico debido a la absorción de la energía de vibración. Además, es muy usado en los procesos industriales, debido a que no introduce contaminantes en el producto, evita la degradación del sello y no interfiere en la biocompatibilidad del material. De esta forma, la calidad de la pieza se mantiene alta y los costos de fabricación disminuyen.

En adición, este tipo de sellado lo usan normalmente para fabricar productos muy pequeños, complejos o delicados, como en este caso los tubos de pasta dental. Además que ofrece un ahorro en los tiempos de producción si se compara con otros tipos de sellados. Finalmente, es un proceso amigable con el medio ambiente

En la Tabla 5 se muestra la ficha de resumen del estudio realizado en el diseño de un proceso de sellado óptimo para tubos de pasta de dientes por la Universidad Politécnica de Cataluña.

Tabla 5 Ficha de resumen 2

Título	Proyecto de diseño de un proceso de sellado óptimo para tubos de pasta de dientes
Institución	Universidad Politécnica de Cataluña
Presentada por	Lana Tarridas, Marta (2016)
Objetivo del Estudio	
<i>“Determinación de un proceso de sellado óptimo para tubos de pasta de dientes.”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar un estudio de compatibilidad entre el proceso y el envase a desarrollar. - Realizar estudios más específicos y centrados en las variables más influyentes en cada proceso. - Comparación exhaustiva de los diferentes tipos de sellado a nivel económico, medioambiental y técnico. - Determinar el óptimo proceso a usar. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> - Después de llevar a cabo este proyecto, se puede asumir que el sellado por frecuencia ultrasónica se considera un proceso óptimo para el sellado de tubos de pasta dental. Se ha llegado a esta conclusión mediante un estudio económico, medioambiental y técnico de los procesos candidatos al óptimo. - El sellado por ultrasonido ofrece un producto de calidad invirtiendo una menor cantidad de dinero y al mismo tiempo, supone un ahorro en los tiempos de producción si se compara con otros procesos de sellado. 	

Fuente: (Lana, 2016)

2.1.3 Bolsas oxobiodegradables

El 94% de la bolsa oxobiodegradable está compuesta por polietileno de Alta Densidad con densidad entre 0.941 y 0.960 gramos/centímetro cúbico, y el 3% con polietileno de baja densidad con densidad entre 0.915 y 0.925 gramos/centímetro cúbico.

Por lo tanto, el proceso de sellado se realizó con un sellador térmico por impulso, debido a que los polímeros usados en la producción de bolsas oxobiodegradables son más recomendables ser fabricados con este tipo de sellado, y es recomendable además para el sellado de bolsas.

Así mismo, se podría utilizar un sellador térmico continuo vertical, por si el empaque se desea llenar con un producto líquido o en polvo.

En la Tabla 6 se muestra la ficha de resumen del estudio realizado en el diseño de la producción y comercialización de bolsas oxobiodegradables por la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Tabla 6 Ficha de resumen 3

Título	ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE BOLSAS OXOBIODEGRADABLES
Institución	Pontificia Universidad Católica del Perú
Presentada por	Rimac Landa, Angela Beatriz (2010)
Objetivo del Estudio	
<i>“Analizar y evaluar la viabilidad técnica, económica y financiera para la producción y comercialización de bolsas oxobiodegradables.”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analizar el mercado del proyecto. - Desarrollar el plan de comercialización de la bolsa oxobiodegradable. - Determinar la localización y tamaño óptimo del proyecto. - Determinar la maquinaria y los equipos necesarios para la instalación y funcionamiento de la planta. - Analizar la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> - Se determinó que es una oportunidad de negocio amigable con el medio ambiente. - Existe un amplio mercado potencial de posibles consumidores de bolsas oxobiodegradables. - Es favorable invertir en tecnologías eco amigables para la producción de la bolsa oxobiodegradable, así como adquirir de materia prima al polietileno verde, el cual es un recurso renovable. 	

Fuente: (Rimac, 2010)

2.1.4 Blíster con tarjeta

Un empaque tipo blíster se suele fabricar en policloruro de vinilo (PVC) o tereftalato de polietileno (PET), y generalmente este tipo de envase es transparente. Este empaque asegura que el producto esté bien conservado; y para ello hay varios métodos para sellar el plástico termoformado a la tarjeta

impresa; sin embargo, la más común es el sellado por inducción. Este método utiliza el principio de inducción electromagnética para generar calor y fijar el material del sello. En este caso, el blíster compuesto usualmente de PVC transparente será unido con una hoja fina de aluminio, el cual es necesario en el sellado para producir el calentamiento por medio del campo magnético generado. Este procedimiento tecnológico se explica en el sellado por inducción.

Por otro lado, este tipo de sellado es sencillo de configurar en la línea de producción, es económico y su potencia se puede controlar fácilmente.

En la Tabla 7 se muestra la ficha de resumen del estudio realizado para la reducción de merma de PVC y PET en el proceso de sellado de blíster con tarjeta en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

Tabla 7 Ficha de resumen 4

Título	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE MERMA DE PVC Y PET EN EL PROCESO DE SELLADO DE BLÍSTER CON TARJETA
Institución	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
Presentada por	Martínez Cedillo, Margarita (2012)
Objetivo del Estudio	
<i>“Reducir la merma de PVC y PET en el proceso de sellado de blíster con tarjeta.”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definir las variables del proceso sellado que afectan en la generación de merma de PVC y PET. - Analizar el proceso de sellado de los blíster con las tarjetas - Implementar las etapas de la metodología Six Sigma. - Controlar la metodología implantada y observar oportunidades de mejora. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> - La metodología Six Sigma y sus herramientas fueron vitales para el cumplimiento de los objetivos fijados. - El nivel de producción en el proceso de sellado de blíster con tarjeta aumentó en un 30% aproximadamente. - El porcentaje de merma en este proceso se redujo en un promedio de 59.06% a 38.16%. - Se logró mejorar el proceso de sellado de blíster con tarjeta, el cual representa el principal proceso en la empresa, por su volumen y costo. 	

Fuente: (Martínez, 2012)

2.1.5 Portapapeles

Brumap, una pequeña empresa perteneciente al sector plástico fabrica productos escolares, entre ellos, el portapapel. La empresa Cipsa, semanalmente, le provee de bobinas de PVC transparente, para que produzcan cierta cantidad de portapapeles semanales, también conocidas como micas. El proceso principal de esta línea de producción, y también identificado como el cuello de botella, es el sellado por alta frecuencia.

Por lo tanto, para la fabricación de portapapeles, con material plástico PVC transparente se recomienda el uso de selladoras de alta frecuencia, ya que este tipo de plástico es el más efectivo y práctico para sellar y marcar en estas máquinas. Así mismo, están conformadas por una matriz que cuenta con electrodos las cuales funcionan como molde, pues estos se adecúan al modelo que se desee sellar en el plástico. Estos electrodos brindan la energía electromagnética o vibración sobre el material, el cual se encuentra sobre una mesa o plataforma metálica, y de esta forma se realiza la unión de materiales y la impresión de la marca sobre el plástico.

En la Tabla 8 se muestra la ficha de resumen del estudio realizado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, sobre la implementación de herramientas de Lean Manufacturing en una empresa que fabrica portapapeles de PVC.

Tabla 8 Ficha de resumen 5

Título	MEJORA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PORTAPAPELES EN UNA EMPRESA DEL SECTOR PLÁSTICOS, USANDO HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING
Institución	Pontificia Universidad Católica del Perú
Presentada por	Mendoza Solorzano, Susan Marisol (2020)
Objetivo del Estudio	
<i>“Implantar las herramientas de Lean Manufacturing para generar mejoras en el proceso de elaboración de portapapeles en una empresa del sector plástico.”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definir las herramientas Lean a utilizar. - Determinar el problema principal de la baja productividad. - Determinar las causas de este problema. - Usar las herramientas de Lean Manufacturing para resolver los problemas hallados. - Evaluar el impacto económico. 	
Resultados	

- El problema principal es la baja productividad diaria, debido a diferentes factores como traslados innecesarios, defectos, rechazos, tiempos de espera, movimientos innecesarios, reprocesamientos, deficiente gestión del cuello de botella.
- Las herramientas Lean a usar son el flujo continuo, poka yoke, gestión de restricciones, andon y jidoka.
- El cuello de botella de la línea de producción es la operación de sellado por alta frecuencia.

Fuente: (Mendoza, 2020)

2.1.6 Envases flexibles plásticos en la industria alimentaria

En el caso de la industria alimentaria se pueden aplicar diferentes tipos de sellado, en este caso según el plástico que se utiliza se proponen los siguientes:

- El sellado térmico continuo para productos líquidos como bebidas, jugos, refrescos, etc., y para productos en polvo como los condimentos. Esto debido a que las máquinas en forma vertical permiten el sellado de estos productos sin que se pierda o afecte el contenido dentro del empaque. También puede ser para alimentos.
- El sellado por ultrasonido para los otros alimentos, ya que es un proceso limpio y no contamina el producto dentro del empaque. Así mismo, tiene una mejor calidad y velocidad en el sellado.

En la Tabla 9 se muestra la ficha de resumen del estudio realizado en la Universidad Austral de Chile, sobre los procesos de fabricación de los envases flexibles plásticos en la industria alimentaria.

Tabla 9 Ficha de resumen 6

Título	Envases flexibles plásticos: Uso y aplicación en la industria alimentaria
Institución	Universidad Austral de Chile
Presentada por	Illanes Esparza, Julio Fernando (2004)
Objetivo del Estudio	
<i>“Conocer el uso y las aplicaciones de los envases flexibles plásticos en la industria alimentaria.”</i>	
Metodología de Implementación	
Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron los siguientes pasos:	
<ul style="list-style-type: none"> - Revisar los antecedentes generales del proyecto - Investigar sobre los envases flexibles, sus funciones y objetivos. - Investigar sobre los materiales usados para cada caso. - Analizar los procesos de fabricación de envases flexibles. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> - Los envases para lácteos utilizan polietileno de baja densidad (PEBD), poliamidas (PA), poliéster (PET), polipropileno biorientado (BOPP) y polietileno (PE). 	

- Para los envases de carnes y pescados se usa poliéster (PET), polivinilideno (PVDC), polietileno de baja densidad (PEBD) y poliestireno expandido (EPS).
- Para las verduras y frutas se utilizan bolsas de polietileno.
- Para los snacks, galletas y golosinas se utiliza el polipropileno biorientado (BOPP).
- Para aceites comestibles se usa el poliéster (PET), el polietileno de baja densidad (PEBD) y la poliamida (PA).

Fuente: (Illanes, 2004)

2.1.7 Fólderes escolares

La empresa Brumap, explicada anteriormente, también fabrica dentro de sus productos los fólderes escolares. De igual forma, la empresa Cipsa, en ciertas temporadas del año, le provee de piezas de vinyl (vinilo) de colores y bobinas de policloruro de vinilo (PVC) transparente, para su línea de fabricación de fólderes. El proceso principal de esta línea de producción, y también identificado como el cuello de botella, es el sellado por alta frecuencia.

Se recomienda el uso de selladoras de alta frecuencia, debido a que el material PVC es el más efectivo y práctico para sellar y marcar algún diseño en estas máquinas. La funcionalidad de este tipo de tecnología es la misma mencionada en la producción de portapapeles.

En la Tabla 8 se mostró la ficha de resumen del estudio realizado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, sobre la implementación de herramientas de Lean Manufacturing en una empresa que fabrica portapapeles de PVC. Este caso es muy similar a la producción de fólderes, ya que se utilizan las mismas máquinas y procedimientos, excepto la forma de habilitado del material antes de realizar el sellado por alta frecuencia.

2.1.8 Bolsas para almacenamiento de alimentos

En el caso de la industria alimentaria se pueden aplicar diferentes tipos de sellado, en este caso según el plástico que se utiliza se proponen los siguientes:

- El sellado térmico continuo para productos líquidos como bebidas, jugos, refrescos, etc., y para productos en polvo como los condimentos. Esto debido a que las máquinas en forma vertical permiten el sellado de estos productos sin que se pierda o afecte el contenido dentro del empaque. También puede ser para alimentos.
- El sellado por ultrasonido para los otros alimentos, ya que es un proceso limpio y no contamina el producto dentro del empaque. Así mismo, tiene una mejor calidad y velocidad en el sellado.

En la Tabla 10 se muestra la ficha de resumen del estudio realizado en la Universidad Austral de Chile, sobre los procesos de fabricación de los envases flexibles plásticos en la industria alimentaria.

Tabla 10 Ficha de resumen 7

Título	ELABORACIÓN DE TAMAL SELLADO AL VACÍO
Institución	Universidad San Ignacio de Loyola
Presentada por	Chang Garrido, Jack Michael Fraga Alcántara, Kevin Jhon Guevara Espinoza, Lourdes Jacoba Yauyo Paredes, William Fredy Zevallos Villar, Elizabeth Carolina (2017)
Objetivo del Estudio	
<i>“Impulsar el consumo de tamales sellado al vacío, elaborados a base de insumos naturales logrando un mayor tiempo de vida al producto, en Lima metropolitana, año 2017.”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definir las características del producto y la empresa. - Realizar un análisis del entorno y elaborar un plan estratégico. - Realizar un estudio del mercado, técnico, legal, económico y financiero. - Analizar las oportunidades y riesgos de aplicar este tipo de tecnología de sellado en el producto. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> - El rubro de comidas al vacío es un sector que está creciendo rápidamente, gracias al estilo de vida saludable y natural de las personas. - El sellado al vacío protege al producto (en este caso el tamal) de microorganismos o agentes externos. - Se deben utilizar bolsas de poliamida (PA) y polietileno (PE) para usarlo en esta tecnología de sellado. - El producto final muestra una mejor presentación y ocupa menos espacio en el almacén. 	

Fuente: (Chang, Fraga, Guevara, Yauyo, Zevallos, 2017)

2.1.9 Dispositivos médicos de plástico

Actualmente, los plásticos son utilizados en la mayoría de dispositivos médicos, debido a su bajo costo en comparación al vidrio u otros materiales metálicos. Así mismo, son muy prácticos por su flexibilidad y otras propiedades. Las resinas más usadas en productos médicos son el cloruro de polivinilo (PVC), polietileno, polipropileno y poliestireno. Polímeros de alta tecnología son utilizados para crear extremidades artificiales, reduciendo el riesgo de infección en los pacientes. Los envases plásticos para aplicaciones médicas son adecuados por su peso ligero, durabilidad, bajo costo, transparencia y compatibilidad con otros materiales.

En la Tabla 11 se muestra la ficha de resumen del estudio mostrado por la empresa Arístegui Maquinaria, dedicada a procesos de soldadura y sellado de plásticos.

Tabla 11 Ficha de resumen 8

Título	Usos de los plásticos en la medicina
Institución	Arístegui Maquinaria
Presentada por	Arístegui Maquinaria (2013)
Objetivo del Estudio	
<i>“Conocer los diferentes usos de plásticos en la medicina.”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mostrar una introducción de los plásticos y su amplia gama de productos industriales. - Brindar información sobre las ventajas y desventajas de los plásticos en la medicina. - Mostrar los diferentes usos del plástico en el campo de la medicina. - Determinar los tipos de plástico más usados en el área de la medicina para determinar la tecnología que se usará durante el proceso de producción. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> - Las resinas más utilizadas en dispositivos médicos son el cloruro de polivinilo (PVC), polietileno, polipropileno y poliestireno. - Otras aplicaciones para los productos sanitarios son los policarbonatos, ABS, poliuretanos, poliamidas, elastómeros termoplásticos, polisulfonas y polieteretercetona. - Las resinas polieteretercetona (PEEK) están reemplazando a materiales como el titanio, cerámica, y otras resinas para la fabricación de implantes ortopédicos. - La mejor tecnología usada para productos de medicina es el sellado por ultrasonido, debido a que genera un sello sólido, limpio y hermético, aumentando la producción sin afectar la calidad. 	

Fuente: (Arístegui Maquinaria, 2013)

CAPÍTULO 3: CONCLUSIONES

- La industria de confecciones de plástico es fundamental para aumentar la calidad de vida de las personas, como también para la economía a nivel mundial.
- Actualmente, los plásticos han reemplazado a muchos materiales naturales, ya que proponen nuevas sugerencias de fabricación de productos masivos.
- El sellado térmico continuo es el más recomendable para una película plástica biodegradable, debido a que presenta una buena resistencia final, evitando defectos en el área de sellado, y por su buena estética en las bolsas. Así mismo, los parámetros de sellado (temperatura de sellado, tiempo y presión de cierre de las mordazas) pueden implementarse directamente en otras máquinas envasadoras verticales, disminuyendo el tiempo de ajustes.
- La tecnología avanzada del sellado por ultrasonido es la más recomendable en la elaboración de dispositivos de medicina como jeringas desechables, bolsas de sangre por vía intravenosa, válvulas del corazón, implantes ortopédicos, etc., debido a su sello sólido, hermético y limpio.
- Se ha determinado que para un mejor almacenamiento de alimentos la tecnología más preferible es el sellado al vacío.
- El sellado por ultrasonido ofrece un producto de calidad, con una menor cantidad de inversión de dinero y, al mismo tiempo, supone un ahorro en los tiempos de producción si se compara con otros procesos de sellado.
- El sellado térmico por impulso, es recomendable para la producción de bolsas oxobiodegradables. Así mismo, este tipo de tecnología se considerada eco amigable, ya que previene la excesiva radiación de calor al empaque.
- Un sellador térmico continuo vertical se debe usar para empaques llenados con productos líquidos o en polvo.
- El sellado por inducción de un plástico, requiere un material de aluminio entre las piezas que se van a unir, debido a que utiliza el principio de inducción electromagnética para generar calor y fijar el material del sello. Por lo tanto, es importante este material para producir el calentamiento por medio del campo magnético generado.
- Para la fabricación de portapapeles o fólderes escolares, con material plástico PVC transparente, se recomienda el uso de selladoras de alta frecuencia, ya que este tipo de plástico es el más efectivo y práctico para sellar y marcar en estas máquinas.
- El sellado por ultrasonido es recomendable para los alimentos, ya que es un proceso limpio y no contamina el producto dentro del empaque. Así mismo, tiene una mejor calidad y velocidad en el sellado.

BIBLIOGRAFÍA

ARISTEGUI MAQUINARIA

- 2013 *Usos de los plásticos en la medicina*. Consulta: 22 de junio de 2020
Recuperado de: <https://www.aristegui.info/ usos-de-los-plasticos-en-la-medicina/#:~:text=Las%20resinas%20m%C3%A1s%20utilizadas%20en,%2C%20polietileno%2C%20polipropileno%20y%20poliestireno.>

BAZALAR, Geraline, & PALOMINO, Cinthia

- 2018 “Análisis en la gestión empresarial de las empresas privadas en la industria de plásticos que han incorporado a las asociaciones de recicladores en su cadena de valor, en Lima Metropolitana”. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Negocios.

Recuperado de:
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624798/BAZALAR_HG.pdf?sequence=4&isAllowed=y

BELLIS, M.

- 1997 *Guide science. The history of plastics*. Consulta: 22 de mayo de 2020
Recuperado de: <http://inventors.about.com/od/pstartinventions/a/plastics.htm>

BELLYS, Mary

- 2019 *A Brief History of the Invention of Plastics*. ThoughtCo. Consulta: 22 de mayo de 2020
Recuperado de: <https://www.thoughtco.com/history-of-plastics-1992322>

CHANG, Jack, & FRAGA, Kevin, & GUEVARA, Lourdes, & Yauyo, William & ZEVALLOS, Elizabeth

- 2017 “Elaboración de tamal sellado al vacío”. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola, Facultad de Ingeniería. Consulta: 18 de junio de 2020

Recuperado de: http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3034/4/2017_Chang-Garrido.pdf

Comercio Exterior

- 2012 *La industria del plástico*. México. Consulta: 12 de mayo de 2020
Recuperado de:
http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/761/3/la_industria_del_plastico.pdf

Comité de Plásticos de la Sociedad Nacional de Industrias

- 2018 *Situación de la industria plástica en los países de la Alianza del Pacífico y sus proyecciones para el 2019*. Lima, Perú.

ELIND SAS

- 2020 *Selladoras de Alta Frecuencia*. Consulta: 12 de mayo de 2020
Recuperado de: <http://meic-elind.com/productos.html>

GARCÍA, Sergio

- 2009 *REFERENCIAS HISTÓRICAS Y EVOLUCIÓN DE LOS PLÁSTICOS*. Revista Iberoamericana de Polímeros García. Consulta: 14 de mayo de 2020.
Recuperado de: <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/ENE09/garcia.pdf>

GARCÍA, Sergio

2008 *Referencias históricas y evolución de los plásticos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Consulta: 22 de mayo del 2020
Recuperado de: <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/ENE09/garcia.pdf>

Gestión

2018 *Industria plástica podría crecer 5% este año pero requiere apoyo del Gobierno*. Consulta: 14 de mayo de 2020
Recuperado de: <https://gestion.pe/economia/industria-plastica-crecer-5-ano-requiere-apoyo-gobierno-231807>

Gestión

2018 *El 30% de todos los trabajos serán suprimidos en 2030 por la Inteligencia Artificial*. Consulta: 12 de mayo de 2020
Recuperado de: <https://gestion.pe/tecnologia/30-trabajos-seran-suprimidos-2030-inteligencia-artificial-232123>

GÓNGORA, Juan Pablo

2014 *La industria del plástico en México y el mundo*. Consulta: 19 de mayo de 2020
Recuperado de:
http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/761/3/la_industria_del_plastico.pdf

HELMENSTINE, Anne

2019 *Plastic Definition and Examples in Chemistry*. ThoughtCo. Consulta: 22 de mayo de 2020
Recuperado de: <https://www.thoughtco.com/plastic-chemical-composition-608930>

How Stuff Works

2007 *Condensation and Addition Reactions*. How Plastics Work. Consulta: 19 de abril de 2020
Recuperado de: <https://science.howstuffworks.com/plastic3.htm>

INNOVACIÓN GRÁFICA

2017 *¿Qué es el sellado de alta frecuencia?*. Consulta: 22 de junio de 2020
Recuperado de: <https://www.innovaciongrafica.mx/que-es-sellado-de-alta-frecuencia/>

ILLANES, Julio

2004 “Envases flexibles plásticos: Uso y aplicación en la industria alimentaria”. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias.
Recuperado de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fai.29e/pdf/fai.29e-TH.3.pdf>

INEI

2017 *Perú: Estructura Empresarial, 2016*. Consulta: 13 de mayo de 2020
Recuperado de:
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1445/libro.pdf

INNOVA RESEARCH JOURNAL

2018 *Evolution of the use of plastic materials in the automotive industry*. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador. Consulta: 22 de mayo del 2020
Recuperado de: <http://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/928/891>

LANA, Marta

2016 “Proyecto de diseño de un proceso de sellado óptimo para tubos de pasta de dientes”. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, Facultad de Ingeniería en Tecnologías Industriales.
Recuperado de: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/99572/REPORT_228.pdf

LÓPEZ, M., LOVATO, S., & ABAD, G.

2018 *El impacto de la cuarta revolución industrial en las relaciones sociales y productivas de la industria del plástico Implastic S. A. en Guayaquil-Ecuador: retos y perspectivas*. Universidad y Sociedad, 10(5), 153-160.

MAMANI, Luis

2018 “Optimización del Proceso Productivo en el Área de Producción de una Industria Plástica”. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería.

Recuperado de:

https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624502/Mamani_LL.pdf?sequence=5&isAllowed=y

MARTÍNEZ, Margarita

2012 “IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE MERMA DE PVC Y PET EN EL PROCESO DE SELLADO DE BLÍSTER CON TARJETA”. Monterrey: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Facultad de Ingeniería.

Recuperado de: <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/628621>

MÁQUINA ELECTRO PERÚ

2020 *HENKEL SV3: Empacadora al vacío*. Arequipa.

Recuperado de: <https://www.maquinaelectroperu.com/henkel-peru/henkel-sv3/>

MONTERO, Clara, & MEJÍA, Fabiola

2008 *The discover y of the plastics:from solution to environmental problem*. Consulta: 22 de mayo del 2020

Recuperado de: <https://revistas.itc.edu.co/index.php/letras/article/view/51/50>

MONTERO, Clara, & MEJÍA, Fabiola

2018 *El descubrimiento de los plásticos: de solución a problema ambiental*. Letras Con*Ciencia Tecno*Lógica, 80-96. Consulta: 17 de mayo de 2020

Recuperado de: <https://revistas.itc.edu.co/index.php/letras/article/view/51/50>

NAVARRO, Cristina

2018 “Análisis del sector del plástico en la Comunidad Valenciana”. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Facultad de Administración y Dirección de Empresas.

Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/110550/Navarro%20-%20An%C3%A1lisis%20del%20sector%20del%20pl%C3%A1stico%20en%20la%20Comunidad%20Valenciana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PLASTICS EUROPE

2019 *Plastics - the Facts 2019*. Madrid, España. Consulta: 22 de abril del 2020

Recuperado de: <https://www.plasticseurope.org/es/resources/publications/1804-plastics-facts-2019>

RAJADELL, M., & SÁNCHEZ, J. L.

2010 *Lean manufacturing : la evidencia de una necesidad*. [Madrid] : Díaz de Santos, 2010. Consulta: 10 de mayo de 2020

Recuperado de: <http://search.ebscohost.com.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/login.aspx?direct=true&db=cat02225a&AN=pucp.492891&lang=es&site=eds-livoe&scope=site>

REYES, Alfonso

2012 “OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE SELLADO DE UN EMPAQUE RESELLABLE”. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería Mecánica – Campo Mecatrónica.

Recuperado de:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/5365/1/Tesis.pdf>

RIMAC, Angela

2010 “ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE BOLSAS OXOBIODEGRADABLES”. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Recuperado de:

file:///C:/Users/susan/Downloads/RIMAC_ANGELA_FACTIBILIDAD_PRODUCCION_COMERCIALIZACION_BOLSAS_OXOBIODEGRADABLES.pdf

TECNOLOGÍA DEL PLÁSTICO

2018 *La industria plástica en América Latina: ¿qué esperar en 2018?* Bogotá, Colombia: Edición 6, Volumen 32.

Recuperado de: <https://pet-eu.com/wp-content/uploads/2018/05/TECNOLOGIA-DEL-PLASTICO-VOL-32-ED-6.pdf>

TVPE NOTICIAS

2019 *Ingenieros de la PUCP crean carpetas con productos reciclados*. Consulta: 16 de mayo de 2020

Recuperado de: <https://www.tvperu.gob.pe/noticias/locales/ingenieros-de-la-pucp-crean-carpetas-con-productos-reciclados>

QUÍMICA

2019 *Los plásticos, factor clave en el desarrollo social y material del ser humano*. Consulta: 16 de mayo de 2020

Recuperado de: <http://dis.um.es/~barzana/Divulgacion/Plasticos/Plasti01.html>.