



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOTECNOLOGÍA

ESTUDIO DE LAS CONDICIONES PARA PRODUCIR INDUSTRIALMENTE ENVASES
PLÁSTICOS A PARTIR DE MATERIALES COMPOSTABLES

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL QUÍMICA

CAMILA MARGARITA LABARCA WYNEKEN

PROFESOR GUÍA:
SR. HUMBERTO PALZA CORDERO

MIEMBROS DE LA COMISION:
SR. JUAN RAUL QUIJADA ABARCA
SR. RIGOBERTO TORO VERGARA

SANTIAGO DE CHILE
ABRIL 2012

RESUMEN

El consumo de plásticos aumenta incesantemente y dado el tiempo que requieren para degradarse, la acumulación en el planeta podría llegar a ser insostenible. Por otro lado la vida de hoy no sería factible sin los plásticos, pero su producción tampoco es sustentable ya que su materia prima es el petróleo. Una alternativa que se está desarrollando en el mundo son los bioplásticos, estos están hechos a partir de recursos renovables y/o se degradan en menos tiempo sin generar residuos que alteren el equilibrio natural.

En Europa la mayor demanda de plásticos es de la industria de los envases, por lo que resulta de gran importancia desarrollar alternativas amigables con el medio ambiente. Estas deben ser de igual calidad que los envases convencionales y ser capaces de cumplir con todas sus funciones. Esto se logra combinando las propiedades de distintos materiales.

Este trabajo se desarrolló en conjunto con la empresa HYC packaging, dedicada al rubro de los envases plásticos flexibles. El proceso que ellos realizan consta de las siguientes etapas: Extrusión, impresión, laminación, rebobinado, corte y sello.

El objetivo general de este trabajo es evaluar alternativas de proceso que bajo las condiciones operacionales actuales de HYC packaging permitan desarrollar una línea de producción de envases plásticos a partir de materiales compostables.

Los materiales compostables tienen como principal característica que se biodegradan en condiciones de compostaje generando como residuo Agua, CO₂, biomasa y compuestos inorgánicos. Este proceso dura 6 meses, lo mismo que la materia orgánica que normalmente se encuentra en plantas de compostaje. Una ventaja de trabajar con estos materiales es que se certifican por las normas ASTM D6400 en EEUU y EN13432 en Europa.

Se desarrollaron dos envases, uno para café y uno para frutos secos. Para el primero se utilizó Ecoflex de BASF, un poliéster compostable hecho a partir de subproductos del petróleo. Se hicieron dos pruebas industriales de extrusión con las cuales no se lograron encontrar las condiciones de operación para un producto satisfactorio por lo que no se continuó con su desarrollo. Para el segundo se utilizó un film de acetato de celulosa con recubrimiento de PVdC (NKA de innovia) y un film de PLA transparente (NTSS de taghleef), ambos hechos a partir de recursos renovables. Se logró una buena impresión y una laminación y sellado aceptables, pero mejorables.

En conclusión se logró un gran avance en el camino para producir envases a partir de materiales compostables, pero es necesario seguir haciendo pruebas para lograr mejores resultados.

Índice

Capítulo I: Introducción.

1

1. MOTIVACIÓN	1
1.1 Los Plásticos.....	1
1.2 Los Bioplásticos	4
2. ANTECEDENTES	5
2.1 Los envases plásticos flexibles.....	5
2.2 Etapas del proceso productivo y sus variables	8
2.3 Plásticos biodegradables	23
2.4 HYC packaging	29
3. OBJETIVOS	30
4. ALCANCES	31
4.1 Definición de productos a desarrollar	31
4.2 Estudio de las condiciones de operación.....	32
4.3 Evaluación de las propiedades finales.....	34

Capítulo II: Resultados y Discusiones

35

5. DEFINICIÓN DE PRODUCTOS A DESARROLLAR.	35
5.1 Propiedades y características de los envases para café y para frutos secos.	35
5.2 Selección de materiales	36
5.3 Programación de las etapas de producción	40
5.4 Comparación de precios.	40
6. ENVASE PARA CAFÉ.....	41
6.1 Extrusión	41
6.2 Impresión, laminación, corte y sello	52
7. ENVASE PARA FRUTOS SECOS	53
7.1 Impresión.....	53
7.2 Laminación.....	57
7.3 Corte y sello	62
8. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FINALES	64
9. CONCLUSIONES.....	65
10. BIBLIOGRAFÍA.....	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de plástico 1950 - 2010.....	1
Figura 2. Demanda europea de plásticos por segmento en el 2010.....	2
Figura 3. Desechos plásticos en Europa entre 2006 y 2010	3
Figura 4. Capacidad de producción mundial de bioplásticos 2008-2010 y proyección 2015	4
Figura 5. Diagrama de bloques del proceso productivo de los envases plásticos flexibles.	8
Figura 6. Esquema tornillo extrusora con sus principales zonas funcionales.	9
Figura 7. Esquema de extrusora de Burbuja.....	10
Figura 8. Fórmulas químicas de aditivos slip más utilizados.	12
Figura 9. Esquema de la migración de los aditivos slip hacia la superficie.(a) aditivo en polímero fundido;(b)migración después de la solidificación;(c)equilibrio después del tiempo	13
Figura 10. Partículas de aditivo antiblock aleatoriamente dispersas el una matriz de PE.....	13
Figura 11. Clasificación de Bioplásticos con ejemplos	23
Figura 12. Formula desarrollada molecular de Ecoflex de BASF.....	25
Figura 13. Fórmula molecular de ácido poliláctico.....	26
Figura 14. Estructura del almidón. Está formada por dos unidades de glucosa unidas por un enlace glicosidico α -1,4.....	28
Figura 15. a) Estructura celulosa b) Estructura acetato de celulosa	27
Figura 17. Cof en función del tiempo de un polietileno de baja densidad extruido con dos aditivos distintos.....	50
Figura 18. Tabla de propiedades de ficha técnica de envase para snack compostable.....	64

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Algunas Propiedades relevantes de los films para envases y métodos estándar de medición	7
Tabla 2. Fórmulas y reglas para el cálculo teórico de propiedades de films laminados con más de un material.	31
Tabla 3. Estructuras utilizadas actualmente en HYC para envases de café y de frutos secos.....	35
Tabla 4. Propiedades para envase convencional de café de 250 gr	35
Tabla 5. Propiedades para envase convencional de frutos secos entre 20 gr y 200 gr	36
Tabla 6. Materiales compostables para envases de los proveedores BASF, Taghleef e innovia. .	36
Tabla 7. Barrera al oxígeno y al vapor de agua de distintas estructuras compostables.	38
Tabla 8. Comparación de los valores de las propiedades mecánicas entre una posible estructura y los envases convencionales.	38
Tabla 9. Rendimientos y precios de materiales seleccionados para envases compostables.	40
Tabla 10. Costos asociados a la producción de un envase convencional en HYC.	41
Tabla 11. Comparación de propiedades físicas del Ecoflex con un PE de baja densidad	42
Tabla 12. Comparación de propiedades de un film tipo de 50µm de Ecoflex con uno de PE de baja densidad	42
Tabla 13. Resultados del porcentaje de humedad contenido en el Ecoflex adquirido en la UDT.	44
Tabla 14. Resumen de las condiciones de operación de la extrusión de Ecoflex.	44
Tabla 15. COF y caracterizaciones cualitativas de los films resultantes de las cuatro condiciones de operación utilizadas.	46
Tabla 16. Mediciones de COF de muestra de Ecoflex tomada al final de la extrusión en la segunda prueba.	49
Tabla 17. Promedio de Tensión y elongación al punto de corte de Ecoflex extruido a distintas condiciones y de PE.....	51
Tabla 18. Pruebas en máquina de adhesivos Henkel y COIM en laminaciones de PLA con PET	58
Tabla 19. Resultados de algunas mediciones hechas a las pruebas de gramaje de adhesivo.	60

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1.Extrusora de tipo burbuja (izquierda) y de tipo Cast (derecha).....	9
Imagen 2. Fotografía de bobina de Ecoflex con problemas de embobinado.....	47
Imagen 3. Fotografía de Geles y carboncillo presentes en el film extruido de Ecoflex.	49
Imagen 4. Fotografía de prueba de anclaje de tinta para PET (cian) y tinta para BOPP (magenta) en Natureflex.	54
Imagen 5. Fotografía del resultado de la prueba del scotch aplicada a la impresión hecha a 120°C	56
Imagen 6. Fotografía de la realización de la prueba del sctoch para impresión realizada a 160°C.	56
Imagen 7. Fotografía de la realización de la prueba del scotch para impresión a 180°C.	57
Imagen 8. Fotografía de prueba de remoción de tinta con adhesivos COIM y Henkel.....	58

SIMBOLOGIA

ASTM: American Society for Testing & Materials

BOPP: Polipropileno biorientado

COF: Coeficiente de fricción.

CPE: polietileno Cast

CPP: polipropileno Cast

LDPE: polietileno de baja densidad

DIN: Deutsches Institut für Normung

OPPM: Polipropileno orientado metalizado

OTR: Oxygen transmission rate

PCL: Policaprolactona

PET: Polietilentereftalato

PETM: Polietilentereftalato metalizado

PHA: Polihidroxiacanoato

PLA: ácido poliláctico

PVdC: Cloruro de polivinilideno.

WVTR: Water vapor transmission rate

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Capítulo I: Introducción.

1. MOTIVACIÓN

1.1 Los Plásticos

En 1907 se creó el primer polímero sintético y desde entonces ha habido un quiebre en la historia de la humanidad. La vida de hoy en día no sería viable sin los plásticos y esto se debe a su gran versatilidad y relación costo/desempeño. En la Figura 1 se observa el crecimiento de la producción en miles de toneladas a nivel mundial y en Europa desde 1950 hasta 2010. En los últimos 20 años el crecimiento ha sido del 5% anual y en el 2010 la producción fue del 265 millones de toneladas.^[1]

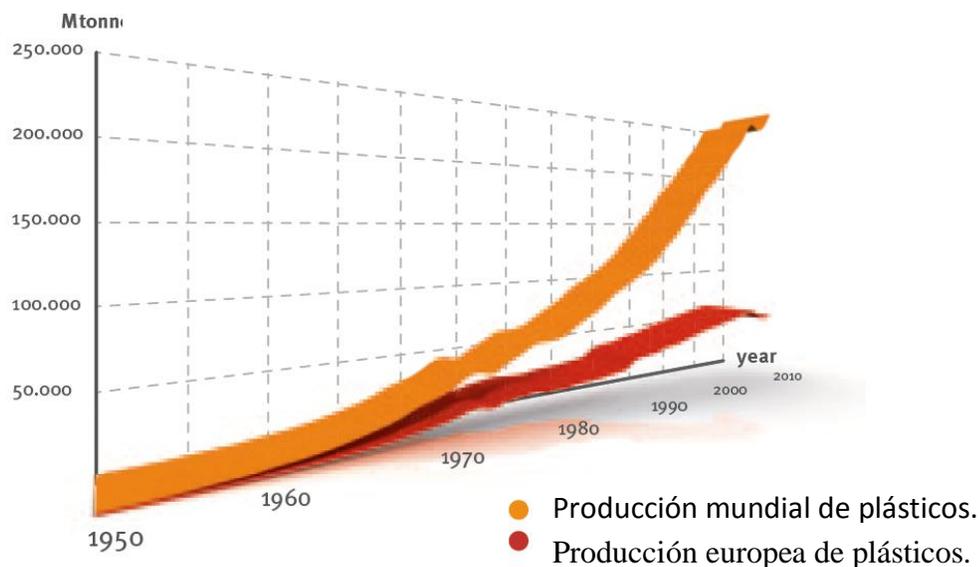


Figura 1. Producción mundial de plástico 1950 - 2010 (PEMRG, PlasticsEurope Market Research Group)^[1]

Las propiedades de los plásticos son tan versátiles y su costo tan bajo que se utilizan para reemplazar muchos materiales como vidrio o metales y además constantemente se buscan nuevas aplicaciones. Su baja densidad, resistencia mecánica, fácil procesabilidad, inocuidad y la capacidad de combinar propiedades los hacen ser ideales para una gran gama de usos. En la Figura 2 se observa una distribución de sus principales aplicaciones en Europa.

Distribución de demanda (46.400 TON)

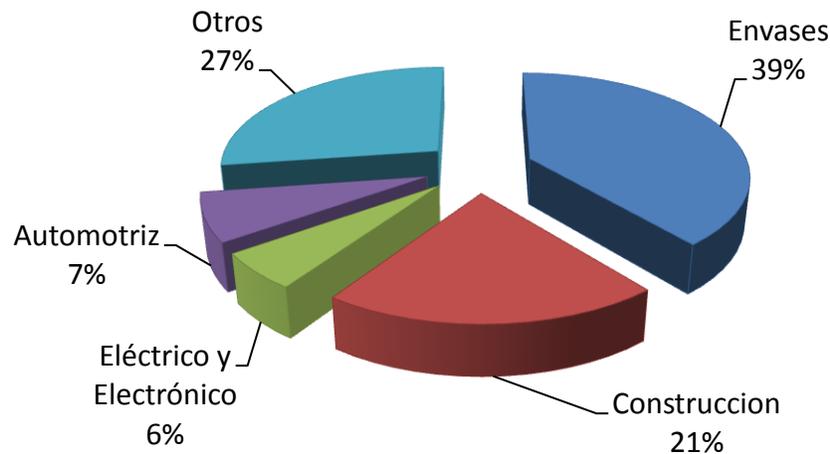


Figura 2. Demanda europea de plásticos por segmento en el 2010. (PEMRG)^[1]

Se observa que los envases representan el mayor nicho de consumo de plásticos en Europa. Esto se debe a que los envases ayudan a aumentar la vida útil de los productos que almacenan, y dada su gran versatilidad se han utilizado para empaquetar todo tipo de productos. En el caso de los envases para alimentos, se aumenta el tiempo en que el producto permanece en las condiciones que se almacenó, con lo que se disminuyen los desechos, las emisiones de CO₂ y contribuyen con el problema de la desnutrición en países subdesarrollados. En países desarrollados los alimentos que se pierden entre el agricultor y la tienda es de alrededor del 3%, mientras que en países del tercer mundo es del 50%, lo que tiene relación con la implementación de transporte y embalaje adecuados.^[1]

Es por este tipo de características que los plásticos han sido un aporte fundamental en el desarrollo de la humanidad. El problema es que ahora, después de un siglo, con un incesante crecimiento en el consumo de plásticos nos estamos dando cuenta de que generan desechos que se degradan en más de 100 años y que por lo tanto se acumulan durante este tiempo. Si se sigue con esta mentalidad y forma de uso de estos materiales, en el futuro no nos podremos hacer cargo de ellos. Además para su producción se utilizan recursos fósiles, los que son limitados y su precio depende del petróleo. Sin embargo por lo mencionado anteriormente, la solución no es dejar de utilizar plásticos ya que estaría produciendo un problema mayor.

Las acciones que se están tomando actualmente se basan en tomar conciencia de lo que ocurre y actuar responsablemente. La forma en que se ha desarrollado este tema está basado en tres conceptos. El primero es reducir, lo que está relacionado con disminuir la masa de plástico utilizado en aplicaciones ya existentes, por ejemplo hoy en día una botella pesa un tercio de lo que pesaba hace 40 años. Los otros dos conceptos son reutilizar y reciclar. En la Figura 3 se observa el destino de los desechos plásticos en Europa.^[2]

Destino de los desechos plásticos en Europa entre 2006 y 2010

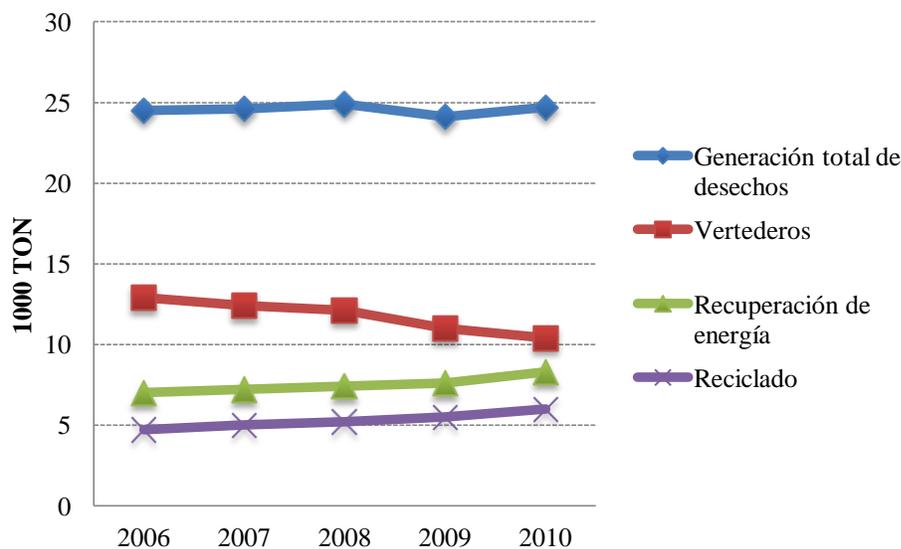


Figura 3. Desechos plásticos en Europa entre 2006 y 2010^[1]

La generación de residuos plásticos en Europa el 2010 es sólo el 53% de su demanda. Esto se explica por la duración a largo plazo que tienen algunos productos plásticos y el aumento de la demanda de los últimos años, sin embargo en algún momento se debería llegar a un equilibrio, lo que generaría un aumento de los residuos.

En la Figura 3 se observa que desde el 2009 una mayor proporción de los desechos plásticos se recupera o recicla que la que se va a vertederos. Sin embargo detrás de esto existe un gran esfuerzo. Primero que todo para reciclar se deben diseñar los productos especialmente ya que no se pueden mezclar distintos tipos de polímero, además después de su vida útil se deben separar y limpiar ya que no pueden quedar residuos como grasa o restos de comida. Por otro lado muchos plásticos no son económicamente rentables de reciclar y en estos casos se utiliza su recuperación energética, sin embargo esta aún no tiene buena aceptación pública y es poco eficiente.

A pesar de las mejoras que se observan en las tendencias es claro que el problema aún existe y es necesario seguir buscando alternativas que sean sustentables ya que no se puede depender sólo de la recuperación energética y el reciclaje. Al evaluar nuevas opciones se debe tomar en consideración el ciclo de vida completo, lo que implica buscar fuentes renovables, mínima contaminación en el proceso, mínimo consumo energético y un buen desempeño durante su vida útil además de controlar los desechos. En este contexto comenzaron a desarrollarse los bioplásticos (plásticos biodegradables y/o hechos en base a recursos renovables).

1.2 Los Bioplásticos

Ya hace bastante tiempo se estudian y producen bioplásticos pero sus propiedades han mejorado con el desarrollo de la tecnología para poder reemplazar lo plásticos actuales. Hoy en día existen varias alternativas en el comercio que tienen como característica ser biodegradables y/o estar hechos a partir de recursos renovables. Se pueden procesar con la tecnología que existe en las industrias convertidoras de plásticos comunes ajustando los parámetros de proceso a las necesidades de cada material.

La desventaja que tienen es que son aproximadamente 3 veces más caros que los plásticos convencionales. Sin embargo esto depende fuertemente del mercado, luego si se genera la demanda, por economías de escala e inversiones para desarrollo de tecnología, se puede lograr disminuir la brecha económica. Por otro lado los plásticos convencionales, al ser elaborados a partir de subproductos del petróleo, dependen de su precio el cual es inestable y puede aumentar drásticamente en el futuro al ser un recurso limitado. Por último las políticas gubernamentales son indispensables para poder abrir el mercado de los bioplásticos.

En la Figura 4 se observa la capacidad de producción mundial de bioplásticos desde el año 2008 y proyectado hasta el año 2015.

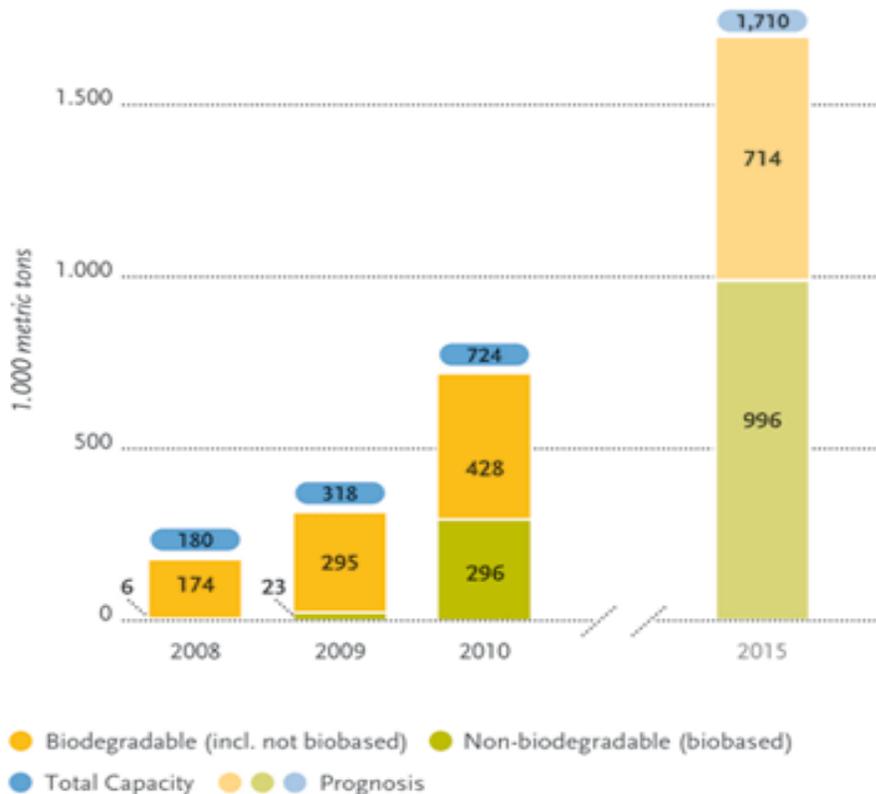


Figura 4. Capacidad de producción mundial de bioplásticos 2008-2010 y proyección 2015^[2]

Por un tema de capacidad y tecnología es inviable reemplazar en su totalidad a los plásticos convencionales por bioplásticos, pero se estima que se podrían sustituir hasta un 12% en peso, dadas las condiciones de precio y calidad actuales. Hoy en día lo que se hace también es reemplazar un porcentaje de algunos productos que antes se fabricaban en un 100% en base a petróleo y ahora se utiliza un porcentaje de materiales renovables. También lo que se hace es utilizar como base un material renovable y para mejorar sus propiedades se utilizan aditivos convencionales.^[3]

Los Bioplásticos son un mercado alternativo a los plásticos que está comenzando a tomar fuerza pero requiere de que tanto de las empresas como los consumidores tomen conciencia de que son necesarios. De esta forma el mercado crece, en consecuencia disminuyen los costos de producción y mejora la tecnología lo que finalmente ayuda a disminuir los desechos y al desarrollo de una vida sustentable.

Una forma de hacer esto, con un impacto significativo, es desarrollando envases para alimentos que cumplan con todas las características necesarias para que puedan utilizarse efectivamente pero hechos en base a plásticos biodegradables.

2. ANTECEDENTES

2.1 Los envases plástico flexibles

Existen muchas definiciones de envase dependiendo de a qué le dan énfasis. Según la norma Chilena Nch746.n72 un envase es un “Recipiente, vasija u otro objeto hueco destinado a contener productos para facilitar su comercialización, conservación, transporte, almacenamiento, etc.”^[7]

En general la definición de envase se enfoca a las diferentes funciones básicas que deben cumplir por lo que para hacer un envase se deben tener claros los siguientes objetivos^[8]:

Contener el producto, por lo que el envase depende de la forma física y la naturaleza del producto.

Proteger frente a posibles daños debido a fuerzas del exterior generadas en la distribución del mismo.

Preservar o prevenir cambios químicos como la oxidación y biológicos como el crecimiento de microorganismos.

Informar sobre el producto, requerimientos legales como la tabla nutricional, los ingredientes o precauciones sobre su consumo.

Facilitar transporte tanto para los consumidores como para los distribuidores.

Presentación, el tipo de material, la forma, el tamaño, el color, la publicidad etc.

Comunicación de la Marca utilizando tipografía, simbolismo, ilustraciones y color para crear un impacto visual.

Promover en las ventas, informando sobre productos nuevos, productos extra gratis, ofertas, etc.

Economía, disminuir costos haciendo más eficaces algunos procesos como la distribución, la producción o el almacenamiento.

Responsabilidad medioambiental, en la fabricación, el uso, la reutilización o reciclado y al final de su vida útil.

En particular para el diseño de envases para alimentos se debe tener en consideración la vida útil del producto, la conservación de las características del alimento que el consumidor percibe como el color, aroma y sabor y fundamentalmente la higiene y la no toxicidad.

Los plásticos han ganado popularidad en el rubro de los envases desplazando al papel, la madera o los metales debido a su fácil procesabilidad, propiedades y precio. Dentro de los plásticos que más se utilizan, el polietileno (PE) corresponde al mayor porcentaje con un 56% en peso en el mercado europeo, luego están el polipropileno (PP), polietilentereftalato (PET) y poliestireno (PS). Estos se utilizan ya que son más económicos y tienen propiedades específicas que son útiles para muchos usos. Sin embargo, en particular en el rubro de los alimentos, existen productos que requieren de propiedades que estos materiales no cumplen. Para esto se combinan distintos tipos de polímeros obteniendo materiales con propiedades específicas de diseño. Estas combinaciones se pueden hacer mediante co-extrusión, mezclas, laminaciones o recubrimientos.^[8]

La coextrusión es un proceso en el cual se combinan capas de dos o más materiales plásticos fundiéndose simultáneamente en extrusores separados y adhiriéndose en la salida. Por otro lado las mezclas consisten en juntar los pellets de distintas resinas en cierta proporción antes de la extrusión. La laminación es el proceso en el cual se combinan dos o más capas de plástico utilizando adhesivo. Y por último el recubrimiento se puede llevar a cabo a través de varios procesos, por ejemplo por deposición al vacío, deposición con solventes, deposición acuosa o en la extrusión. Las laminaciones y los recubrimientos se pueden hacer con materiales no plásticos como papel o aluminio.^[10]

Los envases plásticos flexibles son aquellos que no son rígidos y se fabrican utilizando films. Los films son polímeros termoplásticos extruidos y moldeados en forma de delgadas láminas con espesores entre los 10 y los 100 micrones. Estos films tienen un ancho definido y son muy largos por lo que se trabajan en bobinas que son cilindros de film enrollado. Además estos pueden ser de un solo polímero o de varios combinados.

Las propiedades más comunes que describen un film para envase, y que son generalmente requeridas por los clientes son las que se muestran en la siguiente tabla. Según los valores de estas propiedades se eligen los materiales para un uso en particular, ya que dependiendo del producto que se quiera envasar se deben cumplir distintos estándares de calidad.

Tabla 1. Algunas Propiedades relevantes de los films para envases y métodos estándar de medición (Elaboración propia).

Propiedad	Método	Unidades
Espesor		μm
Rendimiento	DIN 53352	m ² /kg
Resistencia a la tracción (MD / TD)	DIN 53455	N/mm ²
Elongación al punto de corte (MD / TD)	DIN 53455	%
Coefficiente de fricción (COF)	ASTM D1894	
Rango de sello recomendado		°C
Fuerza de sellado		grf/15mm
Brillo 45°	ASTM D 2457	%
Opacidad	ASTM D 1003	%
Tensión superficial	ASTM 2578	Dinas/cm
Permeabilidad al oxígeno	ASTMD3965	cc/m ² *día
Permeabilidad al vapor de agua	ASTMF1249	g/m ² *día

Además el envase final debe cumplir con mínimas fuerzas de laminación y que no ocurra migración de solvente o monómeros ya que pueden ser dañinos para la salud^[9].

Para obtener las propiedades finales deseadas en la industria de los envases plásticos flexibles se utiliza la técnica de la laminación. Se hacen por lo general films de 1, 2 o 3 láminas, los que se llaman monolamina, bilamina o trilamina. Cada lámina cumple con una función en particular, por ejemplo es usual contar con una capa de sello la cual va por la cara interna y sirve para poder cerrar en envase herméticamente, tiene como característica fundir a baja temperatura. Esta capa generalmente es de espesor cercano a los 100 [μm] y es de PP o PE. Luego se cuenta con una capa barrera a gases y/o al vapor de agua que por lo general es metalizada o tiene algún recubrimiento especialmente diseñado para mejorar esta propiedad. Esta capa no siempre es necesaria, depende del producto que se esté envasando. Por último se tiene una capa con buenas propiedades ópticas y buena humectación para la impresión, esta es la capa externa. Otra ventaja de usar films de varias láminas es que la impresión no quede por superficie, ya que de esta forma se daña fácilmente. Además se tiene la función de aislar mejor los alimentos, por ejemplo la cara recubierta de los films metalizados no puede estar en contacto con el alimento.

Por último, para mejorar algunas propiedades en el proceso de extrusión se agregan aditivos. Hoy en día prácticamente no existen polímeros extruidos sin aditivos. Los más comúnmente usados son antiblocking, antiestático, antioxidantes, colorantes, lubricantes, estabilizadores, de relleno y de reforzamiento.^[11]

2.2 Etapas del proceso productivo y sus variables

La elaboración de un envase plástico flexible consiste en 5 etapas, las que se exponen en el diagrama de bloques de la Figura 5.

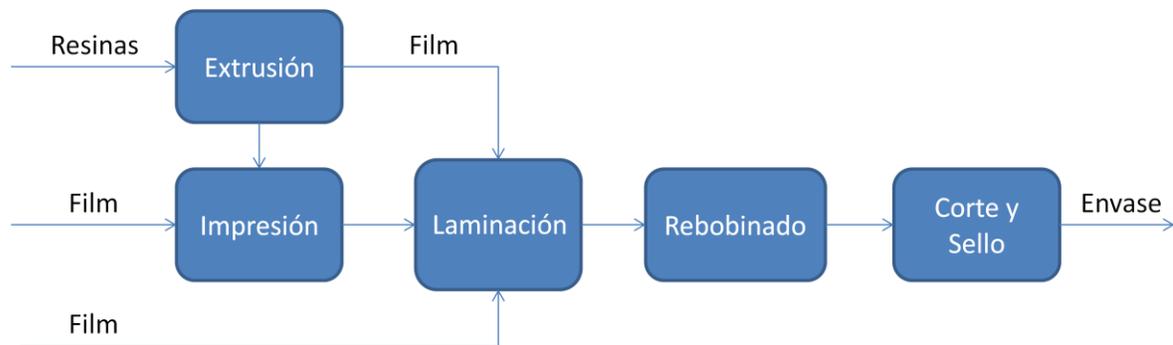


Figura 5. Diagrama de bloques del proceso productivo de los envases plásticos flexibles. (Elaboración propia)

Las materias primas principales son las resinas y los films, las primeras deben pasar por el proceso de extrusión que es dónde se transforman en films para poder utilizarse. Luego si se quiere un envase con un diseño se debe pasar por la impresión. Después de esto se hace la laminación que puede ser en varias etapas, por ejemplo si se va a elaborar un envase con un film trilamina se requieren dos etapas de laminación. El rebobinado es una etapa que tiene como principal motivo acondicionar la bobina para el corte y sello, esto se hace dimensionando la bobina e invirtiendo su sentido de giro. Por último el corte y sello es el proceso mediante el cual se transforma la bobina en envases.

2.2.1 Extrusión

La extrusión en términos generales es el proceso continuo por el cual se le da la forma a productos como hojas, cables o tubos entre otros. En el caso de los envases flexibles la extrusión es el proceso físico por el cual se transforma la resina de plástico en film. Durante este proceso se está continuamente calentando y mezclando el material alimentado en un tornillo sinfín. Esto genera una mezcla homogénea que luego se enfría y se le da la forma deseada^[12].

El corazón de las extrusoras, es decir su parte principal, es el extrusor o el tornillo sinfín. Este está presente en todos los tipos de extrusión y lo que cambia es la salida o boquilla. Tienen sistemas de calentamiento generalmente eléctricos, se mueven con motores y tienen una tolva de alimentación que se llena manualmente. En la Figura 6 se observa un esquema del tornillo que se divide en varias zonas. Existen varios tipos de tornillos, este es de tipo universal y es el que normalmente se utiliza. Las distintas zonas tienen sistemas de calentamiento independientes ya que, dependiendo de cuál sea su objetivo, las temperaturas de operación óptimas pueden diferir, por lo que se tiene un perfil de temperaturas.

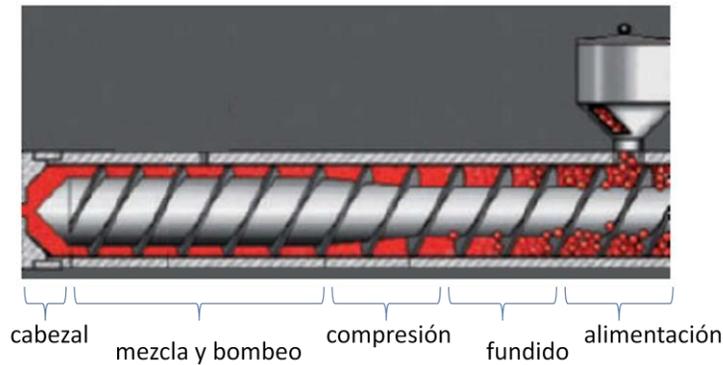


Figura 6. Esquema tornillo extrusora con sus principales zonas funcionales. [12]

Para darle la forma al film se tienen dos mecanismos que son los más utilizados, el de burbuja y el tipo Cast (Imagen 1).



Imagen 1. Extrusora de tipo burbuja (izquierda) y de tipo Cast (derecha).

El tipo Cast utiliza una boquilla plana que distribuye una capa delgada de resina a lo ancho del equipo. En este trabajo se va a utilizar y estudiar una extrusora de burbuja, ésta forma la capa delgada del film soplando aire por un cilindro de resina haciendo que se expanda tal como una burbuja. Las propiedades finales del film van a depender si se miden en dirección máquina (MD) o en dirección transversal (TD) ya que la orientación molecular es distinta. También pueden cambiar las propiedades entre la parte externa e interna de la burbuja. Un esquema del equipo se muestra en la Figura 7.

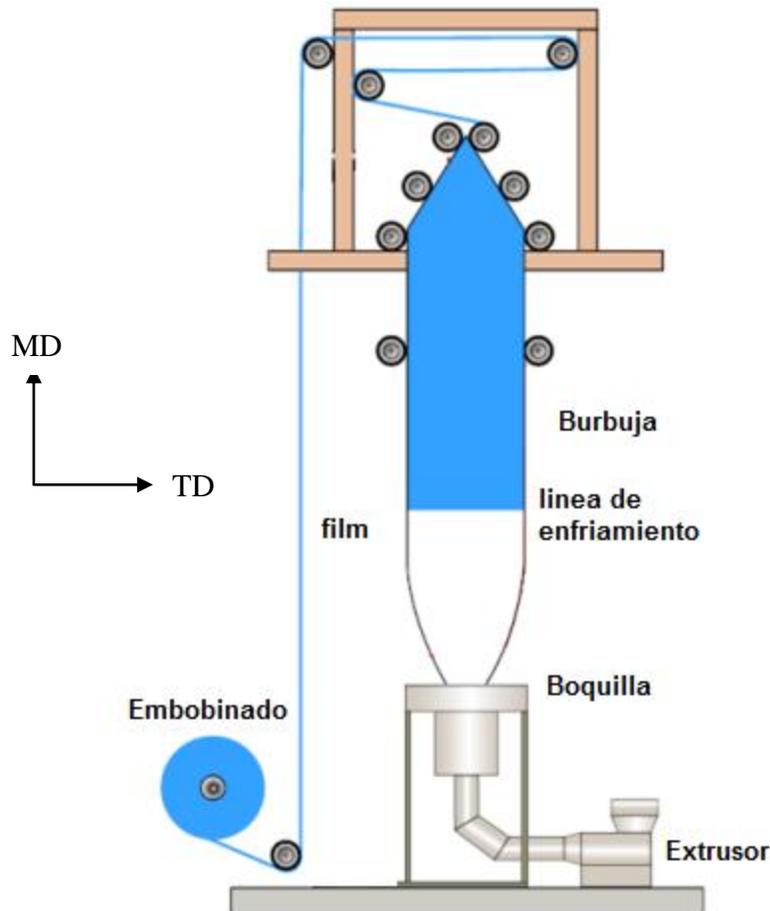


Figura 7. Esquema de extrusora de Burbuja.^[12]

En este esquema se observa la línea de enfriamiento que es donde el polímero solidifica y también se ve cómo mediante unos rodillos la burbuja se cierra para poder formar la bobina.

El equipo con el que se va a trabajar es similar al de la Figura pero la diferencia es que se trata de una coextrusora de tres tornillos. Esto implica que tiene tres extrusores paralelos los que se juntan en la boquilla y generan un film de tres capas. Esta extrusora fue diseñada para fabricar coextrusiones de PE con PA más una capa intermedia de adhesivo ya que ambos polímeros son incompatibles. Debido a esto el tornillo central es de diámetro menor que el interno y el externo.

Otras observaciones sobre el equipo son que la alimentación es manual, el aire de enfriamiento no se puede acondicionar, el diámetro del cabezal es fijo y que no se cuenta con información técnica del equipo como diámetro y largo de los tornillos ya que es un equipo antiguo.

Las principales variables que se controlan en este proceso se explican a continuación:

Ancho film ^[12]

En las extrusoras de burbuja se pueden obtener dos tipos de productos, mangas y láminas. Como el film se genera mediante una burbuja, si después de la extrusión no se abre con cuchillos, el resultado es una manga. Sin embargo como lo que se quiere obtener es un film en forma de lámina es necesario pasar por una etapa de corte. En esta etapa se le puede dar el ancho al film teniendo como máximo la mitad del perímetro de la burbuja.

Por otro lado el ancho del film se define según dos criterios, el diseño del envase y los requerimientos técnicos de los equipos.

Temperatura de extrusión

La extrusora cuenta con tres tornillos y cada tornillo con 5 zonas de intercambio de calor, la alimentación, tres intermedias y una de salida. Se utiliza un gradiente de temperatura ascendente para obtener una mezcla más uniforme y para generar presión en la salida, a pesar de que el tornillo está diseñado para este efecto.

El perfil de temperaturas que se utiliza depende de las propiedades del polímero que se está procesando, índice de fluidez, temperatura de ablandamiento, de fusión y de degradación. Sin embargo no existe una regla establecida para determinar la temperatura óptima de extrusión ya que depende también de cada equipo, las propiedades sólo indican un rango de trabajo. Lo que se hace es probar en máquina cuál es el mejor perfil de temperaturas de a cuerdo a las variables que modifica de la sección anterior.

RPM de cada tornillo

El flujo de salida de cada tornillo se ajusta mediante las RPM, la relación entre estas variables está dada por las dimensiones de cada tornillo y por las propiedades del polímero. Para obtener un flujo deseado no existe actualmente una relación conocida entre las RPM y el flujo de salida para distintos polímeros. La única forma de obtener las características deseadas es con el conocimiento que tienen los operadores de la extrusora. Los equipos más modernos están programados para ajustar los espesores de cada capa automáticamente.

Velocidad de salida del film

La velocidad de salida de la manga depende de las revoluciones por minuto con que gira el embobinado. Por un tema de productividad del equipo esta velocidad se intenta usar lo más alta posible. Pero además es una de las variables que determina el espesor por lo que se debe coordinar con las RPM de los tornillos de a cuerdo a las especificaciones del producto.

Aditivos en cada capa^[23]

Los aditivos están compuestos por un porcentaje definido de componente activo y una base de polímero encargado del transporte de éste. El polímero base debe ser compatible con el que se quiere extruir.

Para el caso de los aditivos Slip, utilizado para disminuir el coeficiente de fricción, los componentes activos que más se utilizan por ser eficientes y estar aprobados para el uso con alimentos son amidas de ácidos grasos (oleamida, erucamida y stearamida). La cantidad de aditivo se mide en ppm y lo usual es obtener un producto con entre 300 y 700 ppm. El uso excesivo de slip disminuye la fuerza de adhesión en la laminación con otros films ya que interactúa con el adhesivo e impide su adsorción.

Las fórmulas químicas de las amidas de ácidos grasos utilizadas como aditivo slip se observan en la siguiente Figura.

Oleamida	$CH_3(CH_2)7 - CH = CH - (CH_2)7 - CONH_2$
Erucamida	$CH_3(CH_2)7 - CH = CH - (CH_2)11 - CONH_2$
Stearamida	$CH_3(CH_2)14 - 16 - CONH_2$

Figura 8. Fórmulas químicas de aditivos slip más utilizados.

Estos agentes están diseñados para ser miscibles en el polímero cuándo éste está fundido, pero al cristalizar el aditivo se separa. Las amidas están compuestas por un grupo polar ($CONH_2$), el que migra a la superficie del film, mientras que el extremo compuesto por cadenas de hidrocarburos se proyecta hacia afuera, esto previene el contacto directo entre las caras del film disminuyendo la fricción. Además contienen un enlace cis-doble que previene que se cristalicen.

Como el proceso de migración no es instantáneo se observa una disminución del coeficiente de fricción (COF) en el tiempo, lo que depende del tipo de matriz y el tipo de aditivo. Además casi todo el aditivo tiende a migrar a la superficie, luego si se aumenta el espesor del film con la misma concentración de aditivo por gramo, el resultado será un film de menor COF ya que tendrá más amidas por área. Cuando se llega al punto en el cual el área superficial ya está cubierta completamente, aunque se siga aumentando la concentración de aditivo no disminuirá más el COF.

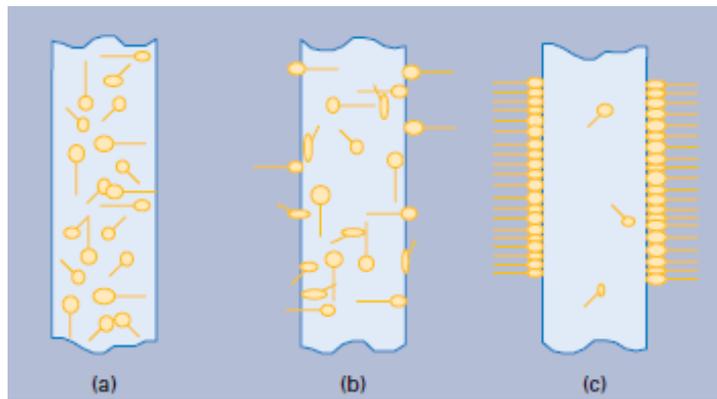


Figura 9. Esquema de la migración de los aditivos slip hacia la superficie.(a) aditivo en polímero fundido;(b)migración después de la solidificación;(c)equilibrio después del tiempo [23]

En el caso de los aditivos antiblock se utiliza como componente activo un compuesto inorgánico, no reactivo como talco o silica. Los niveles que se utilizan en general son mayores que los de slip, hasta 10.000 ppm. El boqueo está relacionado con los polímeros de bajo peso molecular que se encuentran en la superficie del film. Estas moléculas tienen bajo punto de cristalización y son forzados a salir de las regiones cristalinas durante la solidificación generando superficies muy lisas. Estas superficies causan una alta adhesión entre las caras del film. Los aditivos antiblock sobresalen de la superficie del film inmediatamente después de la solidificación creando aspereza que disminuye el contacto entre las caras del film reduciendo el bloqueo. A diferencia de los aditivos slip estas partículas están dispersas en la matriz polimérica y no migran a la superficie.

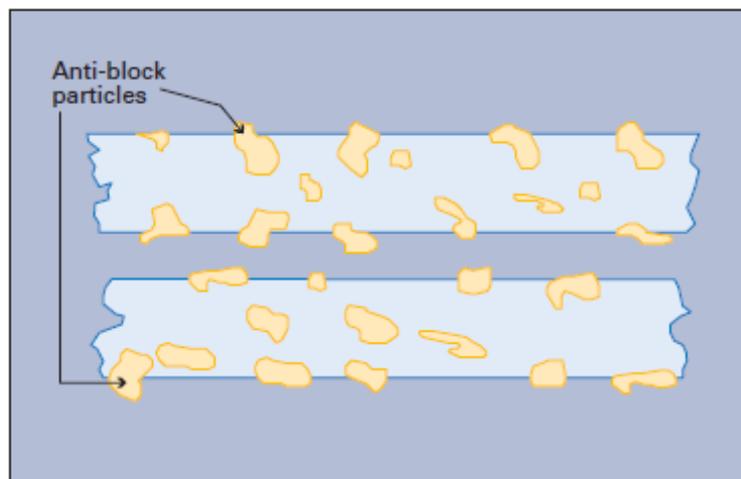


Figura 10. Partículas de aditivo antiblock aleatoriamente dispersas en una matriz de PE.

Flujo de aire de enfriamiento.

El flujo de aire determina, junto con otras variables, la velocidad de solidificación del polímero. Si es más rápido se forman varios núcleos que potencialmente serán un cristal, pero como se enfría a alta velocidad estas zonas cristalinas no logran crecer mucho. Mientras que si se

enfría más lento, aparecen menos núcleos pero los cristales que se forman son de mayor tamaño. Se habla de mayor cristalinidad cuando se está más cercano al segundo caso.

La temperatura del aire de enfriamiento no se puede regular, y sólo depende de las condiciones climáticas, al aumentarlo se sube o baja la línea de enfriamiento.

También cambia el diámetro de la burbuja, que a la vez modifica el espesor y el ancho final.

Tratamiento corona ^[10]

El tratamiento corona se utiliza para aumentar la energía superficial de los films y así poder imprimirlos y laminarlos. Este tratamiento se realiza en línea en los equipos de extrusión, impresión o laminación cuando es necesario.

Este tratamiento consiste en una descarga eléctrica de alto voltaje la que oxida suavemente las moléculas de la superficie del film generando aldehídos y cetonas que aumentan la energía superficial.

Tratamientos similares se pueden realizar con otros mecanismos, pero que generan lo mismo en la superficie, estos tratamientos son con ozono o con chorros de gas.

Las propiedades que se miden para caracterizar los films extruidos y las condiciones que se pueden manipular para controlar estas propiedades se describen a continuación.

Tiempo y temperatura de secado

Por último en algunos casos puede ser que se requiera previamente a la extrusión un secado de las resinas. Se cuenta con un secador de temperatura variable y velocidad de aire fija. En caso de que exista una humedad mayor al 0,2% en peso en la resina biodegradable que se quiere extruir se deberá calcular el tiempo necesario de secado, manteniendo una temperatura que no degrade el polímero, pero que sea suficientemente alta como para reducir la humedad del polímero a lo requerido considerando la humedad relativa del aire.

Al igual que las condiciones de operación se describen a continuación las propiedades mediante las cuales se caracterizan los films de la extrusora

Propiedades mecánicas ^[12]

Las propiedades mecánicas que se miden son la elongación y tensión al punto de corte en el sentido máquina y en el sentido transversal. Estos valores dependen, además del tipo de polímero, de las condiciones de operación que tienen incidencia en cómo se ordenan las moléculas en el film. Mientras más ordenadas, es decir más cristalino, el film aumenta su tensión y disminuye su elongación.

Las moléculas se ordenan, después de fundidas, por dos factores principalmente la velocidad de enfriamiento y las tensiones que se le aplican.

La velocidad de enfriamiento depende del flujo y la temperatura del aire y es uniforme en ambas direcciones de la burbuja pero puede cambiar en el perímetro.

Las tensiones dependen de la geometría de la burbuja y para caracterizarla se definen tres razones, TUR que define el grado de estiramiento en el sentido TD, BUR que define la relación de soplado o grado de estiramiento en sentido MD y FR que es la razón entre TUR y BUR.

$$TUR = \frac{V_f}{V_m}$$

$$BUR = \frac{D_b}{D_d}$$

Donde V_f es la velocidad del film a la salida, V_m es la velocidad de salida del fundido, D_b es el diámetro de la burbuja y D_d es el diámetro de la boquilla o cabezal.

Modificando estas variables se pueden orientar las moléculas del film en una u otra dirección debido al estiramiento. Las moléculas orientadas mejoran la resistencia a la tracción en ese sentido, mientras que la elongación y la resistencia al rasgado disminuyen.

Lo que se desea, en cuanto a las propiedades mecánicas, es principalmente aumentar la resistencia a la tracción tanto en el sentido MD como TD, sin disminuir mucho la elongación, de manera homogénea creando un film isotrópico.

Bloqueo y COF^[23]

El bloqueo es la adhesión entre caras adyacentes del film y en particular después de la extrusión de globo, como se hace presión entre las láminas recién formadas, aumenta mucho. Esto dificulta el procesamiento del film.

El coeficiente de fricción o COF es la razón entre la fuerza de fricción y la fuerza perpendicular de dos superficies en contacto, y lo que representa es la resistencia relativa a la cual una superficie de deslizara en contacto con otra superficie o material. Mientras mayor es esta fuerza mayor es el COF.

El COF y el bloqueo aumentan con la temperatura de procesamiento, la presión de los cilindros, la baja densidad del polímero, el alto índice de fluidez, la electricidad estática, el espesor del film, la uniformidad de la superficie y el tratamiento corona.

Para controlar estas variables se agregan aditivos a la extrusión, slip para disminuir el coeficiente de fricción y antiblock para el bloqueo.

Tensión superficial (mojabilidad)^[8]

En el rubro se habla de tensión superficial pero en realidad lo que se quiere medir es la mojabilidad de las tintas o adhesivo sobre los films. Esto ocurre ya que la forma que tienen de medir si un film es apto para imprimirse o laminarse es mojándolo con líquidos de distintas tensiones superficiales y observando si se expande en la superficie.

La tensión superficial de un líquido es la energía necesaria para aumentar su superficie por unidad de área y depende sólo del líquido. La mojabilidad es la capacidad de un líquido para extenderse sobre un sólido y ésta depende de las fuerzas intermoleculares de ambas partes.

Para que los films plásticos se puedan imprimir y laminar requieren de una energía superficial capaz de vencer la tensión superficial de las tintas y adhesivos. De esta forma el líquido se expande sobre el film y se puede lograr una buena adhesión de la tinta o del adhesivo.

El PE y el PP tienen una energía superficial de 30 Din/cm y se requieren 38 Din/cm o más para que se puedan trabajar con tintas y adhesivos convencionales, por lo que es necesario hacerles un tratamiento para aumentarla. Otros polímeros como algunos nylon tienen entre 38 y 44 Din/cm, se dice que tienen tratamiento natural ya que no requieren de un tratamiento extra.

Propiedades de sello^[12]

Un buen sello es esencial para mantener la integridad y proteger el producto envasado. Por esto generalmente se agrega una capa especialmente diseñada para obtener un buen sello, de acuerdo a los requerimientos del producto envasado y de las condiciones de procesamiento.

En general se utiliza el sello térmico, en el cual se aplica energía suficiente para hacer que las capas de sello en contacto se fusionen formando un solo medio. El desempeño de este proceso depende del material, su espesor y de las condiciones de operación (temperatura, presión y tiempo).

Al aumentar el espesor, se requiere de más tiempo o temperatura para que se logre fundir la capa de sello y también se requiere de mayor tiempo de enfriamiento lo que tiene efectos perjudiciales para el sellado. También se requiere de más presión para generar un contacto íntimo entre las caras. Sin embargo si el espesor de la capa de sello aumenta al doble, la fuerza de sello también lo hace. Y por otro lado para hacer el procesamiento más eficiente se intenta disminuir la temperatura, el tiempo y el espesor.

Los materiales que se utilizan para sellar deben ser sensibles a la temperatura para que puedan fundirse a baja temperatura pero no se deben deformar mucho para obtener un sello de buen aspecto.

Propiedades ópticas ^[12]

Dentro de las propiedades ópticas se miden el brillo, la opacidad y la transparencia de acuerdo a normas, sin embargo en este trabajo se evaluarán las propiedades ópticas por inspección visual.

En general las propiedades mecánicas, en especial la transparencia, dependen del polímero y de su grado de cristalinidad, por lo que indirectamente están relacionados con las condiciones de operación que influyen en esta. Además el brillo está relacionado con la suavidad y la llanura del film.

En el caso de los films que tienen como objetivo ser capa de sello, en el caso de envases no transparentes no es muy relevante que sea opaco, sin embargo es importante la uniformidad. En envases transparentes es más relevante su aspecto.

Se describen como defectos ópticos los Geles u ojos de pescado que son pequeños trozos duros de resina encapsulados o pegados a la superficie del film. Estos se ocasionan por varias razones, pueden ser resinas no fundidas, basuras, polímero degradado por altas temperaturas o por estancamiento o zonas de moléculas de peso molecular muy alto entrecruzadas. En general se ven como material no fundido pero en realidad se trata de polímeros degradados.

Estos puntos son acumuladores de stress y generan debilidad en el film que influyen en sus propiedades mecánicas además de ser indeseados visualmente.

Su origen puede ser de la resina original, pero generalmente se forman en la extrusión y no necesariamente por un sobrecalentamiento sino por tiempo de residencia y energía mecánica excesivos.

Otro defecto estético es la piel de tiburón o piel de naranja que consiste en asperezas que se forman en la superficie del film y se observan como líneas onduladas. Esto puede ser provocado por un exceso de esfuerzo de corte que se produce al salir el fundido por el cabezal lo que se puede mejorar aumentando la temperatura de la salida.

Espesor ^[12]

El espesor del film es uno de los parámetros que lo define ya que está directamente relacionado con casi todas sus propiedades y con el rendimiento que es el área por kilo, por lo que mientras mayor sea el rendimiento es más económico para el cliente.

El espesor depende de varios parámetros de la extrusión, entre ellos los que tienen mayor incidencia son las RPM de los tornillos y la velocidad de salida del film. Y en menor importancia depende de la velocidad de enfriamiento y del ancho de la burbuja.

Como se trata de una co extrusión de tres tornillos, el producto es un film de tres capas y se debe definir un espesor para cada capa considerando que sumen el valor total definido, las condiciones técnicas y las características específicas de cada capa.

Un problema común que ocurre en las extrusiones de globo es la variación de el flujo másico de salida y en consecuencia la variación en los espesores. Esto ocurre tanto en sentido máquina como en sentido transversal pero por distintas razones. En sentido máquina ocurre por inestabilidades en la alimentación, en el proceso de fundición, en la geometría de la burbuja (diámetro de burbuja o altura línea de enfriamiento) o cambios en la temperatura de extrusión. En el sentido transversal ocurren variaciones en el espesor por un cabezal o un anillo de enfriamiento no centrado o por inestabilidades de la burbuja. También suelen aparecer líneas de mayor o menor espesor que salen continuamente por la misma parte del cabezal que son causadas por una boquilla sucia o dañada.

2.2.2 Impresión

En la impresión de films plásticos se utilizan principalmente dos técnicas, el huecograbado y la flexografía. El huecograbado es más antiguo y tenía mejor calidad de impresión que la flexografía pero con el avance de la tecnología esta diferencia ya no existe. La impresión flexográfica se ha vuelto popular ya que generar una imagen con esta tecnología es mucho más económico y más rápido que en huecograbado, pero por otro lado este último tiene mayor duración, es decir se puede utilizar para imprimir mayor cantidad de metros de film antes de dañarse. El mercado de los envases plásticos flexibles es hoy en día un commodity, con gran variedad de productos y con diseños que se cambian con mucha frecuencia, por lo que ambas tecnologías son de utilidad dependiendo del producto.

En HYC se utiliza la impresión flexográfica, esta consiste en adherir o estampar la tinta en la superficie del film utilizando cilindros cubiertos con una lámina de plástica llamada clisé. Su función es tomar la tinta y transferirla al film estampando el diseño deseado. Los clisés pasan por un proceso fotoquímico en el cual se generan relieves que definen las figuras a imprimir. Se utiliza un cilindro para cada color los que se instalan en línea en la impresora.^[13]

En este momento HYC cuenta con 5 impresoras, todas flexográficas. Una está diseñada para imprimir por superficie, es decir que la tinta queda expuesta, y las otras 4 están diseñadas para imprimir por reverso en las cuales la impresión queda protegida.

Las variables que se pueden controlar para obtener el resultado deseado son las siguientes:

Cantidad de colores

Una de las restricciones técnicas de la impresión es el número de colores que se quiere utilizar, se tiene una impresora con 8 colores más un barniz, otras 3 de 6 colores y una de 4 (la de superficie). Por ejemplo para imprimir una fotografía se utiliza la cuatricromía (cian, magenta, amarillo y negro) más un fondo blanco, es decir 5 colores.

Dimensiones del diseño

Otra restricción técnica es con respecto a las dimensiones del diseño. Los clises o polímeros de impresión se montan en cilindros de tamaño estándar por lo que el diseño no puede tener cualquier medida. Usualmente cuando se tienen diseños de dimensiones menores a la mitad del clisé se montan las impresiones en dos bandas es decir que el diseño se repite hacia el lado. Lo otro que se hace es repetir el arte en un clisé haciendo que se imprima más de una vez el diseño por vuelta y por banda.

El gramaje

El gramaje de tinta utilizado es en este caso de gran importancia. Como se trata de un envase compostable y las tintas no están especialmente diseñadas para la biodegradación, la proporción de peso con respecto al peso del envase debe ser menor al 1%. Sin embargo los pigmentos utilizados son en gran porcentaje compuestos inorgánicos los que se consideran inertes y aptos para el compost, luego el porcentaje de tinta podría ser mayor al 1%. Además las tintas que se utilizan en envases para alimentos deben cumplir con la norma FDA la que, entre otras cosas, indica que no deben tener metales pesados. Controlar la cantidad de tinta es relativamente simple ya que sólo se debe hacer un diseño que no utilice toda el área superficial del envase. Además aunque no fuera necesario por el tema de las normas el utilizar menos área impresa da una imagen de mayor compromiso con el medio ambiente.

Tensión superficial

Como ya se mencionó antes, una de las variables que hay que controlar para tener un buen anclaje de la tinta es la mojabilidad del film. Si no se tiene la suficiente energía superficial se debe aplicar un tratamiento al film para aumentarla. Otras variables que influyen en el anclaje son el tipo de tinta y la temperatura de operación.

Tipo de tinta

Las tintas que se utilizan en la impresión flexográfica están diseñadas de acuerdo al polímero que se desea imprimir, por lo que se tienen distintos tipos de tinta y además se trabaja con varios proveedores. Como no se cuenta con tintas diseñadas especialmente para plásticos compostables se utilizan tintas convencionales y mediante pruebas de anclaje se define con cual se imprime.

Temperatura

En el proceso de impresión se aplica temperatura para evaporar el solvente y disminuir el tiempo de fragüe, por lo que se debe intentar utilizar la temperatura más alta que permitan que el material y la tinta no sean afectados.

2.2.3 Laminación

En la laminación se combinan dos o más films utilizando adhesivos, los cuales pueden ser en base agua, solvente o 100% sólidos. En la industria de los envases para alimentos se intenta evitar el uso de adhesivos en base solvente ya que es necesario controlar muy bien las concentraciones de sustancias tóxicas que quedan como remanente. Y con mayor razón en el caso de envases amigables con el medio ambiente. Pero por otro lado con estos adhesivos se obtienen buenos resultados cuando se quiere laminar materiales complicados como el aluminio.

En HYC se utilizan los base solvente para algunos envases pero para la mayoría se utilizan adhesivos sin solventes. En principio se decidió trabajar con adhesivo sin solventes ya que como solvente se utiliza acetato de etilo y este reacciona con el PLA por lo que no se podría laminar.

Los adhesivos sin solventes que se utilizan son reactivos bicomponentes que curan mediante una polimerización. Una ventaja de estos es que al pasar del estado líquido al sólido prácticamente no pierden masa ni volumen, lo que resulta en una adhesión fiable y de alto rendimiento. En particular para estos envases se utilizan poliuretanos ya que son flexibles, estos reaccionan por policondensación por lo que necesitan un tiempo de curado alto pero la reacción es lo suficientemente rápida como para que se puedan utilizar en procesos automatizados. ^[24]

Estos adhesivos se componen de una parte de isocianato y la otra de aminas o polioles. La ventaja de los adhesivos bicomponentes es que reaccionan en todo su volumen. Además estos adhesivos tienen tensiones superficiales muy altas por lo que se utilizan diluidos para crear el vínculo entre la superficie del sustrato y el adhesivo.

Las condiciones de operación que se controlan son las siguientes:

Gramaje

El gramaje es una de las variables que determina la fuerza de adhesión e influye en la apariencia final de la estructura laminada. Su valor varía dependiendo de los sustratos que se quiere unir, pero lo usual y recomendado es utilizar entre 1 y 3 g/m². Los adhesivos que se van a emplear no son compostables por lo que el gramaje es restringido, sin embargo como influye en variables mecánicas y ópticas relevantes es necesario estudiar y definir bien el gramaje a utilizar.

Tensión superficial

Al igual que para la impresión, se requiere cierta energía superficial en el film para obtener una buena mojabilidad del adhesivo, y en consecuencia una buena adhesión.

Temperatura

Tanto el cilindro de aplicación del adhesivo como los que hacen presión para juntar ambos sustratos tienen sistemas de control de temperatura. En estas laminaciones se trabaja a temperaturas cercanas a la ambiental ya que no es necesario evaporar solventes y la reacción se inicia espontáneamente.

Tipo de adhesivo según proveedor

HYC trabaja con dos proveedores de adhesivos sin solventes COIM group y Henkel. Ambos forman poliuretano pero las composiciones no son idénticas. Se pueden realizar pruebas previas a la producción para determinar qué adhesivo se comporta mejor.

Fragüe

Parte fundamental de la calidad de la laminación es la etapa de fragüe. En esta etapa el film se somete a condiciones de secado durante un cierto periodo que va desde las horas a los días. En esta el adhesivo solidifica y se obtiene una unión más fuerte. Durante este tiempo se aumenta la temperatura para acelerar la reacción de policondensación ^[14]

El tipo de adhesivo que se va a utilizar requiere, según proveedores, entre 7 y 10 días para obtener un máximo de fuerza de laminación. Pero para ser procesable en el rebobinado y el corte y sello se requieren entre 24 y 36 horas.

Mezcla de catalizador con adhesivo

La relación de mezcla entre ambas partes del adhesivo depende de la composición de cada uno de estos. Lo que se recomienda es utilizar para cada 100 partes de isocianato o adhesivo, 50 partes de hidroxilo o catalizador (anexo E).

Otras variables que influyen en el resultado de la laminación pero que no tienen directa relación con ella son la presencia de aditivos en especial de agentes slip, tintas de impresión, recubrimientos y pre tratamientos.

2.2.4 Rebobinado

En esta operación se le da la dimensión deseada a la bobina y se deja en las condiciones que requiere el equipo de corte y sello. Por ejemplo cuando el film está impreso en más de una banda se requiere separar la bobina dejando a lo ancho un solo diseño de envase. En esta etapa es donde se generan más pérdidas de material debido al margen que se deja en la bobina entre el diseño y el borde, a esta pérdida se le llama scrap y es por lo menos de 10 mm por lado. Sin embargo para obtener un buen envase es necesario dejar este margen.

A los polímeros extruidos en equipos de burbuja también hay que realizarles un rebobinado ya que lo que se obtiene de este proceso es una manga y lo que se necesita es un film por lo que se deben cortar los bordes o refilar.

Para poder realizar esta operación se requiere de un COF mínimo ya que si este es menor que la fuerza que hace el cuchillo el film se desliza y no se corta.

2.2.5 Corte y sello

Para proteger la integridad del producto envasado y asegurar su vida útil uno de los aspectos más importantes es que el sello sea seguro. Existen muchas formas de realizar esta etapa, la que se utiliza en HYC es el sello por temperatura. Esta consiste en juntar las dos caras sellables del film bajo presión a cierta temperatura, esto hace que las capas de sello se fundan uniéndose fuertemente. La fuerza del sello depende entre otras cosas del espesor de la lámina, y del tiempo que se aplique la presión^[15].

El corte se realiza simultáneamente con el sello, ambas operaciones se hacen en un mismo equipo, por esto se describen como un solo ítem. Esta etapa del proceso se realiza con sólo algunos productos ya que la mayoría se venden como bobinas y el corte sellado se hacen al momento de envasar el producto

Para el corte existen distintos tipos de cuchillos, en los equipos de HYC se tienen dos clases una que corta todo el ancho simultáneamente y otro en el que pasa un cuchillo cortando de un extremo al otro.

El sello por otro lado depende de tres variables que son dependientes entre ellas, estas son la temperatura, la presión y el tiempo. En general la presión es difícil de controlar ya que los equipos son antiguos y se ajusta mecánicamente por lo que se mantiene fija para un rango de espesores de trabajo. Por otro lado, como las otras variables son dependientes se puede mantener una fija y modificar la otra para obtener el mismo resultado. Entonces por ejemplo si se disminuye la velocidad de salida, que determina el tiempo de sellado, se puede aumentar la temperatura para obtener la misma fuerza de sellado.

Sin embargo tanto la temperatura como el tiempo de sellado tienen un rango de trabajo que se define para cada producto ya que su valor depende del tipo de polímero con el que se trabaja y de los espesores. Si la temperatura es muy baja no va a sellar aunque se mantenga por mucho tiempo y si es muy alta el material se puede deformar o quemar quedando como resultado un sello de mal aspecto. Por otro lado el tiempo no debe ser muy alto por un tema de eficiencia del equipo y tampoco muy bajo ya que el sello se puede deformar al no tener tiempo suficiente para enfriarse.

Finalmente lo que se hace es definir una velocidad de salida y ajustar la temperatura para obtener un buen sello. Esto es debido a que el rango de trabajo de la temperatura es más grande y por lo tanto se tiene más precisión.

2.3 Plásticos biodegradables

2.3.1 Clasificación

Lo que se busca en este proyecto es un envase compostable, para esto debe ser biodegradable pero no necesariamente hecho a partir de recursos renovables. Una clasificación de los polímeros biodegradables se observa en la Figura 11.^[6]

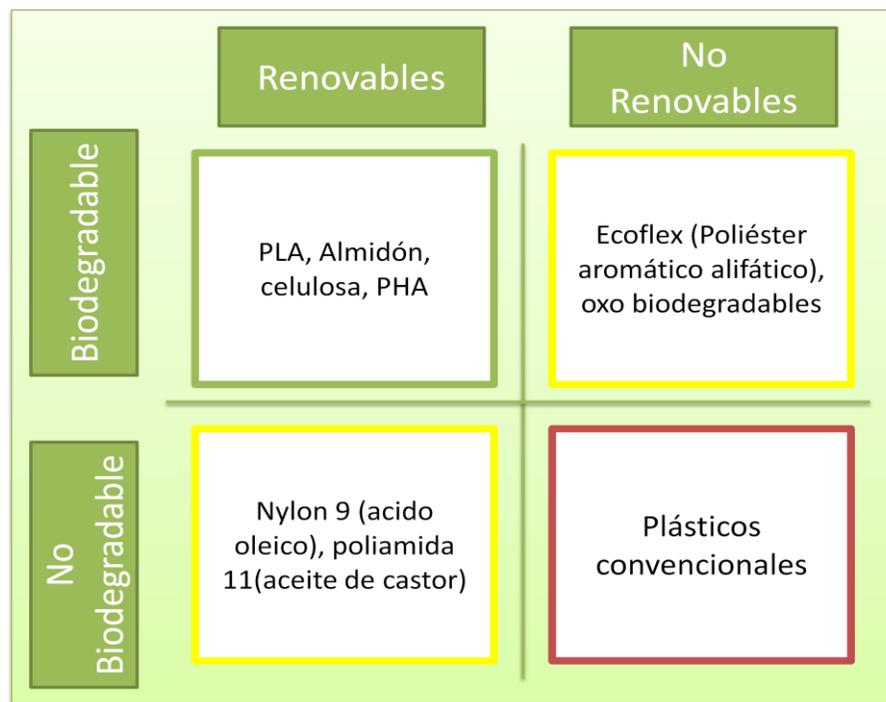


Figura 11. Clasificación de Bioplásticos con ejemplos (Elaboración propia).

Los polímeros de fuentes no renovables se hacen a partir de subproductos del petróleo y mediante modificaciones en las moléculas o agregando aditivos se vuelven biodegradables. Los polímeros de fuentes renovables y que a la vez son biodegradables son los que más se han

desarrollado últimamente y con los que idealmente habría que trabajar. Según su proveniencia se clasifican en tres tipos:

- 1.- Extraídos directamente de fuentes naturales como plantas o animales (ej. Proteínas, almidón, lignina)
- 2.- Sintetizados artificialmente pero que su monómero es de origen biológico y es renovable. (por ejemplo Ácido poliláctico o PLA)
- 3.- Producidos directamente por microorganismos o bacterias modificadas genéticamente.(ej. PHA)^[6]

2.3.2 Definiciones

Es importante tener claros los conceptos dentro del ámbito de los plásticos ecológicos ya que han surgido problemas debido al uso erróneo de algunos conceptos.^[16]

Plástico Biodegradable: Plásticos degradados por la acción natural de microorganismos como las bacterias, hongos o algas. (Definición de la American Society for Testing & Materials – ASTM)^[16]

Plásticos degradables: Plásticos diseñados para sufrir cambios considerables en su estructura química bajo condiciones específicas, teniendo como resultado la pérdida de algunas propiedades. (Definición de la American Society for Testing & Materials – ASTM)^[16]

Plásticos oxo-degradables: Plásticos fabricados con polímeros que desarrollan la descomposición mediante un proceso de etapas múltiples usando aditivos químicos para iniciar la degradación. En una primera etapa ocurre una degradación por oxidación reduciendo el peso molecular del polímero quedando un remanente susceptible a desarrollar un proceso de biodegradación.^[17]

Plástico Compostable: Plásticos que sufren degradación por procesos biológicos durante un compost generando CO₂, agua, compuestos inorgánicos y biomasa a una velocidad consistente con otros materiales compostables. Y sus residuos no son distinguibles, visibles o tóxicos. (Definición de la American Society for Testing & Materials – ASTM). En particular para cumplir con la norma ASTM D6400 se deben cumplir los siguientes puntos.^[16]

- Si se trata de un producto hecho con distintos materiales, cada uno que represente más del 1% en peso del envase debe cumplir los siguientes puntos.
- El 90% en peso del material se debe biodegradar transformándose en agua, CO₂, compuestos inorgánicos y biomasa en 6 meses como máximo.

- El 90% del material se debe desintegrar en 3 meses al punto de poder pasar por una malla de 2x2 mm².
- Los metales pesados no deben superar un cierto límite de composición en el compost final.
- La calidad del compost resultante no debe disminuir^[16]

2.3.3 Desarrollo de plásticos compostables en envases para alimentos.

Dentro de los materiales que se han desarrollado para el uso con alimentos han tomado fuerza los plásticos compostables y los elaborados a partir de recursos renovables. Estos desarrollos han logrado igualar en algunos casos las propiedades de materiales convencionales usados en el rubro de los envases. En general una de las más grandes diferencias está en la alta tasa de transferencia de vapor de agua de los materiales biodegradables, lo que está directamente relacionado con la capacidad de interactuar con los microorganismos. También se ha trabajado en mejorar las propiedades mecánicas y ópticas.^[18]

En esta sección se describen los materiales con los que se va a trabajar y también otras alternativas que se comercializan o están en desarrollo.

Materiales con los que se va a trabajar

Poliéster Alifático aromático:

Los poliésteres se llaman de esa manera por tener un grupo funcional Ester en su cadena, se utilizan en la producción de envases ya que se caracterizan por ser resistentes a la temperatura, tener buena resistencia mecánica y tener buena recepción a tintas y adhesivos, lo que se debe a que tienen mayor cantidad de radicales libres. El poliéster más popular utilizado en envases es el PET, sin embargo tanto sintéticos como en la naturaleza existen muchos otros.

En particular los alifáticos aromáticos son una combinación de poliésteres aromáticos , resistentes al ataque microbiano y con muy buenas propiedades, con monómeros de poliéster alifático biodegradable lo que lo hace ser susceptible a la degradación hidrolítica. Están hechos a partir de subproductos del petróleo pero cuestan el doble que los convencionales. Se comercializan bajo los nombres de Biomax de DuPont y Ecoflex de BASF.

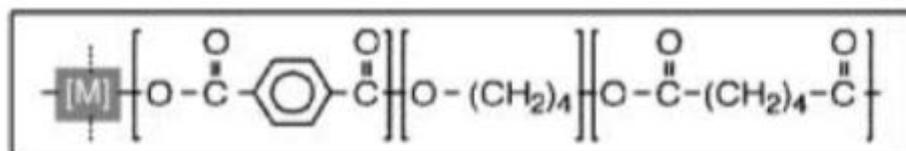


Figura 12. Formula desarrollada molecular de Ecoflex de BASF.^[19]

Ácido poliláctico (PLA):

El PLA es la alternativa ecológica al plástico más prometedora debido a sus buenas propiedades. Es un poliéster semicristalino termoplástico que se produce a partir del ácido láctico, el que se obtiene de la fermentación de materiales renovables como almidón o celulosa. Tiene propiedades mecánicas similares a las de plásticos convencionales, especialmente alto módulo de elasticidad y rigidez y buena capacidad de moldeo. Los monómeros de ácido láctico son quirales por lo que generan dos estereoisómeros, poli(levo-ácido láctico) o PLLA y poli(dextro-ácido láctico) o PDLA, ambos semicristalinos y con las mismas propiedades físicas y químicas. Estos generan tres tipos de PLAs, poli(D,L ácido láctico) y poli(meso ácido láctico), un polímero racémico obtenido de la mezcla equimolar de D y L ácido láctico, este es amorfo y tiene débiles propiedades mecánicas. Las secuencias de PLLA y PDLA tienen gran efecto en las propiedades mecánicas y térmicas.

La empresa que más produce actualmente este material y que provee a la mayoría de los que lo venden es Natureworks™.

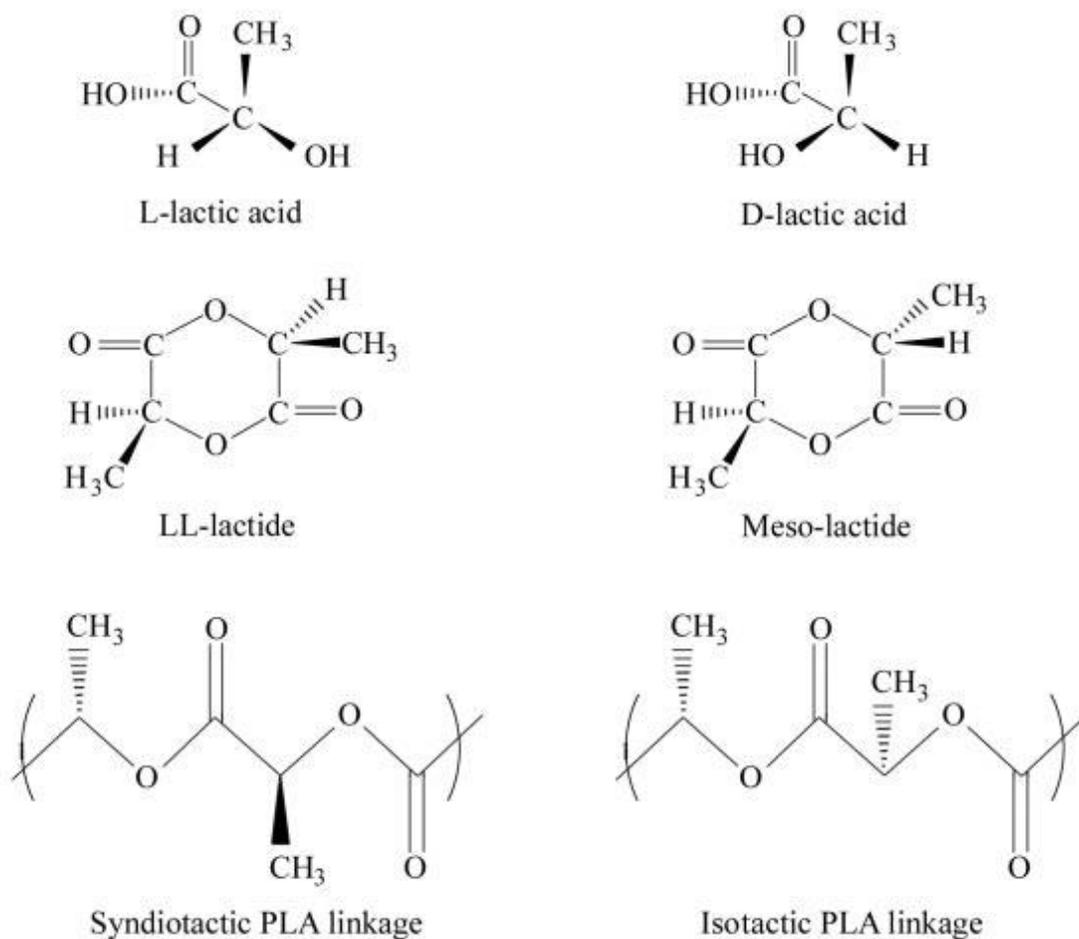


Figura 13. Fórmula molecular de ácido poliláctico.^[21]

Derivados de celulosa:

La celulosa es el polímero natural más abundante en la tierra y ,al igual que el almidón, se compone de monómeros de glucosa. Cada monómero se une mediante un enlace β -1,4 glicosídico lo que genera una cadena de uniones fuertes con enlaces de hidrógeno. Debido a su estructura altamente cristalina, su naturaleza hidrofílica, y su baja solubilidad no se utiliza en envases. La baja barrera al vapor de agua se debe a las cadenas laterales de hidroxilo las que también contribuyen en la rigidez y fragilidad del material.

Lo que se está haciendo es producir derivados de celulosa, entre ellos el más utilizado es el acetato de celulosa. Este es un termoplástico amorfo que se genera introduciendo un radical acetyl de ácido acético en la celulosa. Además se le agregan aditivos para disminuir la inflamabilidad y plastificantes para mejorar su procesabilidad. Este material es aislante térmico, tiene baja tendencia a cargas electrostáticas y buen aspecto, brillo y transparencia. El problema que ha tenido para usos con alimentos es que se produce hidrólisis generando ácido acético. Para generar barrera y evitar estos problemas se deben utilizar recubrimientos.^[20]

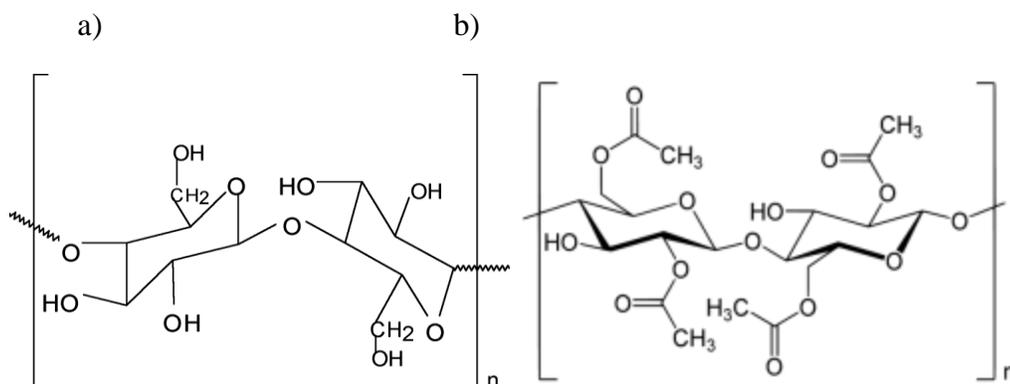


Figura 14. a) Estructura celulosa b) Estructura acetato de celulosa^[22]

Otros polímeros biodegradables

Almidón

En los últimos años ha dominado en el mercado de bioplásticos ya que es un material abundante y económico. Se obtiene principalmente del maíz, pero también se obtiene de papas, arroz y trigo entre otros. El almidón por sí sólo tiene muy poca resistencia por lo que se utiliza en mezclas o con aditivos. Esto genera materiales que pueden variar mucho sus propiedades. Se utiliza en combinaciones con polímeros convencionales en diferentes porcentajes, desde un 10% a un 90%. Si es mayor la 60% el consumo mediante acción microbiana acelera la fragmentación de la cadena polimérica. En general el almidón es de degradación muy rápida, desde 5 días en ambientes acuosos y 45 días en compost. Por lo mismo no se puede utilizar en aplicaciones que se requiera barrera al vapor de agua o con productos líquidos. Se han comercializado mezclas de LDPE con almidón bajo los nombres de Ecostar, Bioplast y NOVON.

También se utiliza como espuma reemplazando la de poliestireno, en bandejas o platos que luego se disuelven en 10 días. Se comercializa bajo los nombres de Biopur, Eco-Foam y Envirofill.

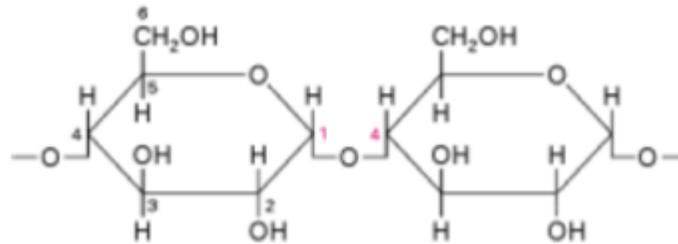


Figura 15. Estructura del almidón. Está formada por dos unidades de glucosa unidas por un enlace glicosidico α -1,4.^[20]

Policaprolactona(PCL):

Es un poliéster alifático lineal semi cristalino sintetizado por la polimerización de épsilon-caprolactona. El problema que tiene es que su punto de fusión es de 60°C aproximadamente por lo que no se puede utilizar en aplicaciones que impliquen altas temperaturas o exposición al sol. Se utiliza en mezclas con almidón generando un material económico que se emplea como bolsa de basura.

Polihidroxicanoatos (PHA):

Es de la familia de los biopolímeros intracelulares sintetizados por la acción de bacterias sobre azúcares y lípidos. Tienen excelentes propiedades para el uso en envases utilizándose sólo o en mezclas. Hoy en día muy caro ya que se produce en cantidades pequeñas. Se comercializa bajo el nombre de NodaxTM de Procter gamble.

2.4 HYC packaging

HYC packaging es una empresa dedicada a la fabricación de envases plásticos flexibles destinados principalmente a la industria de los alimentos. Se fabrican envases de alta calidad para abastecer tanto empresas nacionales como internacionales. Se fundó en 1974, pero en los 90 comenzó a dedicarse al rubro de los envases. Hoy en día trabajan más de 200 personas y produce 6.000 toneladas anuales lo que la sitúa en el tercer lugar dentro del rubro en Chile.

En Chile por otra parte, dadas las condiciones en que se sitúan los plásticos, se están desarrollando políticas para apoyar el uso sustentable de estos recursos. A nivel general de residuos sólidos se está trabajando en acciones e instrumentos para su manejo con un enfoque amigable con el medio ambiente. Estos son, entre otras, la creación de la Ley General de residuos o Ley 3R, que promueve la reducción, reutilización y el reciclaje. También se están elaborando reglamentos relacionados con la Responsabilidad extendida al productor (REP), para productos masivos como los envases. Estos reglamentos dicen que el productor se debe hacer cargo del destino y/o recuperación de los desechos que genera su producto después de cumplir con su vida útil.^[5]

Luego, bajo las tendencias tanto globales como nacionales, HYC tomó la decisión de incursionar en la conversión de materiales amigables con el medio ambiente. De esta forma poder darle a sus clientes la opción de invertir en envases sustentables y al mismo tiempo adquirir experiencia en el tema para tener una ventaja frente a los competidores para cuando se abra definitivamente este mercado en Chile.

3. OBJETIVOS

General

Evaluar alternativas de proceso que bajo las condiciones operacionales actuales de HYC packaging permitan desarrollar una línea de producción de envases plásticos a partir de materiales compostables.

Específicos

Desarrollar un envase para café y uno para frutos secos, definir las materias primas, la estructura y la formulación de los envases.

Estudiar las condiciones de operación de las etapas de producción que generen un envase que cumpla con los requerimientos de calidad mínimos de la empresa. Condiciones a estudiar:

Extrusión: Formulación y temperatura.
Impresión: Diseño, Tinta, temperatura.
Laminación: Adhesivo, gramaje.
Sellado: Temperatura, presión, tiempo.

Caracterizar los productos generados bajo distintas condiciones de operación para lograr el objetivo anterior.

Extrusión: COF, procesabilidad, propiedades mecánicas, capacidad de sello.
Impresión: Anclaje.
Laminación: Fuerza de laminación y aspecto.
Sellado: Fuerza de sello y aspecto.

Evaluar las propiedades de los productos finales: Propiedades mecánicas, fuerza de laminación y sellado, COF, tasa de transferencia de vapor de agua y de oxígeno.

4. ALCANCES

4.1 Definición de productos a desarrollar

Los productos a envasar fueron definidos por la empresa HYC packaging, estos son un envase para café en grano de 250 gr y un envase para frutos secos similar a envases de snack genéricos de contenidos de bajo peso (50 gr aproximadamente).

Primero que todo la búsqueda de materias primas se restringe a los proveedores de plásticos compostables ya vinculados a HYC por una razón de logística y de tiempo. Luego se analizan los materiales disponibles y se seleccionan los diseñados para laminaciones, se buscan capas de impresión, de sello y de barrera.

Para definir la estructura y la formulación se toman como modelo a imitar los envases convencionales que realiza HYC actualmente para los productos ya definidos. Para las estructuras de los envases es decir la forma tridimensional se utilizan los mismos planos y para la formulación se intentan mantener los espesores ya que estos dan una apariencia al envase que es valorada por los clientes.

Los envases convencionales también se utilizan para poner las restricciones de las propiedades mecánicas y fisicoquímicas que deben cumplir las materias primas compostables combinadas. Para esto se comparan las distintas opciones de formulación y se elijen las que cumplan mejor estas restricciones. Para calcular las propiedades de posibles combinaciones de materias primas compostables se utilizan las fórmulas expuestas en la Tabla 2.

Tabla 2. Fórmulas y reglas para el cálculo teórico de propiedades de films laminados con más de un material. ^[14]

Propiedad	Cálculo teórico
Tasa de transferencia de vapor de agua	$\frac{1}{WVTR_{12}} = \frac{1}{WVTR_1} + \frac{1}{WVTR_2}$
Tasa de transferencia de oxígeno	$\frac{1}{OTR_{12}} = \frac{1}{OTR_1} + \frac{1}{OTR_2}$
Resistencia a la tracción al punto de corte	Se considera la de mayor valor
Elongación al punto de corte	Se considera la de menor valor

Por último se busca trabajar con materiales de diversos orígenes para adquirir experiencia con distintos tipos de plásticos compostables.

4.2 Estudio de las condiciones de operación

4.2.1 Extrusión

Por lo explicado en secciones anteriores se debe verificar que la humedad del polímero compostable que se quiere extruir sea menor al 2%, en caso contrario es necesario realizar un secado.

Para estudiar las condiciones de operación se deben hacer pruebas industriales, esto es en general costoso, difícil de programar en una empresa que produce de manera semicontinua y además se requiere de grandes cantidades de material lo que tampoco es fácil de conseguir. Es por esto que se pueden hacer sólo dos pruebas industriales. Sin embargo como es un proceso continuo mientras que se está en la prueba se pueden modificar condiciones y ver su efecto analizando los productos que resultaron de ese momento. Pero por otro lado como lo que se quiere obtener es un producto utilizable, si la extrusión no está teniendo buenos resultados, se deben hacer los cambios necesarios en las variables de operación para obtener el producto deseado.

Dada esta situación se pretenden estudiar condiciones que se definen a priori y las que se deban modificar y puedan medir durante la prueba. Las primeras son las formulaciones de las distintas capas, estas se definen con las RPM de cada tornillo y con los porcentajes aditivos. Dentro de las que se podrían deber modificar están el perfil de temperaturas del tornillo y la altura de la línea de enfriamiento. Sin embargo esta última no se puede mover libremente ya que desestabiliza la burbuja.

Las variables como el ancho del film, el espesor total y el tratamiento corona dependen de los requerimientos del envase. Y la velocidad de salida está determinada por las RPM y el espesor total del film.

Finalmente lo que se va a estudiar son la temperatura y las formulaciones. La primera se modifica automáticamente poniendo la temperatura deseada en un tablero. La segunda tiene dos partes, el porcentaje de aditivo en cada capa, el cual se controla haciendo una mezcla especial para cada tornillo antes de la extrusión y el espesor de cada capa, el que se modifica con las RPM de cada tornillo.

La forma de medir las propiedades que caracterizan los productos dadas las condiciones que se quieren estudiar son las siguientes:

Espesor: Para su medición se utiliza un micrómetro. Se miden por lo menos 5 veces y se calcula un promedio. La variación máxima con respecto al valor teórico es del 6%.

Coefficiente de fricción: Se mide en un equipo llamado cofímetro, este mide la fuerza necesaria para deslizar una superficie del film contra otra y la divide por la fuerza perpendicular

que es igual al peso que se desliza. Este se mide al menos 3 veces si no difieren mucho entre sí los resultados, sino se repiten y luego se calcula un promedio. El rango de COF normal con el que se trabaja es entre 0,1 y 0,3. También se puede trabajar con valores de COF hasta 0,5 pero estos son materiales especiales que se califican como de alto COF.

Resistencia a la tracción y elongación: Estas se miden en un equipo llamado Instron. Se corta una probeta de film de dimensiones específicas (15 mm ancho) y se sujeta con pinzas a presión cada extremo a 10 cm de separación. El extremo inferior se mantiene estacionario mientras que el superior se eleva a velocidad constante mientras se mide la fuerza requerida para avanzar y la distancia entre los extremos. Cuando se corta la probeta se obtienen la resistencia a la tracción y la elongación en el punto de corte. En este informe cuando se habla de resistencia y elongación siempre se refiere a la medida en el punto de corte. Se miden al menos 3 veces y se calcula un promedio. Los valores esperados dependen de cada polímero.

Fuerza de laminación y de sellado: También se miden en el Instron, pero en este caso se toman dos extremos que están unidos bien por sello o por laminación. En el primer caso se toma la fuerza máxima a la cual el sello se rompe, y en el segundo caso se toma la fuerza máxima que mide el equipo mientras se separan los films laminados. Se miden al menos 2 veces y se promedian. Los valores esperados dependen de con qué polímeros se esté trabajando y a qué espesores, pero lo más común es esperar una fuerza de laminación mayor a los 250 [gr/25mm] y una fuerza de sello mayor a los 3.500 [gr/15mm].

4.2.2 Impresión

Primero que todo para realizar la impresión se debe desarrollar un diseño que represente un envase amigable con el medio ambiente, además entregar información sobre el envase y debe mostrar la calidad de impresión que se puede lograr en HYC.

Luego se debe definir con que tintas trabajar, en HYC se trabaja con tintas diseñadas especialmente para cada tipo de polímero, y en este caso se van a probar dos tipos, uno para poliéster y uno para polietileno. Las pruebas que se realizan consisten en depositar tinta en distintos gramajes sobre la superficie que se desea imprimir y luego se observa como se comportan, en particular se mide el anclaje.

Por último en el proceso en máquina se aumentará la temperatura de operación hasta encontrar una a la cual se tenga un buen anclaje partiendo desde los 120°C que es la temperatura convencional de trabajo.

El anclaje se mide utilizando la prueba del scotch, esta consiste en pegar una tira de scotch 3M sobre la cara impresa y luego se tira con aceleración. Si la tinta es removida y queda en la cinta adhesiva entonces se tiene un mal anclaje.

También es necesario medir la tensión superficial antes de imprimir para asegurarse de que la tinta tenga buena mojabilidad. Para que esto ocurra la energía superficial del film debe ser mayor a las 38 dynas. Para medir esto se utiliza un lápiz cuya tinta tiene una tensión superficial de 38 dynas, luego si este lápiz pinta es porque el film tiene una energía superficial mayor.

4.2.3 Laminación

Primero que todo se debe definir el tipo de adhesivo que se va a utilizar, para esto se hacen pruebas de remoción de tinta. Estas consisten en humedecer con la mezcla de adhesivo el extremo de un algodón y pasarlo sobre la cara impresa contra la cual se quiere laminar haciendo círculos un número de veces determinado. Esto se hace para todos los adhesivos y luego se selecciona el que ha removido menos tinta.

Luego se deben hacer pruebas de gramaje, estas se hacen en máquina y consisten en laminar a distintos gramajes la menor cantidad de metros que se pueda ya que no se tiene mucho material. Después de laminado se debe esperar hasta 7 días para medir la fuerza final de laminación y se elige el gramaje de menor valor que cumpla con los mínimos estándares de calidad.

Además de la fuerza de laminación es necesario medir la tensión superficial antes de laminar para asegurarse de la mojabilidad del adhesivo sobre el film.

4.2.4 Sellado

Las pruebas de sello, con las cuales se definen las condiciones de operación, consisten en fijar una fuerza y un tiempo estándar y sellar a distintas temperaturas en equipos de laboratorio. Luego se mide la fuerza de sello para cada temperatura y se hace una curva observándose en ella la temperatura a la cual la fuerza sube drásticamente.

4.3 Evaluación de las propiedades finales.

Finalmente se miden, mediante los métodos descritos anteriormente, las propiedades mecánicas, la fuerza de laminación y de sellado y el coeficiente de fricción del envase final. Además se envían muestras a un laboratorio externo para medir la tasa de transferencia de oxígeno y la de vapor de agua. Luego se hace una ficha técnica que describe las propiedades del producto.

Capítulo II: Resultados y Discusiones

5. DEFINICIÓN DE PRODUCTOS A DESARROLLAR.

5.1 Propiedades y características de los envases para café y para frutos secos.

El formato en que se comercializan el café y los frutos secos no es en general de muy grandes contenidos. Para el Café lo máximo que se utiliza en un envase son 1000gr y para los frutos secos alrededor de 500 gr. Además como se va a entrar a un mercado Premium los contenidos son menores aún. En este caso para el café se van a envasar 250 gr y los frutos secos entre 20 gr y 200 gr. Por esto no se espera que deban cumplir con propiedades mecánicas, térmicas o de barreras mayores a las utilizadas convencionalmente.

Las estructuras que se utilizan actualmente en HYC son las siguientes:

Tabla 3. Estructuras utilizadas actualmente en HYC para envases de café y de frutos secos

Envase	Composición actual tipo 1	Composición actual tipo 2
Café	PET 12 μ m/PETM 12 μ m/CPE 110 μ m	PET 12 μ m/OPPM 17 μ m/PPP 75 μ m
Frutos secos	OPP 30 μ m/OPPM 20 μ m	PET 12 μ m/PPP 40 μ m

(PET: polietilentereftalato, OPP: polipropileno orientado, M: metalizado, CPE: polietileno Cast, PPP: polipropileno Cast)

En la Tabla 4 se observan los valores de las propiedades más importantes para un envase de café similar al que se quiere producir y en la Tabla 5 para un envase de frutos secos. Estas están hechas en base a lo que produce HYC actualmente.

Tabla 4. Propiedades para envase convencional de café de 250 gr (Elaboración propia).

Propiedades		Orientación	Unidades	Valor	Norma
Mecánicas	Resistencia a la tensión	MD	N/mm ²	200	DIN 53455
		TD	N/mm ²	210	
	Elongación a la ruptura	MD	%	120	DIN 53455
		TD	%	110	
Térmicas	Rango de sello		°C	120 - 170	
Barreras	WVTR		g/m ² *día	<0.3	ASTMF 1249
	OTR		cm ³ /m ² *día*bar	<10	ASTMD 3985

Tabla 5. Propiedades para envase convencional de frutos secos entre 20 gr y 200 gr (Elaboración propia).

Propiedades		Orientación	Unidades	Valor	Norma
Mecánicas	Resistencia a la tensión	MD	N/mm ²	175	DIN 53455
		TD	N/mm ²	220	
	Elongación a la ruptura	MD	%	130	DIN 53455
		TD	%	100	
Térmicas	Rango de sello		°C	120 – 150	
Barreras	WVTR		g/m ² *día	<5	ASTMF 1249
	OTR		cm ³ /m ² *día*bar	<100	ASTMD 3985

Por otro lado en general los envases para frutos secos son transparentes para poder ver el producto al interior del envase. Esto además tiene como consecuencia que el área de impresión sea menor lo que disminuye el uso de tintas.

5.2 Selección de materiales

Las empresas que se contactaron para seleccionar los materiales a utilizar fueron Basf, innovia y Taghleef.

Los insumos que ofrecen cada una de estas empresas son los expuestos en la tabla 6.

Tabla 6. Materiales compostables para envases de los proveedores BASF, Taghleef e innovia. ^{[16],[17],[18]}

Proveedor	Materiales	Características principales
	Ecoflex, Ecovio	Poliéster alifático aromático (no renovable) y mezclas con PLA (Ecovio). Formato en pellets ^[16]
	NZSS, NTSS, NBSS	Hecho a partir de PLA biorientado (ácido láctico proveniente del almidón). Formato Film ^[17]
	NP, NE30, NE30 white, D-NE, NM, NVS, NVS White, NVR, NK, NKC, NKA, NKR, NK White, NKM, N913, NPC, NPU.	Hechos a partir de acetato de celulosa con recubrimientos a aditivos que mejoran ciertas propiedades. Formato film ^[18]

Para seleccionar los materiales se partió de la base de la composición de los envases que se utiliza actualmente y se busco un sustituto para cada uno en materiales compostables.

BASF

Los materiales de Basf están diseñados para sustituir al polietileno o al polipropileno. Estos además son los únicos que ofrecen el producto en formato de pellets, lo que tiene como ventaja que disminuye el costo de producción y se aprovecha de adquirir experiencia en trabajar con materiales compostables en la extrusora. ^[16]

El Ecovio y el Ecoflex están diseñados para hacer mezclas entre ellos y así poder obtener propiedades específicas para cada envase. En este caso en particular se quiere una capa que funcione como sello, lo que se puede conseguir con Ecoflex sólo, además al no mezclar con Ecovío se ahorra la compra de dos materiales distintos. ^[16]

TAGHLEEF

El PLA es el material con mayor proyección dentro del rubro por lo que adquirir conocimientos en su procesamiento es muy beneficioso. Dentro de las alternativas de taghleef se descarta el NBSS ya que está diseñado para metalizarlo y HYC no cuenta con equipos que realicen esta operación. NTSS y NZSS cuentan con la propiedad de ser laminables e imprimibles. ^[17]

INNOVIA

De innovia solo 5 materiales tienen la propiedad de ser laminables, éstos son D-NE, NKA, NM, NVS y NVR. De estos NVS está diseñado para envasar productos frescos por lo que tiene una alta permeabilidad a la humedad y resistencia al frío, la que no es lo que se está buscando. ^[18]

De las opciones que se tenían se buscaron primero materiales con buena barrera al oxígeno y al vapor de agua, considerando para el envase de café un metalizado (NM o NZSS) y para el de frutos secos uno transparente (NKA).

Además se opto por utilizar laminaciones de materiales de distinta procedencia, es decir laminar por ejemplo un material de celulosa con uno de PLA ya que de esta forma se obtienen propiedades de ambos. Por ejemplo los materiales de celulosa no son resistentes al agua, pero si son muy estables a la temperatura, mientras que el PLA ni el Ecoflex lo son.

Según estas restricciones se definieron tres estructuras posibles para el envase de café y una para el de frutos secos. Las tres de café son triláminas con Ecoflex como capa de sello y la de frutos secos es una bilámina transparente con barrera. Se calcularon con las fórmulas de la Tabla

2 y los valores de las fichas técnicas las barreras de las posibles combinaciones expuestas en la tabla 7.

Tabla 7. Barrera al oxígeno y al vapor de agua de distintas estructuras compostables.

Estructura	WVTR [$g/m^2 \cdot 24hrs$]	OTR [$cm^3/m^2 \cdot 24hrs$]
	38°C 90% RH	23°C 0% RH
NVR / NZSS / Ecoflex	2,2	0,9
D-NE/ NZSS / Ecoflex	2,2	0,9
NTSS/ NM / Ecoflex	12,2	1,0
envase café normal	0,3	10
NKA / NTSS	14,2	1,0
envase frutos secos normal	5	100

Según los valores de la tabla 7 se descarta la combinación de NTSS con NM ya que tiene muy alta la tasa de transferencia de vapor de agua.

Las otras estructuras también entregan para el vapor de agua una peor barrera que el envase convencional, mientras que para el oxígeno una mejor. Por lo general las barreras reales son mejores que las mínimas necesarias para la vida útil requerida (típicamente 6 meses). Para conocer la vida útil real del envase a desarrollar se deben hacer pruebas experimentales que duren más de 6 meses. En este caso se puede ofrecer un producto de menor peso y por lo tanto de mayor rotación, lo k genera un requerimiento de vida útil menor.

En la Tabla 8 se presentan las propiedades mecánicas teóricas de las combinaciones calculadas con las fórmulas de la Tabla 2 y los valores de las fichas técnicas y también se exponen las de los envases convencionales. El D-NE y el NVR tienen las mismas propiedades al igual que el NTSS con el NZSS por lo que las combinaciones con NVR y NTSS tienen los mismos resultados. En general los valores obtenidos son peores que los convencionales sin embargo la diferencia no es tan grande y como se trata de valores teóricos estos pueden variar bastante.

Tabla 8. Comparación de los valores de las propiedades mecánicas entre una posible estructura y los envases convencionales.

Estructura (MD TD)	Resistencia a la tracción [N/mm^2]		Elongación en el punto de corte [%]	
	D-NE / NZSS / Ecoflex	125	205	22
envase café normal	200	210	120	110
NKA / NTSS	125	205	22	70
envase frutos secos normal	175	220	130	100

Tanto el D-NE como el NVR tienen un recubrimiento que los hace sellables pero el D-NE lo tiene sólo por una cara y el NVR por ambas. La cara descubierta del D-NE es más fácil de imprimir y laminar ya que no es necesario diluir el recubrimiento. Esto lo hace ser especial para utilizar en laminaciones, por lo que se decidió utilizar este material.

Finalmente se definió que la composición de las estructuras para los envases de café y de frutos secos fueran las siguientes:

Envase de café:

Lámina	Código proveedor	Espesor [μm]
Superior	D-NE innovia	22
	Tinta	
	Adhesivo	
Intermedia	NZSS taghleef	20
	Adhesivo	
Inferior	Ecoflex Basf	50
Total		92

Envase de frutos secos:

Lámina	Código proveedor	Espesor [μm]
Superior	NKA innovia	19
	Tinta	
	Adhesivo	
Inferior	NTSS taghleef	30
Total		49

En los anexos A y B se adjuntan las fichas técnicas de cada material y el plano de cada envase respectivamente.

5.3 Programación de las etapas de producción

Para producir estos envases los materiales seleccionados deben pasar por las etapas descritas en los diagramas 1 y 2 para el café y para los frutos secos respectivamente.

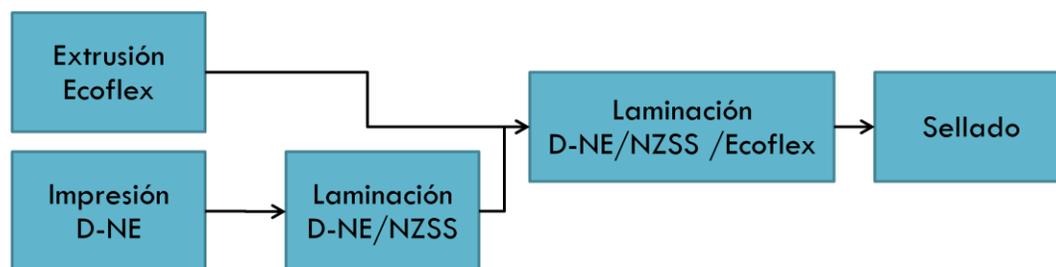


Diagrama 1. Etapas para la elaboración del envase para café compostable.



Diagrama 2. Etapas para la elaboración del envase para frutos secos compostable.

5.4 Comparación de precios.

En la tabla 9 se exponen los precios ofertados por los proveedores de los materiales compostables seleccionados y en la Tabla 10 se exponen algunos de los precios de los materiales utilizados actualmente y los costos de producción.

Tabla 9. Rendimientos y precios de materiales seleccionados para envases compostables.

Material	Rendimiento [m ² /kg]	Precio* [US\$/kg]	Precio** [CL\$/kg]	Cantidades [kg]
Ecoflex(50µm)	16	5,72	2.864	125
Antiblok	-	8,36	4.183	8
Slip	-	7,44	3.722	1
D-NE innovia	29,9	8,76	4.380	29,4
NZSS taghleef	40,3	8,86	4.430	40
NKA innovia	33,9	9,27	4.635	86
NTSS taghleef	26,9	7,42	3.710	40

* Precio CIF Valparaíso ** Cambio 1US\$= 500CL\$

Los materiales requeridos de innovia y de taghleef fueron entregados como muestra, el Ecoflex y sus aditivos fueron comprados a la Unidad de desarrollo tecnológico de la Universidad de Concepción UDT. El precio de venta en esta última aumentó en un 50% aproximadamente con respecto al precio entregado por BASF.

Tabla 10. Costos asociados a la producción de un envase convencional en HYC.

Materiales	unidad	Costo unitario* (CL\$)	Cantidad necesaria
BOPP 17 μm	1 Kg	2.135,65	53,3 Kg
PET 12 μm	1 Kg	1.461,74	78,2Kg
PE 85 μm	1 Kg	1.305,12	263,4 Kg
Tinta	1 Kg	2.455,91	31,8 Kg
Adhesivo	1 Kg	4.773,92	17,6 Kg
Impresión	1Hora	51.004	3,31 Hr
Laminación 1	1Hora	18.234	1,07 Hr
Laminación 2	1Hora	18.234	1,42 Hr
Rebobinado	1Hora	6.647	1,18 Hr
Sello (Maquila)	1unidad	8	40.000 u

* Cambio 1US\$ = 473,64 CL\$

Al comparar los precios por kilo del Ecoflex y del PE se observa que el del primero es más del doble que el del segundo, además hay que considerar que el Ecoflex es resina y el PE film y que el rendimiento de este último es mayor. En general al comparar los compostables con los convencionales se observa que son de aproximadamente el doble.

6. ENVASE PARA CAFÉ

6.1 Extrusión

El Ecoflex lo produce BASF, y el formato de venta que utilizan es por tonelada. Esto significaría una gran inversión, pero como alternativa se nos ofreció comprarlo directamente a la Unidad de desarrollo tecnológico de la Universidad de concepción (UDT), los que hacen pruebas con el material y tienen muestras disponibles de menor tamaño.

Este material es un copoliéster alifático aromático cuyos monómeros son el ácido tereftálico, el ácido adipico, y el 1,4 butaendiol (Figura 12). Está diseñado para reemplazar al polietileno y al polipropileno, tener buena procesabilidad y ser biodegradable. Para cumplir con estos objetivos se creó una cadena larga de alto peso molecular, ramificada y con componentes hidrofílicos. En las tablas 11 y 12 se comparan las propiedades del Ecoflex con un polietileno de baja densidad.^[19]

Tabla 11. Comparación de propiedades físicas del Ecoflex con un PE de baja densidad.^[19]

Propiedad	unidades	Test	Ecoflex	LDPE
Densidad	g/cm^3	ISO 1183	1,25 – 1,27	0,922 – 0,925
Índice de fluidez	$mL/10min$	ISO 1133	3 – 6	0,6 – 0,9
Temperatura de fusión	°C	DSC	110 – 115	111
Temperatura de reblandecimiento	de °C	ISO 306	80	96

De acuerdo a estas propiedades, dado el alto índice de fluidez del Ecoflex las temperaturas de procesamiento para su extrusión debiesen ser bastante más bajas que las del PE. Por otro lado su alta densidad influye en el rendimiento de metros de envase por kilo. También que la temperatura de reblandecimiento o VICAT VST sea menor indica que el inicio de sello podría ser a una temperatura menor, lo que favorece el proceso posterior.

Tabla 12. Comparación de propiedades de un film tipo de 50µm de Ecoflex con uno de PE de baja densidad.^[19]

Propiedad	Unidades	Test	Ecoflex	LDPE
Transparencia	%	ASTM D 1003	82	89
Resistencia	N/mm^2	ISO 527	32/36	26/20
Elongación	%	ISO 527	580/820	300/600
OTR	$cm^3/m^2 día$	DIN 53380	1600	2900
WTR	$g/m^2 día$	DIN 53122	140	1,7

Se observa en esta tabla que el Ecoflex es muy resistente y tiene mucha elongación, superando al polietileno. En cuanto a las barreras, el Ecoflex tiene una tasa de transferencia de vapor de agua mucho mayor que el PE ya que es hidrofílico, sin embargo tiene una menor tasa de transferencia de oxígeno.

La extrusión del Ecoflex se puede realizar en extrusoras de burbuja diseñadas para ser utilizadas con polietileno de baja densidad. Sin embargo se recomienda antes de procesar el Ecoflex comenzar una extrusión con un polietileno de alto índice de fluidez para cumplir con dos objetivos. Primero por un tema de limpieza, ya que como el Ecoflex es un polímero más blando éste arrastra basuras que se acumulan en la extrusora y si no se limpia el film saldría contaminado. El otro motivo es para no perder material en hacer partir la extrusora, sino que utilizar otro polímero para estabilizar la burbuja y luego cambiar de material a Ecoflex. Para esto también es necesario trabajar con un polímero de alto índice de fluidez ya que se requiere trabajar a bajas temperaturas al momento del cambio. El problema es que en el cambio de resina igual se

pierde material ya que el polietileno apolar con el ecoflex polar son incompatibles y esto podría traer otras dificultades. El PE que se va a utilizar es el Dow LDPE 656S cuyo índice de fluidez es de 4,5 [gr/10min].

En cuanto a las temperaturas BASF recomienda trabajar en un rango entre los 120 y 150 °C. A más de 150 °C el polímero no se degrada, esto ocurre sobre los 200°C, sin embargo no se recomienda utilizar temperaturas mayores ya que tiende a bloquearse mucho.

Otra diferencia importante que tiene el Ecoflex con el polietileno es su elasticidad, esta es mucho mayor por lo que se deben ajustar correctamente las tensiones con las que se trabaja.

Con respecto a los aditivos BASF se aconseja agregar slip y antiblock, el primero entre un 0,3% y un 0,6% y el segundo entre un 3% y un 5%. El porcentaje que se utilice depende del espesor del film que se va a procesar ya que lo que importa es la cantidad de aditivo que puede migrar a la superficie, luego un film de mayor espesor con el mismo porcentaje de aditivo en peso va a tener mayor cantidad de aditivo por área para que migre a la superficie, que uno de menor espesor. Sin embargo la cantidad de aditivo óptima depende también de las condiciones de cada equipo y lugar por lo que es necesario hacer pruebas para encontrar esta cantidad.

El polietileno se extruye normalmente con los mismos aditivos pero los porcentajes utilizados de antiblock son mucho menores que los recomendados para Ecoflex y el de slip es similar. Esto se debe a que el Ecoflex como es polar tiene mucha tendencia a bloquearse y el slip no se puede aumentar mucho ya que eso tiene consecuencias negativas en la laminación. Además hay que tener en cuenta que la velocidad de migración del slip se debe ver afectada al estar en una matiz polimérica polar y no en una apolar.

6.1.1 Contenido de humedad

BASF recomienda que no es necesario secar el material antes de extruirlo ya que viene en sacos aislados de humedad, sin embargo el material no viene directamente de fábrica sino que se compró a la UDT por lo que BASF no puede asegurar que efectivamente el ecoflex no haya absorbido humedad. Por otra parte la UDT, que ha trabajado con este material recomienda secarlo antes, por lo que se decidió medir la humedad para ver si es mayor a la mínima recomendada (0,2%).

Se secaron 4 muestras pero las primeras dos se descartaron ya que el recipiente en que se pesaron era inestable y como la balanza es muy sensible los resultados se alteraban en una magnitud mayor a la precisión requerida. Los resultados obtenidos con las otras dos muestras son los presentados en la

Tabla 13.

Tabla 13. Resultados del porcentaje de humedad contenido en el Ecoflex adquirido en la UDT.

Masa [gr]	1	2
muestra húmeda	100,01	100,011
muestra seca	99,867	99,8571
humedad contenida	0,143	0,1539
porcentaje humedad	0,143%	0,154%

Ya que los porcentajes de humedad son menores al 0,2% no es necesario evaluar ni procesar el tema del secado de este material.

6.1.2 Condiciones de operación y caracterizaciones

En la Tabla 14 se muestra un resumen de las cuatro condiciones de operación utilizadas. En la primera columna se le asigna un número a cada condición. La 1 y la 2 corresponden a la primera prueba industrial mientras que la 3 y 4 corresponden a la segunda. El rango de temperaturas corresponde a la temperatura mínima y máxima del perfil de temperaturas de los tornillos. Los porcentajes de aditivo corresponden al peso del aditivo contenido en el peso total de polímero a extruir. Las letras A, B y C representan las capas del film a extruir siendo la primera la interna de la burbuja, la segunda la intermedia y la tercera la externa. Estas letras también están asociadas a los tornillos dónde se funden las mezclas para cada capa. Las RPM corresponden a las revoluciones por minuto de cada tornillo. El porcentaje de espesor teórico indica el espesor de una capa con respecto al espesor total. Por último la velocidad de salida representa los metros por minuto con que avanza el film a la salida de la extrusora.

Tabla 14. Resumen de las condiciones de operación de la extrusión de Ecoflex.

N°	Rango de Temperatura	% aditivo slip teórico			% aditivo AB teórico			RPM			% de espesor teórico			Velocidad de salida
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
	[°C]													[m/min]
1	155 - 165	0,5			5			56	20	32	50	10	40	8,5
2	135 - 155	0,5		0,5	5		5	56	20	32	50	10	40	8,8
3	120 - 140	0,5			2,5		2,5	40	90	40	40	20	40	7,1
4	120 - 150	0,5			2,5	2,5	2,5	40	70	40	40	20	40	6,4

En cuanto a las temperaturas, se utilizaron en las dos pruebas inicialmente las más bajas que se pudieron lograr con el polietileno de limpieza. Luego en la primera prueba se bajó la temperatura al rango planificado para controlar el bloqueo y en la condición 4 se aumentó la temperatura de salida en 10°C para disminuir los geles.

Los porcentajes de aditivos en las condiciones 1 y 3 se utilizaron los que se programaron inicialmente mientras que en la 2 y la 4 se hicieron modificaciones por problemas en las pruebas. En la primera prueba se comenzó a echar mezcla del tornillo A en el tornillo C para disminuir el bloqueo en esa capa (externa). En la segunda prueba se agregó mezcla del tornillo C al tornillo B ya que la de esta última se había agotado. El cálculo de la cantidad de mezcla preparada para cada tornillo se hizo proporcional a los espesores teóricos de cada capa. Sin embargo en la segunda prueba no se lograron ajustar correctamente las RPM, esto generó un mayor flujo en el tornillo central y en consecuencia la mezcla destinada a este tornillo no fue suficiente.

Por otro lado la misma incongruencia entre las RPM y los espesores teóricos genera una modificación en los porcentajes reales de aditivo. Sin embargo como no se tiene una relación entre las RPM y el flujo másico o el espesor de cada capa, no se puede calcular el porcentaje de aditivo real que se tiene para cada condición.

Antes de hacer las pruebas industriales se intentó hacer una relación empírica entre los flujos de salida y las RPM de cada tornillo. Se estuvo intentando recolectar datos durante 2 meses aproximadamente, sin embargo no se lograron obtener suficientes como para poder hacer una relación. Esto es debido a que la extrusora con la que se trabajó se utiliza para hacer sólo unos pocos productos específicos que no varían en su formulación y también se utiliza para hacer film genérico sin ninguna especificación muy bien definida.

En Tabla 15 se presentan las caracterizaciones de los films resultantes de las distintas condiciones de operación. En esta el número de la primera columna corresponde a las condiciones de operación. El COF int/int representa el coeficiente de fricción entre las caras internas del film extruido, mientras que el COF ext/ext entre las caras externas. El embobinado corresponde a la capacidad del film de poder enrollarse sobre si mismo al final del proceso de extrusión formando una bobina procesable. Los geles corresponden a la capacidad de las condiciones de operación para no generar geles en el film. El corte representa la capacidad de cortar con cuchillos en equipos automáticos el borde de la manga para generar dos films independientes. Por último el bloqueo corresponde a la capacidad de separar estos dos films después del corte sin que se deformen debido a que la fuerza existente entre las caras internas generadas por el bloqueo sea tan grande que lleve al material a superar el límite elástico. El corte y desbloqueo se realizó para la prueba 1 el mismo día de la extrusión y para la prueba dos al día siguiente.

Las últimas 4 columnas representan condiciones cualitativas, por lo que se creó una escala del 0 al 5 para describir los resultados:

- 0 no se hizo
- 1 no se logra
- 2 logrado parcialmente
- 3 logrado con ayuda
- 4 bien logrado, pero se puede mejorar
- 5 muy bien logrado

Tabla 15. COF y caracterizaciones cualitativas de los films resultantes de las cuatro condiciones de operación utilizadas.

N°	COF int/int				COF ext/ext				Espesor [µm]	Embobinado [0-5]	Geles [0-5]	Corte [0-5]	Bloqueo [0-5]
	día 1	día 3	día 5	día 7	día 1	día 3	día 5	día 7					
1		1,29		0,25		2		2	53	1	2	0	0
2	0,11	0,09	0,04		0,09	0,06	0,04		41	2	1	1	4
3				0,41				0,29	80	3	1	3	3
4				0,12				0,13	95	3	1	2	2

En ambas pruebas industriales ocurrió que el tiempo que demora el proceso en llegar a un estado estacionario es mayor al tiempo de operación que se tiene ya que está limitado por la cantidad de Ecoflex para extruir. Dado esto durante las pruebas se tenían fluctuaciones e inestabilidades que cambian las propiedades del film de salida. Inicialmente esto no se consideró y se tomaron medidas de muestras extraídas de una sola zona del film para cada condición. Luego al tomar medidas a muestras de otras zonas, con las mismas condiciones de operación, se notó que no se obtenían los mismos resultados. Para solucionar esto se tomaron muestras de zonas cuyas características cualitativas se mantuvieran iguales en la mayor parte del film.

Debido a esta razón es que no se tienen medidas de COF para todos los días y todas las condiciones. Por la misma situación es que los espesores varían bastante y no necesariamente concuerdan con las RPM y velocidades de salida.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente el rango de COF aceptable para trabajar es entre 0,1 y 0,3 tanto entre las caras internas como entre las caras externas. El equipo para medir COF marca como máximo 2, por lo que las mediciones que marcan este valor son porque están fuera de rango del equipo.

Discusiones primera prueba industrial

El COF de los films extruidos con la condiciones 1 son muy altos en la cara externa debido a que esa cara no tiene aditivos. En la cara interna comenzó alto, pero con los días disminuyó, lo que tiene relación con la alta temperatura de extrusión y con el tiempo de migración del slip. Después de extruido, este film no se logró embobinar debido al bloqueo y la fricción que se generaba entre las caras externas, obteniéndose como resultado la bobina que se muestra en la imagen 2. Este material no es posible procesarlo por lo que no pasó por las etapas de corte ni de separación de mangas.



Imagen 2. Fotografía de bobina de Ecoflex con problemas de embobinado.

En la condición 2 por otro lado se disminuyó la temperatura de extrusión y se aumentaron al doble los aditivos, tanto slip como AB, lo que da como resultado un COF muy bajo desde el primer día. Este resultado tampoco es bueno ya que el film se desliza con tanta facilidad que es difícil de procesar. En particular al intentar cortarlo con los cuchillos en el rebobinado, el filme se hundía en vez de dividirse.

Con la condición 2 tampoco fue posible obtener un embobinado sin arrugas, pero mejoró considerablemente. Dado que se llegó a un COF tan bajo el hecho de que la manga saliera bloqueada tiene relación con la temperatura de extrusión. Para llegar a estas condiciones primero se aumentó la cantidad de aditivos y luego se comenzó a bajar la temperatura. Este último es un proceso lento y no se logró bajar lo suficiente. Luego se puede concluir que aunque se trabaje con mucho antiblock, si la temperatura de extrusión es muy alta el bloqueo no se elimina. Por otro lado la velocidad de salida era relativamente alta lo que afecta directamente el tiempo que tiene el filme para enfriarse antes de ser embobinado, lo que es similar a aumentar la temperatura de extrusión. Por último tampoco se estaba familiarizado con las tensiones a las cuales trabajar por ser la primera prueba y al ir variándola se generaban más arrugas.

Como alternativa para disminuir el bloqueo de salida del film y no tener problemas en el embobinado, además de bajar la temperatura de extrusión y utilizar una formulación adecuada de aditivos se pueden hacer otras mejoras. Una forma es aumentar el tiempo o disminuir la temperatura de enfriamiento, la primera se puede hacer bajando la velocidad de salida del film o utilizando una extrusora de mayor altura lo que por el momento no es posible. Y para bajar la temperatura de enfriamiento se requiere de un sistema de intercambio de calor con el que tampoco se cuenta.

Otra opción para disminuir el bloqueo es mezclar el Ecoflex con Ecovío, este en una resina hecha en base a PLA que es compatible con el Ecoflex y se comercializa con el fin de utilizarlos en mezclas. Dependiendo de la cantidad que se agregue de cada uno se pueden modificar las propiedades del film de acuerdo a lo que se quiere obtener. Sin embargo dados los problemas de la primera prueba industrial, agregar otra variable al sistema podría complicar más la extrusión en vez de mejorarla por lo que se dejó como opción si durante la prueba se da la posibilidad de agregarlo.

Discusiones segunda prueba industrial

En cuanto a las condiciones 3 y 4 se logró hacer un embobinado con las características necesarias para ser procesable pero para lograr esto se necesitó la ayuda de una persona encargada de mantener el filme sin arrugas mientras se enrollaba. Con respecto al COF fue alto en los primeros días pero después disminuyó a un rango aceptable de trabajo llegando en la condición 4 a un menor valor que en la condición 3 ya que se tenía en la formulación más aditivos. De igual manera se logró cortar y separar la manga aunque con dificultades, para el corte se tuvieron que ajustar y cambiar varias veces los cuchillos y el bloqueo interno causaba pequeñas deformaciones además de un fuerte ruido generado al separar las capas. En general en los procesos de embobinado, corte y separación de mangas la condición 3 tuvo mejores resultados que la 4. Esto se debe a que la temperatura de extrusión era menor, con lo que se puede concluir que para lograr una extrusión exitosa agregar antiblock sin disminuir la temperatura no tiene mayores efectos.

El mayor problema que se tuvo en la segunda prueba fue el espesor y el ajuste de las RPM, lo que con más tiempo de extrusión sí se podría haber llegado a solucionar. En teoría se quería lograr un film de 50 μm y a lo menos que se llegó fue a 80 μm , esto se debe a que la velocidad de salida y las RPM se ajustan al principio para estabilizar y obtener propiedades aceptables y luego para regular el espesor pero como se trata de pruebas de no mucha duración no se llegó a ajustarlas. En la primera prueba industrial también se comenzó con espesores cercanos a los 60 μm y después se fue disminuyendo.

6.1.3 Geles y carboncillo

El problema por el cual no se podía bajar mucho la temperatura de extrusión eran los geles. Estos estuvieron presentes en las 4 condiciones, notándose un aumento de estos al disminuir la temperatura. Y en la condición 1 donde se tenía la mayor temperatura disminuyeron, sin embargo nunca dejaron de aparecer por completo. También se observaban impurezas como carboncillos o residuos de polímero degradado que no se lograron extraer durante la limpieza, esto ocurrió también a lo largo de las dos pruebas industriales. En la imagen 3 se observa una fotografía de geles y carboncillo en el Ecoflex.

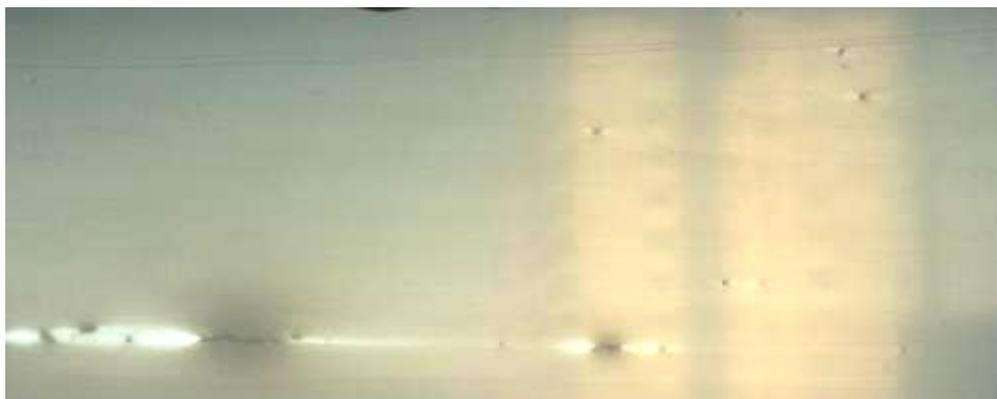


Imagen 3. Fotografía de Geles y carboncillo presentes en el film extruido de Ecoflex.

6.1.4 Evolución del COF en el tiempo

En la condición 2 de la Tabla 15 es posible observar cómo disminuye el COF con los días, en la Tabla 16 se presentan mediciones de COF para la condición 4 pero que se hicieron con muestras tomadas al final de la extrusión. En ella se observa una leve tendencia a la disminución a través de los días, pero con una gran variabilidad lo que se origina por inestabilidades del final de la extrusión.

Tabla 16. Mediciones de COF de muestra de Ecoflex tomada al final de la extrusión en la segunda prueba.

Ecoflex 90 μm	Día 1	Día 3	Día 5	Día 7
COF int/int	1,56	0,493	0,7445	0,412
COF ext/ext	0,844	0,526	0,4815	0,773

También en la Figura 16 se observa un gráfico semi logarítmico de la disminución en el tiempo del COF en un film de polietileno de baja densidad extruido con erucamida y comparado con un aditivo de Oleamida.

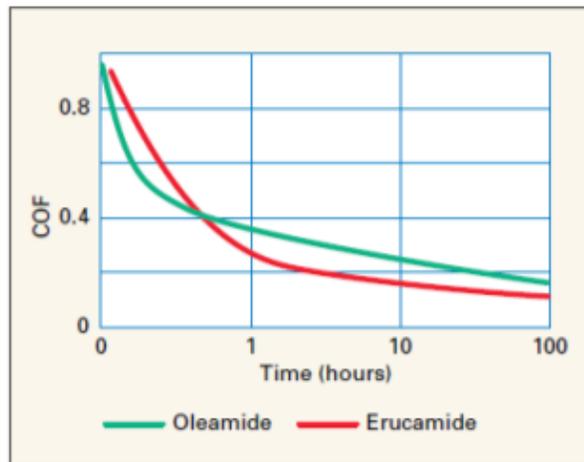


Figura 16. Cof en función del tiempo de un polietileno de baja densidad extruido con dos aditivos distintos.^[23]

Se observa en este gráfico que en los primeros minutos y horas es cuando ocurre la mayor disminución en el COF y por lo tanto la mayor migración de aditivo hacia la superficie. Sin embargo esto es en un polietileno. Este comportamiento es distinto en una matriz de Ecoflex ya que es polar y según lo observado en los resultados la disminución de COF en el tiempo es más lenta pero logra llegar a los mismos valores.

6.1.5 Deslaminación

Otros problema que se tuvo en la primera prueba industrial fue que las capas A, B y C de la extrusión no se adhirieron. Al hacer pruebas de propiedades mecánicas se observó que el film se separaba en dos. Para explicar esto se pensaron en dos alternativas, ambas relacionadas con el bajo flujo de la capa central. Después de una coextrusión si las distintas capas se separan se debe a inestabilidades interfaciales las que en este caso se pueden haber dado por un flujo demasiado bajo o por presencia de polietileno en la capa central.^[12]

La primera alternativa puede haber ocurrido ya que si bien los porcentajes por capa eran en teoría 50-10-40 las RPM de cada tornillo pueden haber no estado bien ajustadas y haber tirado un flujo menor en la capa central o puede que simplemente un 10% en la capa central sea muy bajo en comparación con los otros y produzca inestabilidades interfaciales.

Por otro lado, para que comience a salir Ecoflex puro, sin polietileno de limpieza, se debe esperar que pase un cierto flujo por cada tornillo. Si en el tornillo central el flujo era demasiado bajo puede ser que nunca haya dejado de salir restos de polietileno y como son incompatibles esto causaría la deslaminación de las capas. Esta teoría se veía como probable ya que la deslaminación de estas muestras era muy similar a la de muestras tomadas en el momento del cambio de polietileno a Ecoflex, es decir que está con certeza contaminado. Para comprobar esta teoría se realizaron pruebas de rayos x a tres muestras, una tomada en el momento del cambio de

PE a Ecoflex, otra un poco tiempo después (del orden de los 10 minutos) y otra bastante tiempo después (de orden de 1 hora).

En los resultados de estas pruebas (anexo C) se observa que en la primera muestra hay PE y Ecoflex, en la segunda también pero el pick de PE está muy disminuido y en la tercera no se observa presencia de PE. Sin embargo esta prueba no es concluyente ya que el que no aparezca el pick de PE puede ser porque está en fase amorfa, porque su fase cristalina es menor que un 5% de la muestra total o debio a que no hay.

Para hacer la segunda prueba industrial y no tener el problema de deslaminación se tomaron acciones para atacar las dos causas posibles debido a que no se tuvieron resultados concluyentes. Para aumentar el flujo de la capa central se cambió la formulación de las capas a 40-20-40, y para asegurarse que en la capa central no hubiera polietileno se planifico la prueba de tal manera que primero se cambiara de resina el tornillo central y después de observar que está saliendo Ecoflex, cambiar los otros tornillos.

6.1.6 Propiedades mecánicas y de sello

Se hicieron mediciones de las propiedades mecánicas y de sello del filme resultante, sin embargo no se estudiaron ya que se tenían otros problemas que solucionar y ajustes que hacer antes de intentar mejorarlas. En la Tabla 17 se presentan los valores obtenidos con las condiciones 1, 2 y 3 y también se realizaron para PE de 100µm.

Tabla 17. Promedio de Tensión y elongación al punto de corte de Ecoflex extruido a distintas condiciones y de PE.

N°	Espesor µm		Tensión [N/mm ²]	Elongación [%]
1	50	MD	22,35	591
		TD	11,11	326
2	50	MD	22,55	480
		TD	16,41	583
3	84	MD	23,96	801
		TD	29,29	964
PE	100	MD	21,14	662
		TD	24,87	1061

Al comparar estos resultados con los de ficha técnica de la Tabla 12, las tensiones y elongaciones del Ecoflex son menores a las esperadas. Para el polietileno también se obtuvieron valores bajo los rangos pero más cercanos que el Ecoflex. Las elongaciones de la condición 3 y del PE son mucho mayores ya que los otros materiales son de 50 µm y estos son de 84 µm y 100 µm.

Se hicieron curvas de sello para algunas condiciones y para polietileno, sin embargo para obtener buenos sellos con estos films se deben usar laminados ya que son inestables térmicamente y no resisten temperaturas muy altas sin deformarse. En el siguiente gráfico se presentan las curvas de sello obtenidas con los materiales sin laminar.

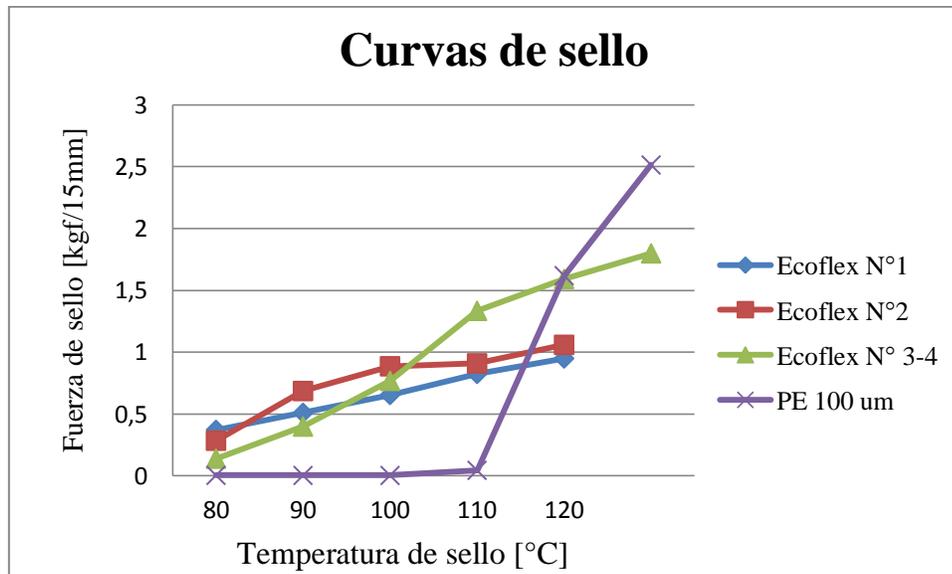


Gráfico 1. Curvas de sello de Ecoflex extruido a distintas condiciones y de PE.

En este gráfico se observa que el PE y el Ecoflex 3-4 tienen mejor sello, lo que se debe principalmente a que tienen espesores mayores. También se observa que el inicio de sello del ecoflex es una temperatura mucho más baja que para el PE.

6.2 Impresión, laminación, corte y sello

Debido a las dificultades en la extrusión del Ecoflex y ya que las etapas del proceso de producción del envase para café y para frutos secos son similares se decidió realizar para el envase de café sólo la extrusión. Las siguientes etapas que se podrían haber realizado son la impresión del D-NE y la laminación con NZSS pero estos materiales son muy similares al NKA y en NTSS por lo que no aportarían mucho al estudio. Además el envase no se podría terminar ya que no se logró extruir el Ecoflex de manera satisfactoria y no se cuenta con el tiempo ni los recursos necesarios como para repetir la extrusión.

7. ENVASE PARA FRUTOS SECOS

7.1 Impresión

El film a imprimir es el NKA, está hecho en base a un material llamado comercialmente Natureflex y fabricado por innovia. Natureflex es un material hecho en base a pulpa de madera, recurso renovable y además es compostable certificado. Otras propiedades de este material son su estabilidad a la temperatura, es antiestático, es resistente a grasas y químicos y es polar.

En particular el NKA tiene una capa central de Natureflex, un recubrimiento de PVdC en ambas caras y sobre una de ellas tiene una cobertura acrílica para proteger el PVdC. El recubrimiento de cloruro de polivinilideno tiene una excelente barrera al vapor de agua y a gases y además es sellable. Se usa para mejorar propiedad tanto de films plásticos como de papel. Sin embargo tiene mala reputación ya que en ciertas condiciones puede liberar sustancias tóxicas, pero en el caso de recubrimientos el gramaje que se utiliza es tan bajo que no causa estos efectos.

Para imprimir se debe hacer por la cara que tiene el PVdC descubierto por dos razones, primero para que quede protegida la cara exterior con el acrílico y segundo porque para imprimir por la otra cara se tendría que disolver la cubierta acrílica teniendo que aumentar más la temperatura. Al tener una restricción en cuanto a qué cara imprimir se requiere de un test que se pueda hacer de manera instantánea en la máquina para asegurarse de que el lado que se va a imprimir es el correcto. Normalmente para detectar la cara con PVdC se hace un test con hidróxido de potasio y piridina, sin embargo en este caso no se puede utilizar ya que marca positivo en ambas caras. Como alternativa se puede dejar caer una gota de alcohol por ambas caras y la que al secarse toma una leve tonalidad blanca indica que esa cara tiene acrílico es decir que se tiene que imprimir por la otra cara.

Se debe tener en cuenta que la elongación es muy baja (17%), y que es resistente a altas temperaturas por lo que en caso de mal anclaje se puede aumentar la temperatura para acelerar el proceso de adherencia. Las tintas tienen dos tipos de solventes uno rápido y uno retardante, el anclaje por lo general, si no se logra inmediatamente después de la impresión, sí se logra con el tiempo cuando el solvente retardante se evapora. Sin embargo esta situación no es muy buena ya que la impresión se puede traspasar en la bobina a la cara externa del film en contacto. Por otro lado si se disminuye mucho la proporción de solvente retardante la impresión puede resultar de mala calidad con una apariencia porosa.

7.1.1 Diseño del arte

El diseño de las artes se realizó mientras se esperaba la llegada de las materias primas y era necesario tenerlas definidas antes de comenzar con los procesos de elaboración por lo que se realizó la del envase de café y la del envase de frutos secos.

Para definir los diseños a utilizar se realizaron varias ideas las cuales se evaluaron con el área comercial de la empresa HYC. Después se trabajó con un diseñador del área de pre prensa para traspasar las ideas a un formato compatible con la impresión. El resultado de este trabajo se presenta en el anexo D.

Para los diseños se debía tener en consideración que las imágenes utilizadas no fueran de la propiedad intelectual de otra persona. También para el envase de café se decidió poner las partes escritas en español y en inglés ya que este envase se realizó para ofrecerlo también en el extranjero. Además para darle confiabilidad a la compostabilidad del envase se solicitaron los logos de los proveedores. Innovia y Taghleef accedieron a esto pero BASF no lo hizo por razones internas de la empresa.

7.1.2 Pruebas experimentales de tinta

Las pruebas de tinta se hicieron para definir con qué tinta trabajar dentro de dos opciones, tinta para PET Rotomax o tinta para BOPP de Sunprocess.

En la imagen 4 se observa una fotografía de los resultados de esta prueba. En cian a la izquierda se encuentra la prueba hecha con tinta para PET por la cara con PVdC, al centro en cian la misma tinta pero por la cara con acrílico y en magenta a la derecha con la tinta para BOPP por la cara con PVdC.

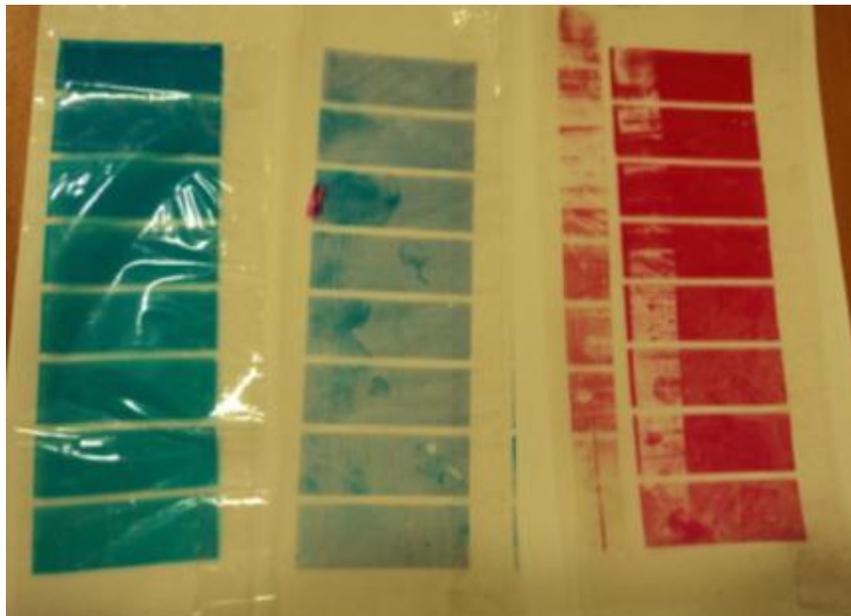


Imagen 4. Fotografía de prueba de anclaje de tinta para PET (cian) y tinta para BOPP (magenta) en Natureflex.

El resultado fue que, con el mismo tiempo de secado, la tinta para PET tuvo mejor anclaje que la tinta para BOPP. Sin embargo al aumentar el secado la tinta para BOPP también logró un buen anclaje. Se decidió utilizar finalmente la tinta para PET.

Una razón por la cual la tinta para PET funciona mejor que la tinta para BOPP es su polaridad. Como cada tinta está especialmente diseñada para cada tipo de polímero, en este caso la tinta para PET debe tener mayor polaridad. Por otro lado el acetato de celulosa genera radicales libres OH⁻ por lo que debería tener mayor afinidad con una tinta polar.

7.1.3 Condiciones de operación

La impresión de Natureflex casi no tuvo complicaciones, se procesó en la impresora Vision G. Barry Wehmiller con 7 colores . El calce de los distintos colores se ajustó con un PET para no perder material. Las condiciones de operación fueron las siguientes:

Gramaje tinta: 2,5 gr/cm²
Viscosidad: 25" +- 2
Solventes: 80% isopropanol (lento)
20% Acetato de etilo (rápido)
Velocidad: 210 [m/min] / 180 [m/min]

Temperaturas:

Zona	°C
1	100
2	50
3	50
4	50
5	50
6	50
7	100
8	120
9	120 / 160 / 180

Con respecto a las temperaturas las zonas del 1 al 8 corresponden a los lugares en dónde se aplican las tintas de distintos colores. La zona 9 corresponde a la temperatura del túnel en dónde ocurre la evaporación del solvente lento.

Durante la prueba de impresión la temperatura se aumentó como se observa en la tabla anterior y la velocidad se disminuyó. En un principio se comenzó operando a 120°C y a 210 [m/min] ya que esa es la condición normal de operación pero se obtenía un mal anclaje. Luego se aumentó a 160°C y mejoró pero aún no era como lo esperado, finalmente se subió a 180°C y la

velocidad se disminuyó a 180 [m/min] con lo que el anclaje mejoró y logró superar la prueba del Scotch.

Normalmente no se trabaja a temperaturas tan altas ya que los materiales convencionales se comienzan a deformar. El NKA al tener el recubrimiento de PVdC requiere de una mayor proporción de solvente lento y en consecuencia una mayor temperatura y tiempo en el túnel de evaporación.

Las imágenes de estas pruebas y de cómo funciona la prueba del scotch se observan a continuación.



Imagen 5. Fotografía del resultado de la prueba del scotch aplicada a la impresión hecha a 120°C



Imagen 6. Fotografía de la realización de la prueba del scotch para impresión realizada a 160°C.



Imagen 7. Fotografía de la realización de la prueba del scotch para impresión a 180°C.

7.2 Laminación

La laminación se realizó entre el NKA y NTSS. Cómo ya se imprimió el NKA se sabe que no se tienen problemas con las tensiones ni con la mojabilidad. Por otro lado el NTSS tiene ciertas restricciones y es necesario hacer pruebas experimentales antes de procesarlo.

El NTSS es un film transparente de PLA biorientado, es certificado compostable y hecho a partir de recursos anualmente renovables. Tiene recubrimientos de PLA sellables en ambas caras pero igual se puede laminar e imprimir. En cuanto a la tensión superficial tiene de manera natural 37 dinas pero se le puede aplicar tratamiento corona para aumentarlo.

El PLA se disuelve en acetato de etilo por lo que no se puede utilizar este solvente en su laminación o impresión.

En cuanto al tipo de adhesivo se decidió trabajar con uno sin solventes ya que son los que más se utilizan hoy en día y además se trata de un envase amigable con el medio ambiente por lo que se intenta no utilizar sustancias tóxicas en su producción para evitar posibles residuos.

7.2.1 Pruebas experimentales

Prueba de adhesivos

En HYC se trabaja con dos proveedores de adhesivo sin solvente Henkel y COIM, por lo que se hicieron pruebas para determinar con cual se va a laminar.

La prueba de remoción de tinta se hizo sobre la cara impresa del NKA, y se dieron 20 vueltas con el algodón por cada adhesivo. Una fotografía de la prueba se muestra en la imagen 8.

Según esta prueba la remoción de tinta con el adhesivo de Henkel es menor que con la de COIM por lo que es conveniente trabajar con Henkel.



Imagen 8. Fotografía de prueba de remoción de tinta con adhesivos COIM y Henkel.

También se hicieron pruebas en máquina para ver el comportamiento del PLA con los distintos adhesivos. Para hacer esta prueba se corta una muestra de PLA de tamaño carta y se monta sobre el film de respaldo de una laminación que se esté realizando. Luego se hace funcionar la laminadora y el PLA reemplaza el film sobre el cual estaba montado, obteniéndose una muestra de PLA laminado con la contraparte que en este caso era de PET. Las condiciones de operación de las pruebas que se hicieron y sus resultados se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18. Pruebas en máquina de adhesivos Henkel y COIM en laminaciones de PLA con PET.

Adhesivo	Cara laminada	Gramaje [gr/m ²]	Tratado corona [kW]	Fuerza de laminación [gr/25mm]
Henkel	exterior	2	3	340
	interior	2	3	330
COIM	exterior	2,8	3,6	200
	interior	2,8	3,6	125

De acuerdo a estos resultados se decidió trabajar con adhesivos Henkel.

Prueba de tensión superficial

Se realizaron pruebas con líquidos de distintas tensiones superficiales para corroborar la energía superficial del PLA. Como resultado se obtuvo una energía superficial de 37 dinas, igual a lo indicado por la ficha técnica.

De acuerdo a esto es necesario aplicar tratamiento corona en la laminación para llegar a una energía superficial de 38 dinas. Normalmente para aumentar 1 dina no se requiere de un tratamiento muy fuerte y por otro lado si el tratamiento es muy alto se puede traspasar a la otra cara y esto genera problemas con el sellado.

Pruebas de gramaje

Para realizar las pruebas de gramaje primero se intentó un mecanismo en el cual se ajustaba el gramaje de adhesivo con otros materiales y después se cambiaban por los compostables, para no gastar material. Sin embargo, al cambiar los films el gramaje difería mucho con respecto a lo ajustado. De esta forma no se podía controlar la cantidad de adhesivo aplicado a la muestra por lo que se cambió el mecanismo.

Lo que se hizo luego fue hacer laminaciones entre el NKA y el NTSS a distintas condiciones de gramaje pero intentando utilizar la menor cantidad de material posible. Esta prueba se realizó y se obtuvieron tres bobinas, todas ellas se laminaron con un tratamiento corona de 1,9 kW.

De esta forma tampoco se obtuvieron gramajes muy homogéneos ni controlados ya que al utilizar poco material siempre se estaba trabajando en un estado transiente. Además el ajuste de gramaje se hace manualmente y depende de cada material por lo que para obtener una cantidad de adhesivo específica se requiere gastar más material del disponible.

Por otro lado la manera de medir la cantidad de adhesivo consiste en cortar una muestra laminada y del film impreso de 10x10cm. Luego después de pesar ambas muestras, la laminada se separa (se deslaminada) y se limpia con solvente el adhesivo del respaldo (film no impreso) y también se pesa. Finalmente se resta al peso del laminado el peso de ambos films (impreso y respaldo) y se divide por el área para obtener el gramaje de adhesivo. La pesa que se utiliza tiene una precisión de 0,0005gr, lo que implica un error en las mediciones de 0,05 gr/m².

El solvente que se utiliza normalmente para limpiar el adhesivo es acetato de etilo por lo que en este caso se le hizo una variación a esta metodología. En vez de limpiar el respaldo para poder pesarlo se cortaba junto con las otras una muestra de respaldo de 10x10cm. El problema de esta metodología es que se aumenta el error asociado a las diferencias en área entre cada muestra. Para cuantificar este error se cortaron varias muestras de respaldo de 10x10cm y se pesaron obteniéndose un error promedio de 0,5 gr/m² aproximadamente.

Debido a estas situaciones no se pudo estudiar el gramaje mínimo con el cual se cumplían las exigencias de fuerza de laminación. Sin embargo de las pruebas se obtuvieron 3 bobinas, y la cantidad de adhesivo ajustado en máquina fue en orden descendiente. Es decir que la bobina 1 debería ser la que tiene más adhesivo y la bobina 3 la de menos adhesivo. Los resultados de algunas mediciones se exponen en la Tabla 19. En ella se tienen para algunos casos dos medidas de fuerza de laminación, esto se debe a que las probetas utilizadas en la prueba de fuerza se extraen de la muestra utilizada para medir gramaje y ésta tiene un tamaño de más del doble.

Tabla 19. Resultados de algunas mediciones hechas a las pruebas de gramaje de adhesivo.

Bobina	adhesivo [gr/m ²]	Fuerza de laminación [gr/25mm]	
1	1,69	150	90
1	2,58	140	80
1	1,3	260	-
1	-	150	280
2	1,83	90	120
2	3,18	30	100
2	1,76	130	220
2	1,49	240	-
3	2,45	100	-
3	3,11	50	-
3	1,53	250	-
3	1,5-2	300	380
3	1,92	200	-
3	-	150	239
3	-	160	280

De acuerdo a estos resultados no se observa ninguna relación entre el número de bobina, el gramaje de adhesivo y la fuerza de laminación. También se observa que en general las fuerzas de laminación no superan el límite mínimo requerido que es de 250 gr/25mm.

El otro aspecto importante a analizar es el tema de lograr que el adhesivo representara menos del 1% del envase final para eventualmente poder certificarlo como compostable. Sin embargo el límite de adhesivo que no se podía superar era de 0,6 gr/m² lo que está muy lejos de lo que se logró. Además como se tuvieron otros problemas se deja esto como un desafío para más adelante.

Otra situación que se generó fue que el adhesivo entre los films laminados presentaban burbujas lo que además de debilitar la fuerza de adherencia, empeora el aspecto del envase y esto hace disminuir mucho su calidad ya que una de las virtudes más importantes de un envase de muestra es su apariencia.

7.2.2 Condiciones de operación

Para solucionar los problemas que se generaron en las pruebas experimentales se realizaron dos cambios para la prueba industrial. Uno fue aumentar el tratamiento corona ya que dadas las características de los problemas una razón podía ser la baja energía superficial del NTSS. Lo otro que se pensó es que se tenía que llegar a un estado estacionario para poder ajustar bien los gramajes y las tensiones y de esta manera no tener burbujas.

Las condiciones de operación fueron las siguientes:

Relación mezcla:	A:C	100:50
	Adhesivo:	Liofol 7731-21
	Catalizador:	LA 6038-21
Velocidad:		148 m/min
Gramajes:		2,2 gr/m ²
Temperaturas:	Nip	30°C
	Aplicación	37°C
Tratamiento:		3 kW

Con estas condiciones los resultados no fueron los esperados:

F de laminación final : 200 kgf/25mm

Presencia de burbujas

Para justificar estos resultados se presentan algunas hipótesis pero no es necesario hacer pruebas para corroborarlas.

Una hipótesis es que la mezcla de adhesivo-catalizador no es la adecuada. Esto puede ser una posibilidad por dos razones, primero porque al deslaminar los films, incluso después del tiempo de fragüe que corresponde (7 días), se sentía que la mezcla aún estaba activa. La otra razón es que el catalizador de la mezcla es un hidroxilo (ficha técnica en anexo E) y este mismo compuesto está presente en el acetato de celulosa. Si las concentraciones de hidroxilo en los polímeros son suficientemente altas pueden alterar la reacción de polimerización del adhesivo.

También pueden influir otras variables que no se estudiaron como las tensiones a las cuales se embobina después de la laminación ya que si es muy baja es más fácil que se generen burbujas. Las temperaturas de la zona de aplicación y de la zona de presión o embobinado.

Por último otra variable que no se corroboró fue el tratamiento corona ya que la causa de la mala laminación puede ser un tratamiento defectuoso.

7.3 Corte y sello

El material de sello en este caso es el NTSS, cuya ficha técnica indica que logra a 85°C una fuerza de sello de 233 gr/15mm. Por otro lado se espera lograr por lo menos un sello máximo de 350 [gr/15mm], que es relativamente bajo, ya que el envase es para productos de bajo peso (50gr aprox.).

7.3.1 Curvas de sello

Se realizaron tres curvas de sello, la convencional en la cual se utiliza una fuerza de 250 N y un tiempo de sellado de 1 segundo y adicionalmente se hicieron dos curvas manteniendo la fuerza pero disminuyendo el tiempo a 0,5 segundos y 0,2 segundos. Esto es para acercarse mejor a la situación real de sellado en máquinas, ya que los tiempos son menores al segundo. En el gráfico 2 se presentan estas tres curvas de sello.

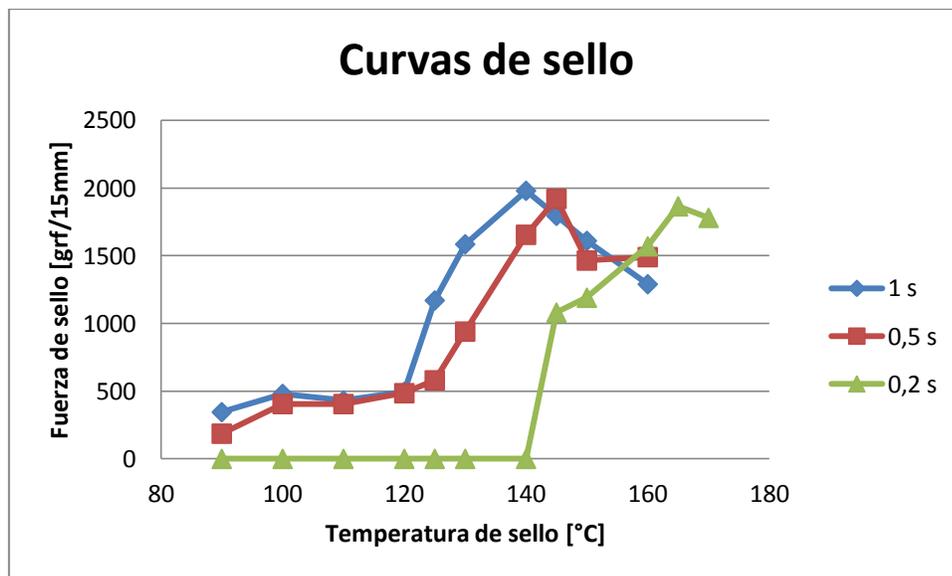


Gráfico 2. Curvas de sello de la laminación de NTSS con NKA utilizando distintos tiempos.

Se observa que las tres curvas son similares pero que están desplazadas en el eje de la temperatura, es decir que aumentando el tiempo de sellado se obtienen resultados similares a si se aumenta la temperatura. Además en las tres curvas se observa un aumento pronunciado de la fuerza de sello pero a distintas temperaturas.

También se observa que en inicio de sello es inferior a los 90°C para el caso de 1 y 0,5 segundos, mientras que para los 0,2 segundos comienza a sellar a los 140°C.

Por otro lado la máxima fuerza de sello que se logra es mucho más alta de lo requerido. Para este caso puede ser un valor innecesario pero esto indica que el PLA se puede utilizar en una mayor cantidad de aplicaciones ya que permitiría emplearse como capa de sello en envases de mayor contenido.

7.3.2 Condiciones de operación

Para realizar el sello a nivel industrial se toman como referencia las curvas de sello, sin embargo como es un proceso relativamente lento se ajustan en máquina las condiciones de operación sin tener que gastar mucho material.

En un principio se trabajó en una selladora más fácil de manejar ya que es más moderna y permite ajustar las presiones y los tiempos de sellado automáticamente. Sin embargo este equipo tiene un cuchillo que no es capaz de cortar correctamente la estructura que se estaba utilizando. Este cuchillo corta de un extremo hacia el otro y está constituido sólo por un cuchillo.

Se cambio de equipo a uno con un cuchillo compuesto por dos partes que corta como tijera de arriba hacia abajo abarcando todo el ancho del envase al mismo tiempo.

En este caso las condiciones finales utilizadas fueron:

Temperatura sello transversal: 195°C

Temperatura sello lateral: 215°C

Velocidad: 45 envases/min

Considerando esta velocidad se tiene un tiempo de 1,3 segundos por envase, lo que se divide en 4 pasos:

1. Avanza el envase
2. Baja el sello
3. Tiempo de sello
4. Sube el sello

Si se dividen los 1,3 segundos en 4 partes iguales, se obtiene aproximadamente 0,33 segundos de tiempo de sello.

Se observa que si bien las temperaturas son mayores al rango óptimo señalado por las curvas de sello, son bajas comparadas con las que se utilizan normalmente para sellar materiales con curvas de sello similares. Esto se debe a que las condiciones de los equipos son distintas a las condiciones de la selladora de laboratorio.

Por otro lado las fuerzas de sello obtenidas en las distintas zonas del envase con estas condiciones son las siguientes:

Transversal (superior):	0,53	[kgf/15mm]
Lateral derecho:	1,20	[kgf/15mm]
Lateral izquierdo:	1,31	[kgf/15mm]

Se observa que las fuerzas de sello alcanzadas son inferiores a las esperadas para las temperaturas utilizadas. Para lograr fuerzas como las de las curvas de sello se deberían haber utilizado temperaturas aún más altas sin embargo al hacer esto el material se deforma y se obtiene como resultado un sello arrugado y de mal aspecto. Esto ocurre sobre todo en el sello transversal ya que abarca un área mucho mayor por lo que en este se utilizaron temperaturas inferiores. Se observa también cómo se correlaciona las temperaturas de sello con las fuerzas obtenidas.

El PLA se demora más en solidificar que los materiales convencionales que se utilizan en la capa de sello. Es por esto que se observa una deformación en los sellos mayor a la acostumbrada a esas temperaturas de trabajo. Para obtener fuerzas mayores, similares a las de la curva de sello se puede disminuir la velocidad de salida para darle más tiempo a los sellos de solidificar y así obtener un buen producto sellado a alta temperatura. Sin embargo como en este caso no se requería una fuerza mayor, no fue necesario disminuir la temperatura.

8. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FINALES

Se evaluaron las propiedades finales sólo del envase para frutos secos y se creó una ficha técnica. La tabla de propiedades se presenta a continuación en la Figura 18.

PROPIEDADES	VARIABLES	VALORES			MÉTODO	
		Materiales	μm	g/m^2		Var
Datos Generales	Espesor	NKA	19,1	27,60	$\pm 5\%$	--
		Tinta	--	1,00	$\pm 0,3\%$	--
		Adh	--	2,0	$\pm 0,3\%$	--
		NTSS	30	37,2	$\pm 5\%$	--
	Espesor total Nominal	μm		49,1	$\pm 6\%$	--
	Peso unitario	g/m^2		67,8	$\pm 6\%$	DIN ISO 536
Rendimiento	m^2/kg		14,7	$\pm 6\%$	DIN 53352	
Dimensiones envase	Ancho (mm)		108	± 2		
	Alto (mm)		170	± 2		
Propiedades Mecánicas	Resistencia a la tensión	MD	N/mm^2	84		
		TD	N/mm^2	76		
	Elongación a la ruptura	MD	%	10		
		TD	%	23		
Propiedades Térmicas	Rango de sello recomendado	$^{\circ}\text{C}$		130 - 150		
Propiedades Barreras	Permeabilidad al vapor de agua	$\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{día}$		11,0	± 2	ASTMD1249F
	Permeabilidad al oxígeno	$\text{cm}^3/\text{m}^2\cdot\text{día}\cdot\text{bar}$		0,7	$\pm 0,13$	ASTMD3985

Figura 17. Tabla de propiedades de ficha técnica de envase para snack compostable.

Se observa que la resistencia a la tensión es más baja que la esperada pero de todas maneras es un buen valor en comparación con los materiales que se utilizan en el rubro en general. La elongación también resultó ser menor a las esperadas, lo que es negativo, sin embargo estas dos propiedades no son de mayor relevancia para este tipo de envases ya que es para utilizarse con contenidos de bajo peso.

Por otro lado, las propiedades barrera resultaron ser mejores a las esperadas y estos valores sí son más relevantes para este tipo de envase.

9. CONCLUSIONES

Se logró un gran avance en el camino para la producción de envases a partir de materiales compostables en la empresa HYC packaging, pero es necesario seguir haciendo pruebas para encontrar las condiciones que llevan a mejores resultados.

En general en el mercado se encuentran materiales compostables con las propiedades requeridas para obtener envases con características similares a las de los envases convencionales. Pero en particular la barrera al vapor de agua no se logra igualar ya que es una propiedad difícil de conseguir en estos materiales, sin embargo se obtienen tasas de transferencia de vapor de agua que, bajo ciertas condiciones, pueden llegar a satisfacer los requerimientos de los clientes.

9.1 Envase para café

En cuanto al envase para café no se lograron encontrar condiciones de operación para la extrusión con las que se obtuviera un producto satisfactorio. Debido a esto no se siguió desarrollando este envase.

De la extrusión de Ecoflex bajo las condiciones de operación con las que se trabajó en HYC se lograron concluir dos importantes aspectos. Primero que se requiere de antiblock tanto en la cara externa como en la interna ya que al ser un material polar genera films con mayor bloqueo y COF. En segundo lugar, bajo este mismo contexto, se observó que la principal variable que influye en las propiedades de COF y bloqueo al poco tiempo de extruido el material es la temperatura de extrusión y no tanto los aditivos ya que la migración es más lenta. El rango de temperaturas en las que se obtiene un material con bloqueo aceptable es entre los 120 °C y 140 °C sin embargo en estas condiciones se forman geles.

Como alternativa se pueden utilizar mezclas con Ecovío y/o utilizar una extrusora en la que se puedan controlar mejor el tiempo y la temperatura de enfriamiento además de los flujos de cada tornillo. En cuanto a los aditivos, primero que todo controlando mejor los espesores de cada capa, se pueden conocer las cantidades exactas de aditivo que se está utilizando. Asumiendo que los porcentajes teóricos utilizados son los reales, se recomienda aumentar levemente el antiblock en las capas externa e interna y mantener en 0,5% el slip.

Sin embargo dadas las buenas propiedades de sello que tiene el PLA y que además es hecho a partir de recursos renovables se recomienda utilizar éste como capa de sello en vez de Ecoflex.

9.2 Envase para frutos secos

Se obtuvo un envase para frutos secos elaborado a nivel industrial con características que están cerca de satisfacer las necesidades de los clientes, pero tienen algunas cualidades que aún se deben mejorar.

Si se quiere certificar este envase como compostable sería necesario utilizar adhesivos especialmente diseñados ya que los gramajes requeridos para una buena laminación representan un porcentaje del envase mayor al 1% que es lo permitido por las normas ASTM 6400 y EN 13432 .

Las condiciones de operación que se encontraron para poder procesar los materiales compostables para elaborar un envase de frutos secos no son necesariamente las óptimas pero, a excepción de laminado, sirven para obtener un buen producto.

La impresión del acetato de celulosa es relativamente simple, se imprimió con tinta para PET por tener mejor anclaje. Se deben utilizar temperaturas altas (180 °C para 180 m/min) en la evaporación de los solventes para obtener un buen resultado.

La laminación de PLA con acetato de celulosa se logró pero insatisfactoriamente. Se trabajó con el adhesivo de Henkel por ser menos agresivo con la tinta y se determinó que se necesita tratamiento corona pero no se hicieron pruebas para saber de cuánto. Se obtuvo una fuerza de laminación de 200 [kgf/25mm] y un aspecto afectado por burbujas de adhesivo. Para saber a qué se deben se requieren más pruebas.

Se logró un sello de 0,53 [kgf/15mm] en la zona transversal y de 1,20 y 1,31[kgf/15mm] en las zonas laterales. Esto con temperaturas de 195°C y 215°C respectivamente. Según la curva de sello se podrían haber logrado fuerzas de más de 2 [kgf/15mm] pero a mayores temperaturas ocurre deformación en el sello.

Las propiedades finales del envase para frutos secos que se obtuvieron fueron en el caso de las barreras mejores a las esperadas y en el caso de las mecánicas levemente peores. De estos resultados se puede concluir que el envase es efectivo para empacar frutos secos pero la vida útil que podría alcanzar no se determinó.

10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] PlasticsEurope. Plastics - the Facts 2011.(en línea) < <http://www.plasticseurope.co.uk/Document/plastics---the-facts2011.aspx?Page=DOCUMENT&FolID=2> > [consultado el 18 de Enero 2012]
- [2] EUROPEAN BIOPLASTICS. Bioplastics. (en línea)< <http://en.european-bioplastics.org/bioplastics/> > [consultado el 29 de Junio 2011]
- [3] EUROPEAN BIOPLASTICS. Environment. (en línea) < <http://en.european-bioplastics.org/environment> > [consultado el 29 de Junio 2011]
- [4] Fondo de protección ambiental. Ministerio del medio ambiente. Gobierno de Chile. (en línea) < <http://www.fpa.conama.cl/> > [consultado el 18 de Enero 2012].
- [5] Programación 2010-2014. Cuenta pública 2010. Ministerio del medio ambiente. Gobierno de Chile.(en línea) < <http://www.gob.cl/cuenta-publica-2010/ministerio-del-medio-ambiente/programacion-2010-2014/>> [consultado el 18 de Enero 2012].
- [6] ECOEMBES. Proyecto análisis de Bioplásticos Septiembre 2009. (en línea)< http://www.ecoembes.com/es/documentacion/Estudiosidi/images/Documents/Pl%C3%A1sticos/RESUMEN_EJECUTIVO.pdf >[consultado el 29 de Junio 2011]
- [7] Norma Chilena 746 n.72. Alimentos procesados – Envases – terminología, clasificación y características generales.
- [8] Richard Coles .Food packagign technology. Introduction. 1.5 Basic functions of packaging. Blackwell Publishing Ltd, 2003.
- [9] Helen Brown, James Williams. Food packagign technology.3 Packaged product quality and shelf life. Blackwell Publishing Ltd, 2003.
- [10] M. Kirwan, J. Strawbridge, Food packagign technology.7 Plastics in food packaging. 7.1 Introduction. 2003 Blackwell Publishing Ltd.
- [11] Michael Tolinski. Additives for Polyolefins. 2009. Elsevier Inc.
- [12] Kirk cantor. Blown Film Extrusion An introduction. Hanser. Munich 2006
- [13] M. Kirwan, J. Strawbridge, Food packagign technology. Plastics in food packaging.7.6.Printing 2003 Blackwell Publishing Ltd.
- [14] M. Kirwan, J. Strawbridge, Food packagign technology. Plastics in food packaging. 7.5. Secondary conversion techniques. 2003 Blackwell Publishing Ltd.

- [15] M. Kirwan, J. Strawbridge. Food packaging technology. Plastics in food packaging.7.9.2 Heat sealing. 2003 Blackwell Publishing Ltd.
- [16] ASTM D6400-04. Standard Specification for Compostable Plastics. Jun 28 2011.
- [17] ECOEMBES. Proyecto análisis de Bioplásticos Septiembre 2008. (en línea) <http://www.ecoembes.com/es/documentacion/Estudiosidi/images/Documents/Pl%C3%A1sticos/Informe%20sobre%20biodegradabilidad%20te%C3%B3rica%20de%20envases%20BPL.pdf> >[consultado el 29 de Junio 2011]
- [18] V. Siracusa, P. Rocculi, S. Romani, M. Rosa, Biodegradable polymers for food packaging: a review. Trends in Food Science and Technology 19(2008) 634-643
- [19] M. Yamamoto, U. Witt, G. Skupin, D. Beimborn, R. J. Müller. Biodegradable Aliphatic-Aromatic Polyesters: "Ecoflex". Biopolymers Online. 15 Enero 2005. WILEY online library.
- [20] L. Liu. Bioplastics in Food Packaging: Innovative Technologies for Biodegradable Packaging. San Jose State University Packaging Engineering. (en línea) < <http://www.iopp.org/files/public/SanJoseLiuCompetitionFeb06.pdf> > [consultado el 19 de Enero 2012]
- [21] J-F ZHANG and X SUN. Poly(lactic acid)-based bioplastics. Woodhead Publishing Limited. 2005. Kansas State University, USA
- [22] R. Catalán, A. Neira, B.L. Rivas. Estudio de la copolimerización por injerto de acrilonitrilo en fibra celulósica secundaria. Bol. Soc. Chil. Quím. v.47 n.1 Concepción mar. 2002. (en línea) < http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0366-16442002000100008&script=sci_arttext >[consultado el 19 de Enero 2012]
- [23] ExxonMobil Chemical. Tip from Technology. Slip and Anti-Block additives in polyethylene films. Technology volume no. 1.
- [24] M. Madrid Vega. Seminario sobre adhesivos. Departamento técnico. Henkel LOCTITE.

ANEXOS

ANEXO A: Fichas técnicas

Product Information

Version 1.0

Ecoflex® F BX 7011 – Biodegradable polyester for compostable film

26.05.2004
E-KSP/SB – E 100
Gabriel Skupin
T:+49-621-60-41912

Product description

Ecoflex® F BX 7011 is our biodegradable, statistical, aliphatic-aromatic copolyester based on the monomers 1,4-butanediol, adipic acid and terephthalic acid for film extrusion.

Ecoflex® F BX 7011 has properties similar to PE-LD because of its high molecular weight and its long chain branched molecular structure

- Transparent to translucent, semi-crystalline structure with DSC melting point in the range of PE-LD: 110 – 120 °C
- High ultimate elongation at break and high failure energy (dart drop)
- High, but controllable water vapour transmission rate (WVTR)
- MVR (190 °C, 2,16 kg): 2,5 – 4,5 ml/10 min.
- Good thermostability up to 230 °C
- No predrying of pellets
- Good processability on blown film lines
- Down gaging to 10 µm possible
- Weldable and printable

Ecoflex® F BX 7011 fulfils the requirements of the European standard DIN EN 13432, the US standard ASTM D 6400 and the Japanese GreenPla standard for compostable and biodegradable polymers, because it can be degraded by micro-organisms. The biodegradation process in soil depends on the specific environment (climate, soil quality, population of micro-organisms).

Ecoflex® F BX 7011 is one of the few biodegradable plastics, which complies in its composition with the European and American food stuff legislation for food contact (EU: Directive 2002/72/EC and US: Food Contact Notification FCN 372). Specific limitations and more details are given on request. The converter or packer has to check the suitability of the article for the application.

Ecoflex® F BX 7011 exhibits an excellent compatibility to other biodegradable polymers e.g. in dry blends with polylactic acid, biodegradable aliphatic polyesters or starch compounds (e.g. Ecoflex® S BX 7025, starch, additives). The processing of Ecoflex® F BX 7011 on extrusion lines depends on the formulation, the extrusion technology and processing conditions. Trials are always recommended to assess the quality of the final product.

According to our experience predrying of Ecoflex® F BX 7011 prior to conversion is not required if more than 50 % of Ecoflex® F BX 7011 is used in the formulation keeping Ecoflex® F BX 7011 in the coherent phase. In this case Ecoflex® F BX 7011 contributes significantly to the performance of a formulation in processing and application.

Form supplied and storage

Ecoflex[®] F BX 7011 is supplied as lensshaped pellets in 1 t big bags or bulk containers. Temperatures during transportation and storage may not exceed 70 °C at any time. Storage time may not surpass 12 month at room temperature (23 °C).

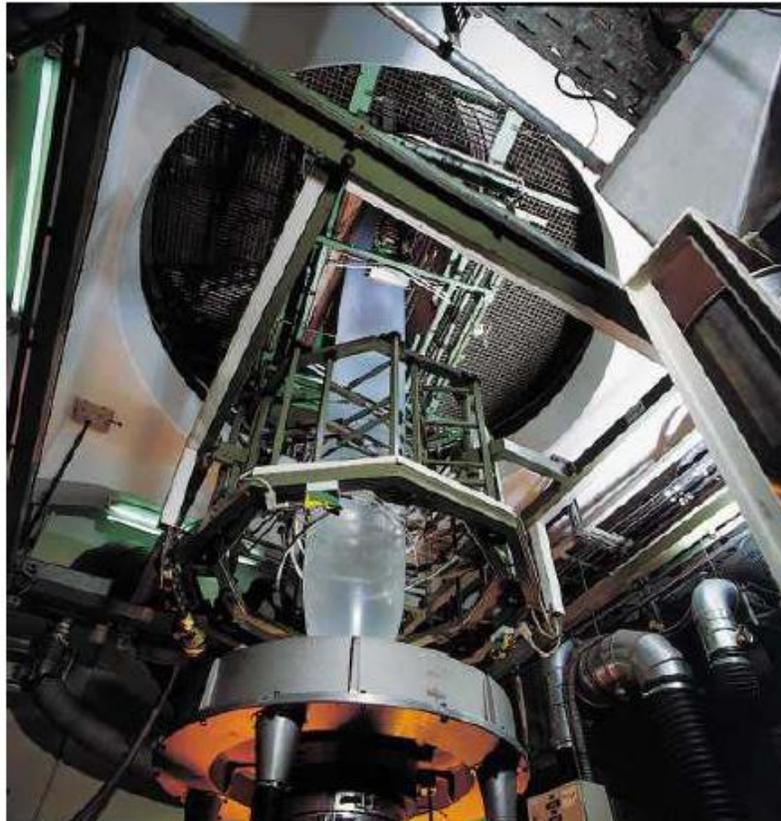
Quality Control

Ecoflex[®] F BX 7011 is produced as a standard material in a continuous production process according to DIN EN ISO 9001: 2000. The melt volume rate, MVR, at 190 °C, 2.16 kg, according to ISO 1133 has been defined as specified parameter for quality control. A certificate can be provided with each lot number (10 t) upon request. In order to obtain a high accuracy for the MVR measurement the granules should be predried for 30 minutes at 70 °C using e.g. an electronic moisture analyser (e.g. Sartorius MA 40). Other data given in our literature are typical values, which are not part of our product specification for Ecoflex[®].

Applications

Ecoflex[®] F BX 7011 has been developed for the conversion to flexible films using a blown film or cast film process. Typical applications are packaging films, agricultural films and compost bags. In view of numerous factors influencing functionality and shelf life of Ecoflex[®] films and finished articles made thereof these parameters have to be tested by the converters before utilisation.

We supply technical service information concerning the blown or cast film process with Ecoflex[®] F BX 7011 on demand.



Blown film production with **Ecoflex[®] F BX 7011**

Typical basic material properties of **Ecoflex® F BX 7011**

Property	Unit	Test Method	Ecoflex® F BX 7011	Lupolen 2420 F
Mass density	g/cm ³	ISO 1183	1.25 – 1.27	0.922 – 0.925
Melt flow rate MFR 190 °C, 2,16 kg	g/10 min.	ISO 1133	2.7 – 4.9	0.6 – 0.9
Melt volume rate MVR 190 °C, 2,16 kg	ml/10 min.	ISO 1133	2.5 – 4.5	0.8 – 1.2
Melting point	°C	DSC	110 - 120	111
Shore D hardness	-	ISO 868	32	48
Vicat VST A/50	°C	ISO 306	80	96

Typical properties of **Ecoflex® F BX 7011** blown film, 50 µm

Property	Unit	Test Method	Ecoflex® F BX 7011	Lupolen 2420 F
Transparency	%	ASTM D 1003	82	89
Tensile strength	N/mm ²	ISO 527	35/44	26/20
Ultimate strength	N/mm ²	ISO 527	36/45	-
Ultimate Elongation	%	ISO 527	560/710	300/600
Failure Energy (Dyna Test)	J/mm	DIN 53373	24	5.5
Permeation rates:				
Oxygen	cm ³ /(m ² d*bar)	DIN 53380	1400	2900
Water vapour	g/(m ² *d)	DIN 53122	170	1.7

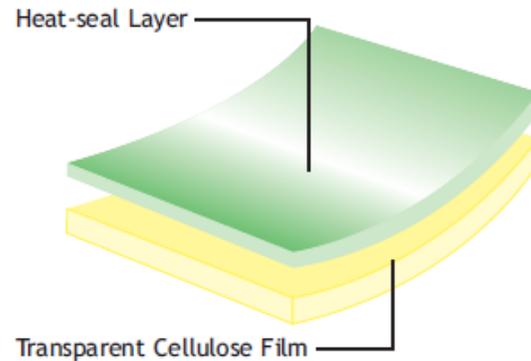
The information submitted in this document is based on our current knowledge and experience. In view of the many factors that may affect processing and application, these data do not relieve processors of the responsibility of carrying out their own tests and experiments; neither do they imply any legally binding assurance for a special purpose. It is the responsibility of those to whom we supply our products to ensure that any proprietary rights and existing laws and legislation are observed.

NatureFlex™ 22 D-NE

Data

Features - Transparent 1 Side Coated Heat-sealable Compostable Film

- Based on renewable resources
- Certified as compostable in both industrial and home composting environments, also suitable for anaerobic digestion
- Heat-sealable on coated side
- Good transparency and gloss
- Superb dead-fold characteristics
- Inherent anti-static properties
- Good barrier to gases and aromas
- Resistant to oils and greases



Applications

22 D-NE has been designed for use in laminate structures together with paper or alternative biodegradable films. Lamination should be made to the uncoated surface.

Technical Properties (Typical Values)

Property	Test Basis	Test Conditions	Units	22 D-NE
Thickness	Innovia Films test		micron	22.2
Yield	Innovia Films test		m ² /kg g/m ²	31.3 32.0
Permeability to: Water vapour	BS 3177 DIN 53122 ASTM E96	25° C 75% RH	g/m ² .24 hrs	25
		23° C 85% RH		25
		38° C 90% RH		50
Oxygen	ASTM F 1927	23° C 0% RH	cc/m ² .24 hrs	1.0
Optical: Gloss	ASTM D 2457	45°	units	90
Haze (wide angle)	ASTM D 1003	2.5°	%	6.0
Coefficient of friction (coated to coated)	ASTM D 1894	Dynamic		0.3
Tensile strength	ASTM D 882		MN/m ² MD TD	125 70
Elongation at break	ASTM D 882		% MD TD	22 70
Elasticity modulus (1% secant)	ASTM D 882		MN/m ² MD TD	>3000 >1500
Sealing range (coated side)	Innovia Films test	0.5 secs; 69 kN/m ²	°C	80-200
Seal strength	Innovia Films test	135° C; 0.5 secs; 69 kN/m ²	g(f)/25mm	>400

All properties are tested under standard laboratory conditions: 23± 2°C; 50±5% RH, unless otherwise stated.
 Where relevant, tests are based on international testing standards.
 MD Machine Direction TD Transverse Direction

NatureFlex™ 22 D-NE Data

Reel Specifications

Nominal Reel Diameters

Film	Length/ (metres)			
	22µ	1700	3400	6800
Outside Diameter for 77mm Core	240mm	330mm	450mm	ns
Outside Diameter for 153mm Core	ns	355mm	475mm	570mm

ns = non-standard

Other reel lengths are available subject to negotiation.

Compostability



NatureFlex 22D-NE film is certified to the Industrial Composting norms, EN13432 and ASTM D6400, and to OK Compost's Home Composting Standard.



Film Storage & Use

To maintain the high quality of this product during storage it is recommended that NatureFlex 22 D-NE should be stored in its original wrapping away from any source of local heating or direct sunlight.

Recommended conditions of storage are:

Temperature: 17-23°C

Relative Humidity: 35-55%

NatureFlex 22 D-NE is suitable for use for 6 months from the date of delivery and stocks should be used in rotation.

Films should be allowed to reach operating room temperatures for 24 hours before use.

Food Contact

NatureFlex 22 D-NE complies with the applicable legislation for most ambient applications involving direct contact with foods.

Full details are given on the Declaration of Compliance. Customers intending to use NatureFlex 22 D-NE in a food contact application should request a copy of this document from Innovia Films. Details of compliance with food contact legislation in other countries are also available upon request.

Health & Safety Guidelines

For Health and Safety information, please refer to literature reference N190.



www.innoviafilms.com
 email: filmsinfo@innoviafilms.com
 ™Trademark of Innovia Films Group

Sales Offices

Europe (UK)	Tel +44 (0)16973 42281
Americas (USA)	Tel +1 877 822 3456
Asia-Pacific (Aus)	Tel +61 3 9303 0600

Disclaimer: Innovia Films or any of its affiliated companies (hereinafter "Innovia Films") declines any liability with respect to the use made by any third party of the information contained herein. The information contained herein represents Innovia Film's best knowledge thereon without constituting any express or implied guarantee or warranty of any kind (including, but not limited to, regarding the accuracy, the completeness or relevance of the data set out herein). Innovia Films is the sole owner or authorised user of the intellectual property rights relating to the information communicated.

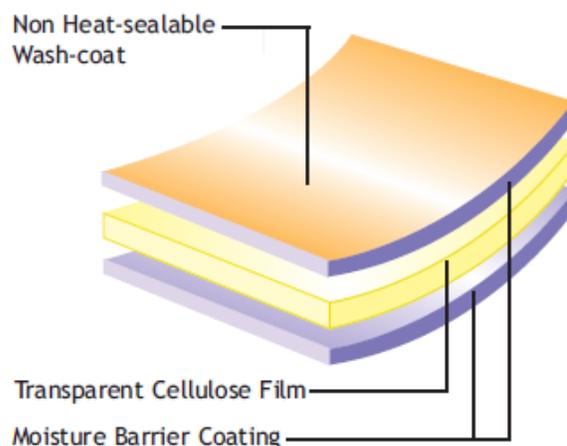
The information relating to the use of the products is given for information purposes only. No guarantee or warranty is provided that the product is adapted to the client's specific use. The client should perform his own tests to determine the suitability for a particular purpose. The final choice of use of a product remains the sole responsibility of the client.

NatureFlex™ NKA

Data

Features - Transparent High Barrier Compostable Film

- Based on renewable resources
- Certified as compostable in an industrial composting environment
- Pending certification for home composting
- Excellent moisture barrier
- Formulated for enhanced print and conversion receptivity
- Excellent transparency and gloss
- Superb dead-fold properties
- Inherent anti-static properties
- Controlled slip characteristics
- Excellent barrier to gases and aromas
- Resistant to oils and greases
- One side heat-sealable



Applications

NKA film has been formulated to provide enhanced moisture barrier by the addition of a small amount of PVdC. One surface has an additional wash-coat which renders that surface non heat-sealable. The target application is as a barrier print carrier web in lamination structures such as sachets and stand up pouches.

NKA can be used in typical adhesive and extrusion laminations.

Technical Properties (Typical Values)

Property	Test Basis	Test Conditions	Units	NKA	
				19µ	42µ
Thickness	Innovia Films test		micron	19.1	41.7
Yield	Innovia Films test		m ² /kg g/m ²	36.3 27.6	16.7 60.0
Permeability to Water vapour	ASTM E96	38°C 90% RH	g/m ² .24 hrs	15	
Oxygen	ASTM F 1927	23°C 0-5% RH 23°C 50% RH	cc/m ² .24 hrs. bar	1.0 5.0	
Optical: Gloss	ASTM D 2457	45°	units	105	
Haze (wide angle)	ASTM D 1003	2.5°	%	4.5	
Coefficient of friction (film to film)	ASTM D 1894	Static Dynamic		0.35 0.30	
Tensile strength	ASTM D 882		MN/m ² MD TD	125 70	
Elongation at break	ASTM D 882		% MD TD	22 70	
Elasticity modulus (1% secant)	ASTM D 882		MN/m ² MD TD	>3000 >1500	
Sealing range	Innovia Films test	0.5 secs; 69 kN/m ²	°C	115-170	
Seal strength	Innovia Films test	135°C; 0.5 secs; 69 kN/m ²	g(f)/25mm	250	

All properties are tested under standard laboratory conditions: 23±2°C; 50±5% RH, unless otherwise stated.
MD Machine Direction TD Transverse Direction

NatureFlex™ NKA Data

Reel Specifications

Nominal Reel Dimensions

Film	Lengths (m str roll)			
	19µ 42µ	1900 900	3800 1800	7600 3600
Outside Diameter for 7.7mm Core	340mm	330mm	450mm	ns
Outside Diameter for 1.53mm Core	ns	355mm	475mm	570mm

ns = non-standard

Other reel lengths are available subject to negotiation.

Compostability

NatureFlex NKA film is certified to the Industrial Composting norm, ASTM D6400, by the BPI and is pending certification to EN13432 by D'in Certco. NatureFlex NKA is also pending certification to OK Compost's Home Composting Standard.



Film Storage

To maintain the high quality of this product during storage it is recommended that NatureFlex NKA should be stored in its original wrapping away from any source of local heating or direct sunlight.

Recommended conditions of storage are:

Temperature: 17-23°C

Relative Humidity: 35-55%

NatureFlex NKA is suitable for use for 6 months from the date of delivery and stocks should be used in rotation.

Film should be allowed to reach operating room temperatures for 24 hours before use.

Food Contact

NatureFlex NKA complies with the applicable legislation for most ambient applications involving direct contact with foods.

Full details are given on the Declaration of Compliance. Customers intending to use NatureFlex NKA in a food contact application should request a copy of this document from Innovia Films. Details of compliance with food contact legislation in other countries are also available upon request.

Health & Safety Guidelines

For Health and Safety information, please refer to literature reference M190.



www.innoviafilms.com
 email: filmsinfo@innoviafilms.com
 *Trademark of Innovia Films Group

Sales Offices

Europe (UK)	Tel +44 (0)16973 42281
Americas (USA)	Tel +1 877 822 3456
Asia-Pacific (Aus)	Tel +61 3 9303 0600

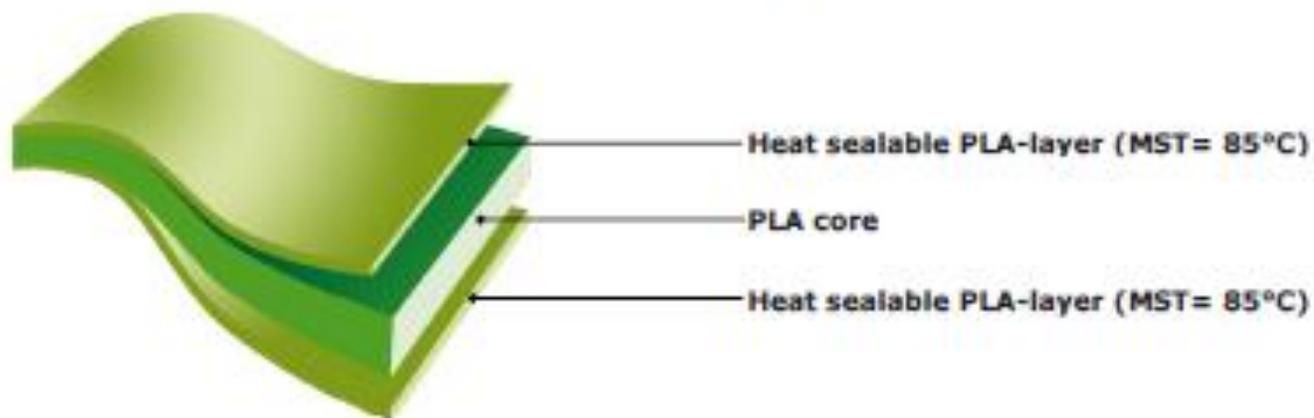
Disclaimer: Innovia Films or any of its affiliated companies (hereinafter "Innovia Films") declines any liability with respect to the use made by any third party of the information contained herein. The information contained herein represents Innovia Films' best knowledge thereof without constituting any express or implied guarantee or warranty of any kind (including, but not limited to, the accuracy, the completeness or relevance of the dataset set herein). Innovia Films is the sole owner or authorized user of the intellectual property rights relating to the information communicated.

The information relating to the use of the products is given for information purposes only. No guarantee or warranty is provided that the product is adapted to the client's specific use. The client should perform its own tests to determine the suitability for a particular purpose. The final choice of use of a product remains the sole responsibility of the client.



NATIVIA™ NTSS

BoPLA transparent film, both sides
heat sealable, biodegradable



ENVIRONMENTAL

- Made from annually renewable source
- Biodegradable into carbon dioxide, water and biomass by microbial digestion
- Certified DIN EN 13432 (7H0052) for Compostable intermediates.

This logo can be used for final products which are made of this intermediate and certified with a 7P-number as final products at DIN CERTCO.



- Certified AIB-VINCOTTE Internationale (class 4)
OK biobased (S206)



PROPERTIES

- Heat sealable on both sides
- Good mechanical properties
- High stiffness
- Good oxygen barrier
- Excellent moisture transmission
- Good slip properties
- Resistant to oil, fat and alcohol
- Excellent twist retention

TYPICAL APPLICATIONS

- Rotogravure and flexographic printing
- Lamination
- Single web structure
- Hffs and vffs packaging
- Twist and Dead Fold
- General wrapping

ROLL SIZE AVAILABILITY*

Film	Standard Length (m)	4x ** (m)	7x (m)
NATIVIA™ NTSS 20	3,200	12,800	22,400
NATIVIA™ NTSS 25	2,550	10,200	17,850
NATIVIA™ NTSS 30	2,100	8,400	14,700
NATIVIA™ NTSS 35	1,800	7,200	12,600
NATIVIA™ NTSS 40	1,600	6,400	11,200
NATIVIA™ NTSS 50	1,300	5,200	11,200
Outside diameter - core 76 mm	305 mm	588 mm	
Outside diameter - core 152 mm	337 mm	605 mm	783 mm

*Regional availability of roll sizes (multiples of standard length)-please refer to the corresponding Sales Representative

**Length rolls on 152 mm cores will be produced with reduced length in Europe to maintain roll diameters below 600 mm

Properties	Method	Unit	Ref.	Typical values					
Nominal thickness	Internal method	µm		20	25	30	35	40	50
Unit weight		g/m ²		24.8	31.0	37.2	43.4	49.6	62.0
Yield		m ² /kg		40.3	32.3	26.9	23.0	20.2	16.1
Tensile strength	ASTM D882	N/mm ²	MD TD	105 205					
Elongation at break		%	MD TD	190 90					
Dynamic COF	ASTM D1894		NT/NT	0.35					
Haze	ASTM D1003	%		2.0		3.0		4.5	
Gloss (45°)	ASTM D2457	Gloss Unit		80					
Heat seal range	Internal method	°C		85 - 140					
Seal strength	Internal method 85°C ; 0.5 s	g/cm		250		350			
Treatment Level	ASTM D2578	mN/m		≥ 37					
Water vapour permeability	ASTM F1249 (38°C - 90% RH)	g/m ² /d		440	330	270	230	200	170
Oxygen permeability	ASTM D3985 (23°C - 0% RH)	cm ³ /m ² /d		1100	900	730	630	540	430

Order volume tolerance		
	≤ 1.000 kg	± 20%
Weight	1.001-10.000 kg	± 10%
	> 10.000 kg	± 5%

PRINTABILITY/LAMINATION

NATIVIA™ can be converted on flexo- and rotogravure print presses. In comparison to other polyolefin substrates, it needs rather low drying temperatures and a high airflow for best print results. Any solvent, except Ethyl Acetate, can be used. Ethyl Acetate will cause swelling effects up to total disintegration of the PLA. It is important to contact your ink and/or adhesive supplier for best choice of products. Appropriated tests should be carried out before converting.

STORAGE, HANDLING AND APPLICATION

NATIVIA™ NTSS does not require special storage conditions. A storage temperature below 30°C is needed in order to minimise the deterioration of the film properties in general. It is advisable to turn over the inventory according to the delivery date (first in - first out). The film should be conditioned in the operating environment at least for 24 hours before processing. NATIVIA™ NTSS is suitable for use up to 6 months from the date of production, if properly stored.

INDICATION OF SURFACE TREATMENT

NATIVIA™ NTSS is presenting a natural surface tension of 37 mN/m on both sides without decay over time. NATIVIA™ NTSS can be supplied either with additional corona treatment on the outside surface (TO) or on the inside surface (TI). This must be agreed with our sales representative before processing the order.

FOOD CONTACT

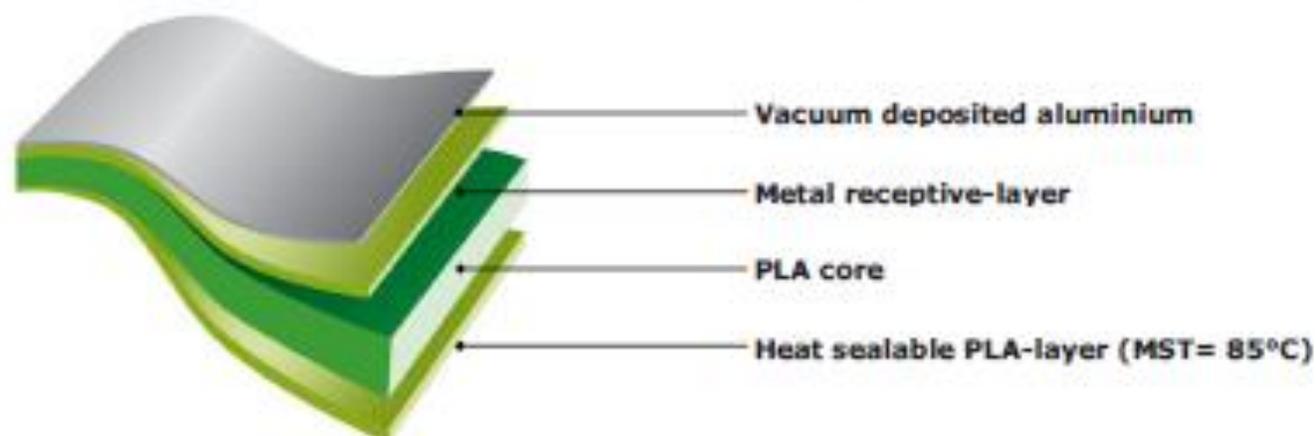
NATIVIA™ NTSS complies with EC regulations. Specific documents and MSDS are available on request.

The property values represented in the table do not constitute product specifications, but represent the average or typical values. Use of this information is limited to the specific recipient. While the information is accurate to the best of our knowledge as of the date compiled, it is limited to the information as specified. No representation or warranty, expressed or implied, is made regarding the information, or its completeness or fitness to a particular use. The user is solely responsible for all determinations regarding use and we disclaim liability for any loss or damage that may occur from the use of this information. TI does not guarantee the typical (or other) values.



NATIVIA™ NZSS

BoPLA metallised film, heat sealable, biodegradable



ENVIRONMENTAL

- Made from annually renewable source
- Biodegradable into carbon dioxide, water and biomass by microbial digestion
- Certified DIN EN 13432 (7H0053) for Compostable intermediates.

This logo can be used for final products which are made of this intermediate and certified with a 7P-number as final products at DIN CERTCO.



- Certified AIB-VINCOTTE Internationale (class 4) OK biobased (S206)



PROPERTIES

- High oxygen barrier
- Good moisture barrier
- One side heat sealable
- Good mechanical properties
- High stiffness
- Excellent twist retention

TYPICAL APPLICATIONS

- Rotogravure and flexographic printing
- Lamination
- Single web structure
- Hffs and vffs packaging
- Twist and Dead Fold
- General wrapping

ROLL SIZE AVAILABILITY*

Film	Standard Length (m)	4x ** (m)	7x (m)
NATIVIA™ NZSS 20	3,200	12,800	22,400
NATIVIA™ NZSS 25	2,550	10,200	17,850
NATIVIA™ NZSS 30	2,100	8,400	14,700
Outside diameter - core 76 mm	305 mm	588 mm	
Outside diameter - core 152 mm	337 mm	605 mm	783 mm

*Regional availability of roll sizes (multiples of standard length)-please refer to the corresponding Sales Representative

**Length rolls on 152 mm cores will be produced with reduced length in Europe to maintain roll diameters below 600 mm

Properties	Method	Unit	Ref.	Typical values		
Nominal thickness	Internal method	µm		20	25	30
Unit weight		g/m ²		24.8	31.0	37.2
Yield		m ² /kg		40.3	32.3	26.9
Tensile strength	ASTH D882	N/mm ²	MD TD	105 205		
Elongation at break		%	MD TD	190 90		
Dynamic COF	ASTH D1894		NT/NT	0.50		
Optical density (O.D.)	Internal Method			2.3		
Heat seal range	Internal method	°C		85 - 140		
Seal strength	Internal method 85°C ; 0.5 s	g/cm		250	350	
Oxygen permeability	ASTHD3985 (23°C - 0% RH)	cm ³ /m ² /d		12		
Water vapour permeability	ASTMF1249 (38°C - 90% RH)	g/m ² /d		2.3		

Order volume tolerance		
	≤ 1.000 kg	± 20%
Weight	1.001-10.000 kg	± 10%
	> 10.000 kg	± 5%

PRINTABILITY/LAMINATION

NATIVIA™ can be converted on flexo- and rotogravure print presses. In comparison to other polyolefin substrates, it needs rather low drying temperatures and a high airflow for best print results. Any solvent, except Ethyl Acetate, can be used. Ethyl Acetate will cause swelling effects up to total disintegration of the PLA. It is important to contact your ink and/or adhesive supplier for best choice of products. Appropriated tests should be carried out before converting.

STORAGE, HANDLING AND APPLICATION

NATIVIA™ NZSS does not require special storage conditions. A storage temperature below 30°C is needed in order to minimise the deterioration of the film properties in general. It is advisable to turn over the inventory according to the delivery date (first in - first out). The film should be conditioned in the operating environment at least for 24 hours before processing. NATIVIA™ NZSS is suitable for use up to 6 months from the date of production, if properly stored.

INDICATION OF SURFACE TREATMENT

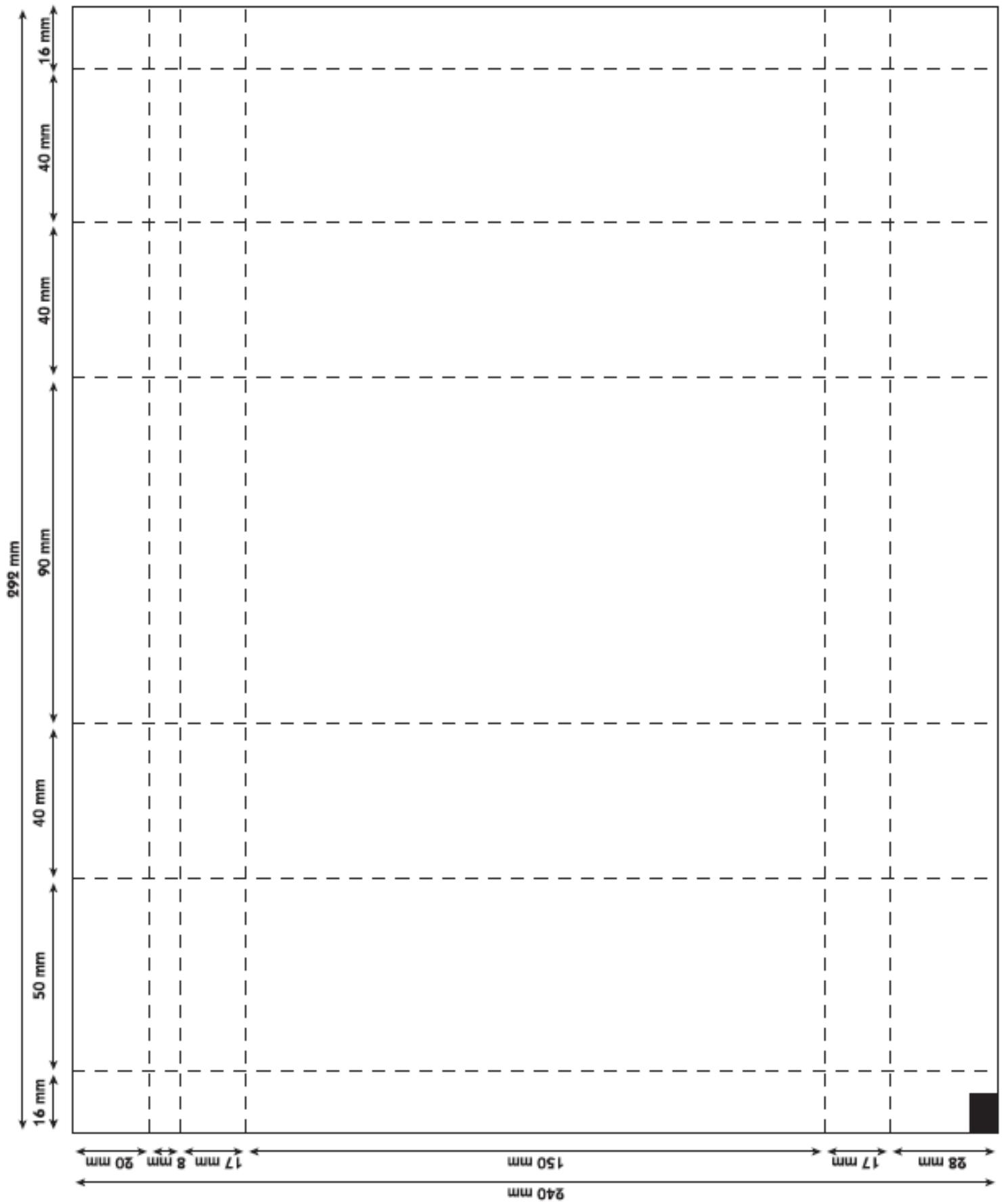
NATIVIA™ NZSS is usually supplied with aluminium on the outside surface (TO).

FOOD CONTACT

NATIVIA™ NZSS complies with EC regulations. Specific documents and MSDS are available on request.

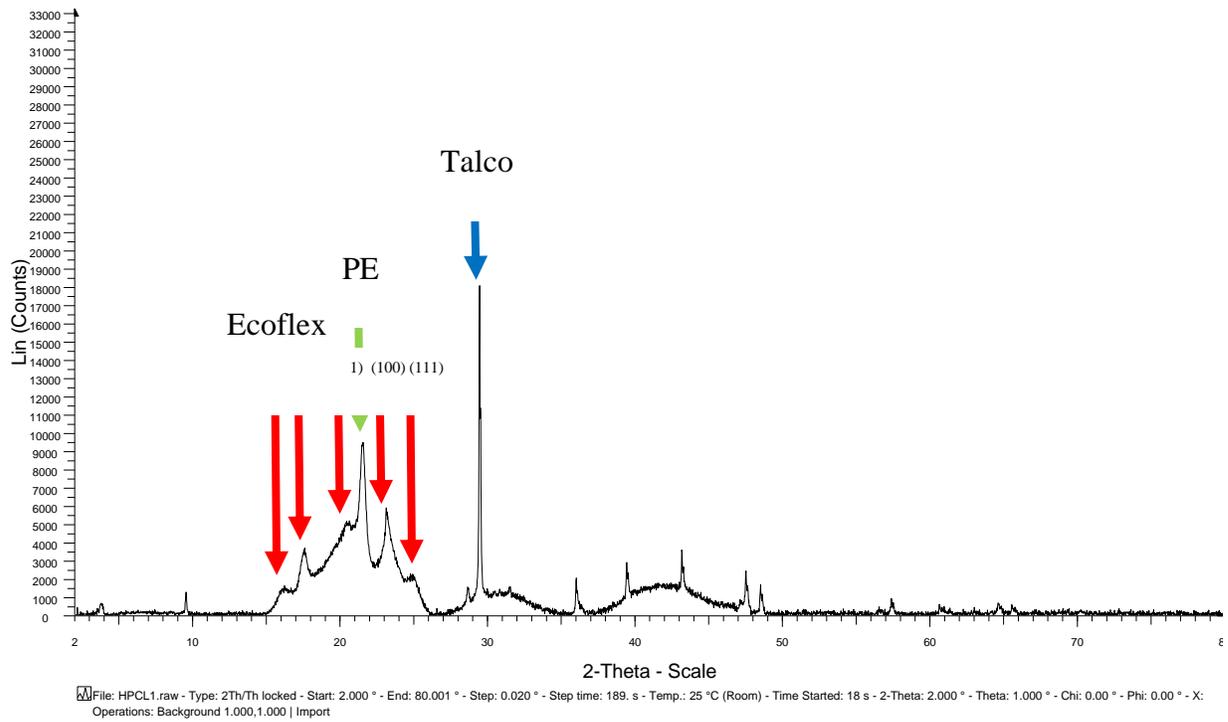
The property values represented in the table do not constitute product specifications, but represent the average or typical values. Use of this information is limited to the specific recipient. While the information is accurate to the best of our knowledge as of the date compiled, it is limited to the information as specified. No representation or warranty, expressed or implied, is made regarding the information, or its completeness or fitness to a particular use. The user is solely responsible for all determinations regarding use and we disclaim liability for any loss or damage that may occur from the use of this information. TI does not guarantee the typical (or other) values.

ANEXO B: Planos

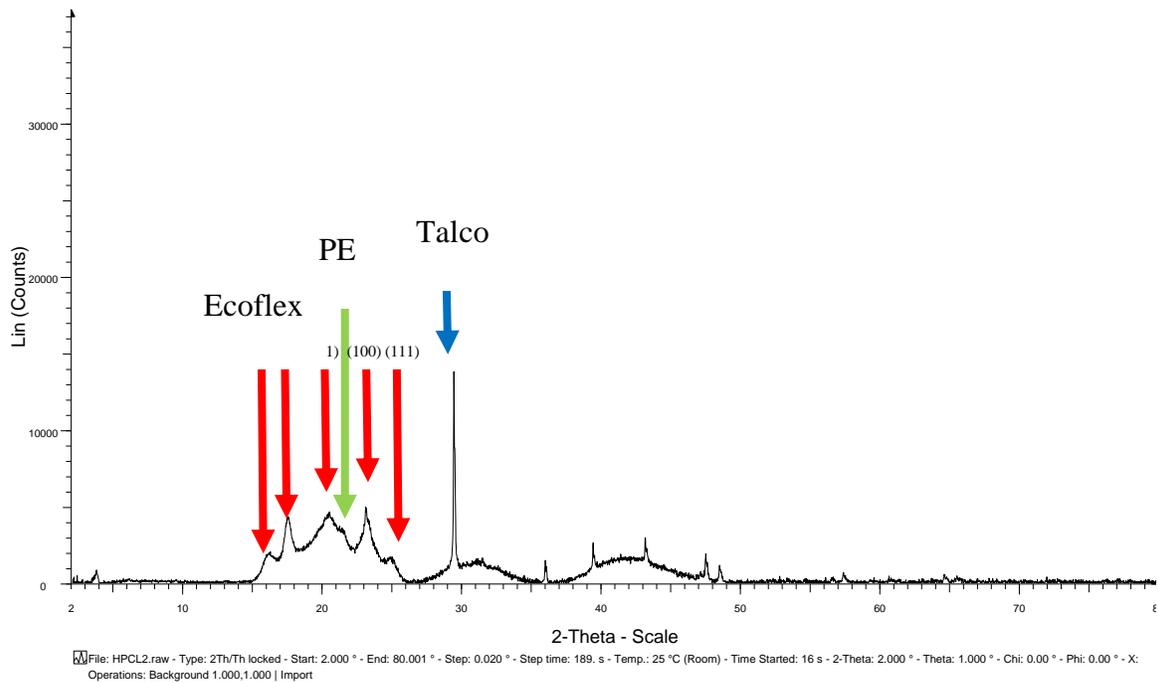


ANEXO C: Difracción de rayos X.

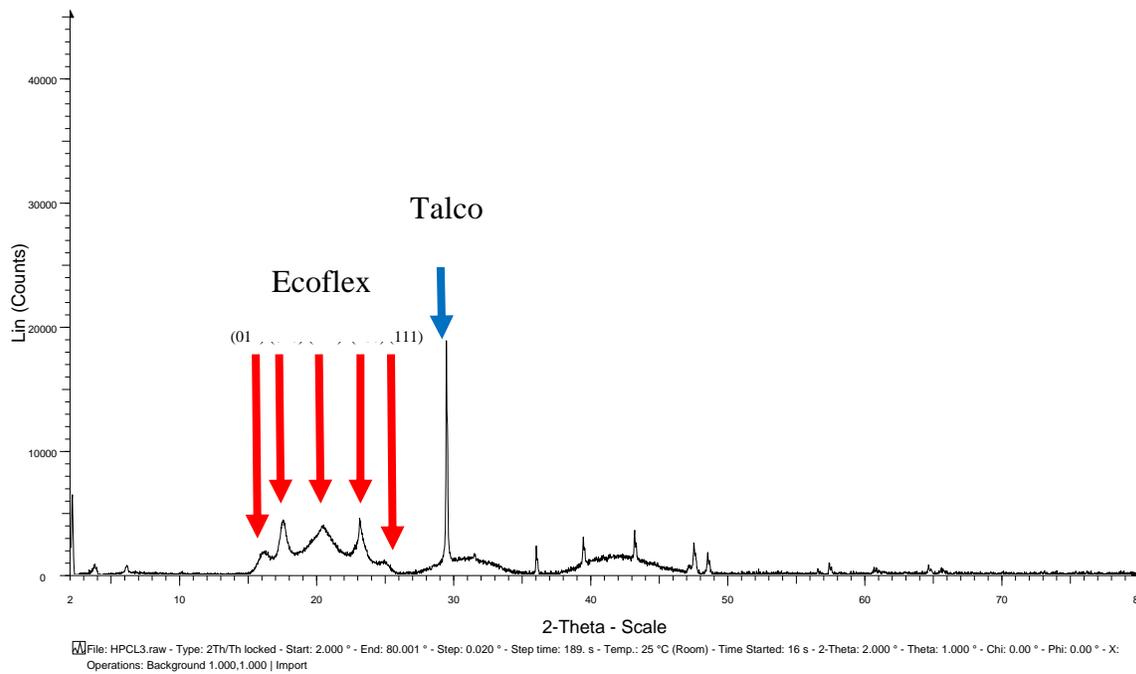
Muestra de bobina con PE



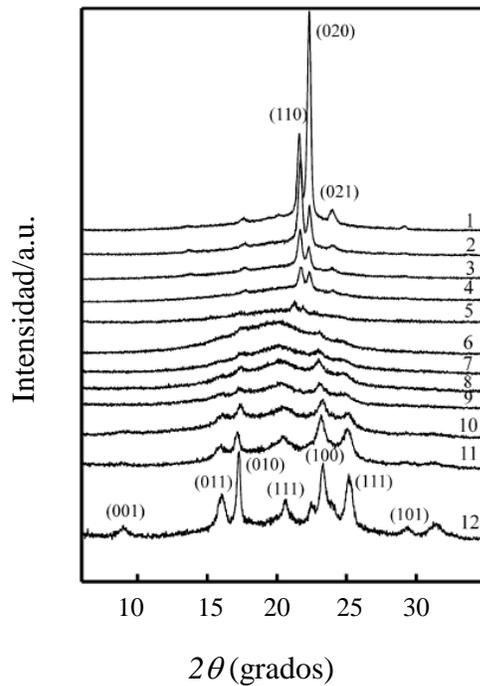
Muestra de bobina a 10 minutos de comenzada la extrusión.



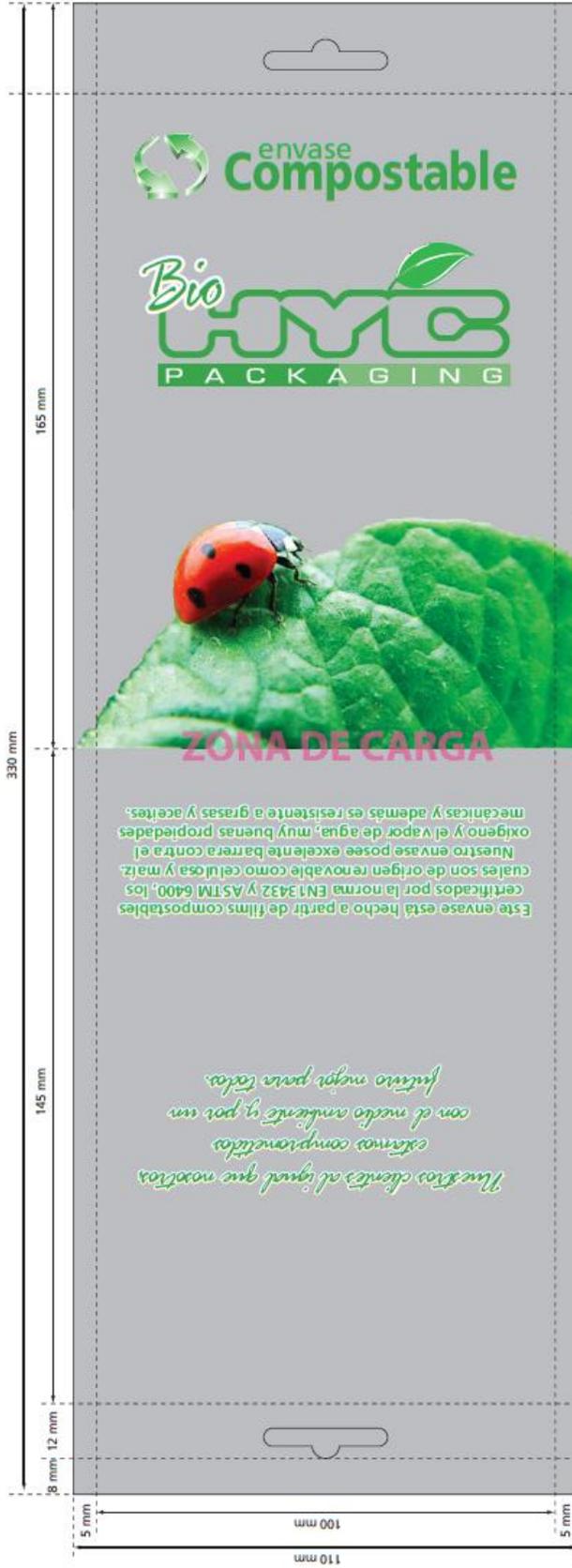
Muestra de bobina a 1 hora de comenzada la extrusión.



Patrones de WAXD de PBAT con diferentes proporciones de comonómeros. 9:Ecoflex P(BA-co-44% molBT). [Enic Azalia Quero Mieres, Anteproyecto de grado, Universidad simón Bolívar, Departamento de ciencias de los materiales, Sartenejas, 22 Noviembre 2007]



ANEXO D: Artes



Este envase está hecho a partir de films compostables certificados por la norma EN13432 y ASTM 6400, los cuales son de origen renovable como celulosa y maíz. Nuestro envase posee excelente barrera contra el oxígeno y el vapor de agua, muy buenas propiedades mecánicas y además es resistente a grasas y aceites.

*Nuestros clientes al igual que nosotros
caminos compostados
con el medio ambiente y, por un
futuro mejor para todos.*

PT-9999-9006-01

APROBACIÓN CLIENTE PRUEBA DE COLOR
E.P.C.

IMPORTANTE

ESTIMADO CLIENTE: Informamos a Usted que el presente ARTE contiene información gráfica como logos, códigos de barras, dimensiones y aplicaciones S.A., por lo tanto, cualquier uso no autorizado por parte de terceros, será considerado como una infracción de los derechos de propiedad intelectual. Su valoración será la base oficial del proceso gráfico posterior, por lo tanto esperamos su debida revisión en los aspectos gráficos antes detallados.
La prueba de color se agenda al impreso en un 90% en fotografías compuestas por outdoors, pero la calibración de los pantones son solo de referencia, porque los pantones se ajustan según PANTONE COATED @ UNIVERSAL.

FECHA: / /

OBSERVACIONES

de Diseño Gráfico, Creativo y Digital
Comunicación Gráfica y Diseño
Tel: (56-2) 483 0070 - 483 0077

**COD DE BARRAS
EAN 13:**

**Dimensión:
330 x 110 mm**

ARMADO N° 13



Version: N° 1
17/11/11

PRE-PRESA DIGITAL

Cliente: Productos Plásticos HYC S.A.

Producto: DESARR. - SNACK COMPOSTABLE

N° De Colores

6

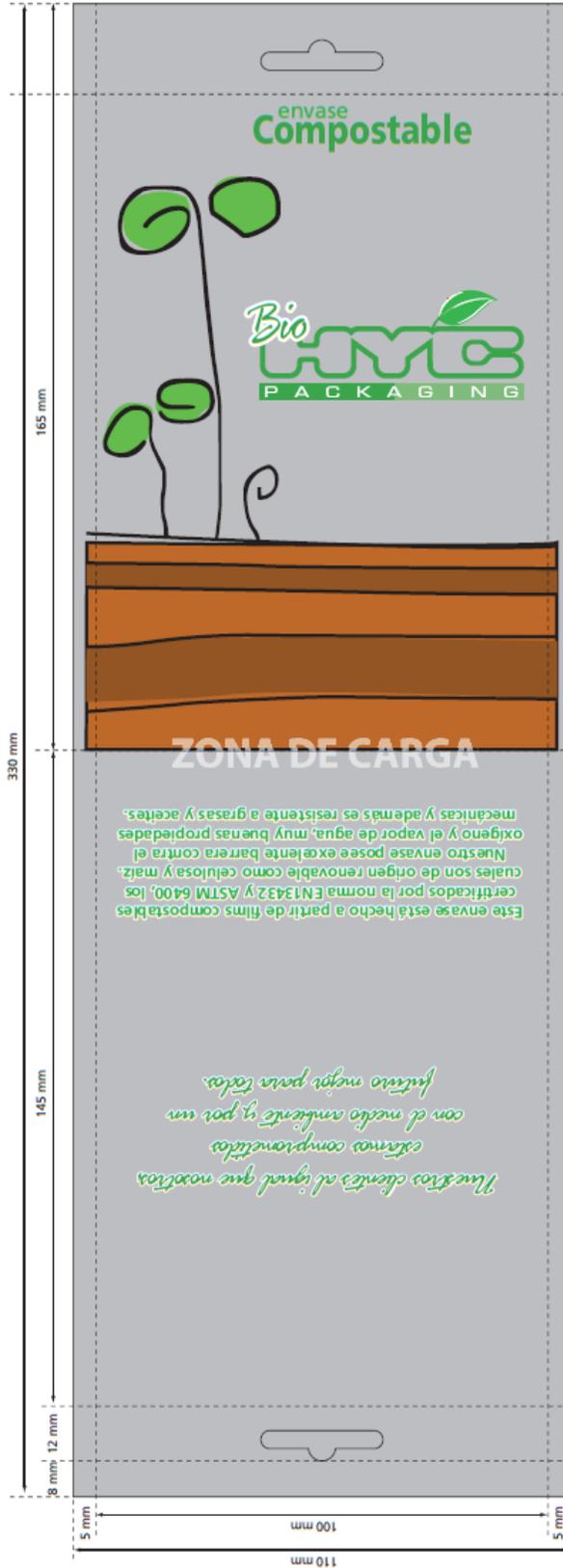
**MATERIAL
TRANSPARENTE**

MEJORA DE TACA

ARMADO N° 13

GUÍA DE COLORES





Este envase está hecho a partir de films compostables certificados por la norma EN13432 y ASTM 6400, los cuales son de origen renovable como celulosa y maíz. Nuestro envase posee excelente barrera contra el oxígeno y el vapor de agua, muy buenas propiedades mecánicas y además es resistente a grasas y aceites.

*Nuestros clientes al igual que nosotros
cuidamos el medio ambiente y por un
futuro mejor para todos.*

PT-9999-9006-01

PRE-PRESA DIGITAL
 Cliente: Productos Plásticos HYC S.A.
 Producto: DESARR. - SNACK COMPOSTABLE

VERSIONES
 Versión: N° 1
 17/11/11

ARMADO
 ARMADO N° 13

ARMADO
 ARMADO N° 13

Dimensiones:
 330 x 110 mm

MEDIDA DE TACA

MATERIAL
 TRANSPARENTE

N° De Colores
 6

GUIA DE COLORES

Cyan, Magenta, Amarillo, Negro, Pantone 361 C, Blanco

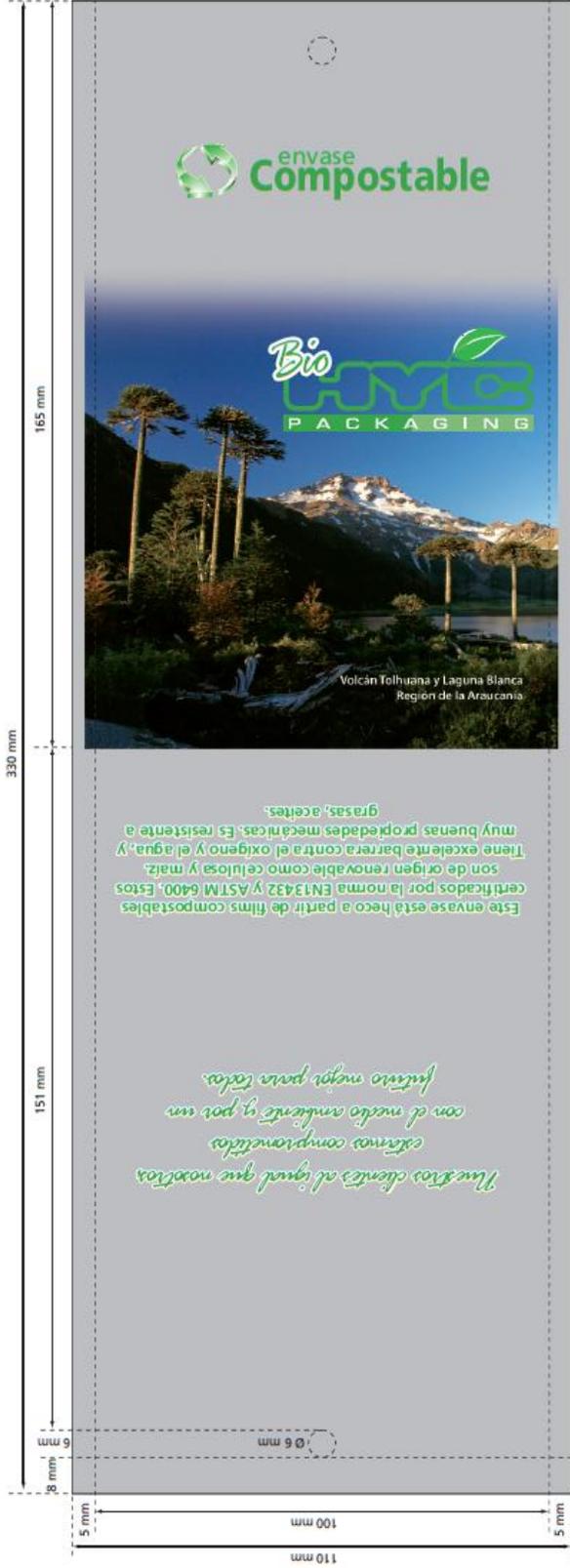
APROBACIÓN CLIENTE PRUEBA DE COLOR

OBSERVACIONES

ESTIMADO CLIENTE: Informamos a Usted que el presente ARTE consiste información gráfica como textos, códigos de barras, dimensiones y indicaciones en general que han sido enviados a nuestra empresa HYC PACKAGING S.A. por medio de los cuales han sido modificados por restricciones técnicas del sistema de impresión litográfico. Su validación será la base oficial del proceso gráfico posterior, por lo tanto se piden su observación en los aspectos gráficos antes del armado de color se acerca al Impreso en un 90%, en litográficas con sujeción por cualquier medio, para la calibración de los pantones son solo de referencia, como los pantones se ajustan según PANTONE COATED @ UNIVERSAL.

Fecha: / /

Jefe Departamento Gráfico: Cristian Floriani
 Correo Electrónico: cfloriani@hyc.cl
 Teléfono: (56-2) 483 0070 - 483 0077



PT-9999-9006-01

APROBACIÓN CLIENTE PRUEBA DE COLOR

SRG:

FECHA: _____

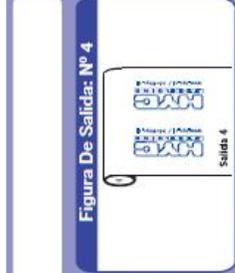
OBSERVACIONES

Julio Desarmado Grafico: Cristian Ramirez cromar@hyc.cl
 Contacto Grafico: Cristian Ramirez cromar@hyc.cl
 Tel: (56-2) 485 0070 - 485 0077

IMPORTANTE

ESTIMADO CLIENTE, informamos a usted que el presente ARTE contiene información gráfica como tallas, códigos de barras, dimensiones y aplicaciones en general que han sido enviados a nuestra empresa HYC PACKAGING S.A., por medio de los cuales han sido modificados por restricciones técnicas del sistema de impresión litográfica. Su validación será la base oficial del proceso gráfico posterior, por lo tanto esperamos su debida revisión en los aspectos gráficos antes de la impresión.

La prueba de color se aprueba al imprimir en un 90%, en fotografías compuestas por cuatrocómaras, pero la calibración de los pantones son solo de referencia, porque los pantones se ajustan según PANTONE COATED @ UNIVERSAL.



COD DE BARRAS EAN 13:

Dimensión:
330 x 110 mm

METRIDA DE TACA

Versione N° 1
07/10/11

MATERIAL
TRANSPARENTE

N° De Colores
6

PRE-PRESA DIGITAL

Cliente: Productos Plásticos HYC S.A.
 Producto: DESARR. - SNACK COMPOSTABLE

GUIA DE COLORES

Cyan Pantone 381 C
 Magenta
 Amarillo
 Negro

TRANSMICRO BARRIO
 TRANSMICRO BARRIO
 TRANSMICRO BARRIO
 TRANSMICRO BARRIO

ANEXO E: Ficha técnica adhesivo



Liofol LA 7731-21 / LA 6038-21

Diciembre 2010

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Liofol LA 7731-21 / LA 6038-21 tiene las siguientes características:

Tecnología	Poliuretano
Tipo de Adhesivo	Adhesivo para laminación
Condición	Sin solvente
Componentes	Bicomponente - con mezclado
Campo de aplicación	Film/Film para envases flexibles para alimento
Performance	Medium Performance
Curado	Tras mezclar, curado a temperatura ambiente
Color Resina Liofol LA 7731-21	Amarillento a amarillo rojizo
Color Endurecedor LA 6038-21	Transparente a turbio incoloro a amarillento
Relación de mezcla, por peso-Resina : Endurecedor	100 : 50

Campos de aplicación

Liofol LA 7731-21 / LA 6038-21 es apto para la laminación de materiales transparentes, impresos, metalizados y aluminio para envases de alimentación. Los complejos de films transparentes laminados con Liofol LA 7731-21 / LA 6038-21 son resistentes a ebullición y esterilización.

Propiedades del producto:

Tras la reticulación de los dos componentes se obtiene un polímero de alto peso molecular que muestra buena adhesión sobre gran variedad de sustratos. El producto ofrece un tiempo de vida útil particularmente largo y curación rápida a temperatura ambiental. El film curado es transparente, inodoro, elástico y resistente al envejecimiento.

Liofol LA 7731-21 / LA 6038-21 es producto en fase de desarrollo. Datos técnicos sucumben a posibles modificaciones.

DATOS TÉCNICOS

Liofol LA 7731-21:

Componente	Isocianato
Contenido Sólidos, %	100
Viscosidad, Brookfield - RVTDV II, 40 °C, mPas:	
Husillo 27, velocidad 20 rpm	1.000 a 4.000
Densidad volumétrica @ 20 °C, g/cm ³	1,15

Endurecedor LA 6038-21:

Componente	Hidroxilo
Contenido Sólidos, %	100
Viscosidad, Brookfield - LVT, 20 °C, mPas:	
Husillo 3, velocidad 30 rpm	200 a 500
Densidad volumétrica @ 20 °C, g/cm ³	~1,02

Mezcla fresca:

Viscosidad, Brookfield - RVTDV II, 30 °C, mPas:	
Husillo 27, velocidad 30 rpm	~2.000

Evolución de la viscosidad de mezcla

tras 30 minutos, mPas	~3.500
tras 60 minutos, mPas	~6.000

Cumplimiento de regulaciones sobre envases para alimento:

Bajo condiciones específicas (FDA, directrices UE y recomendaciones BfR) el adhesivo es apto para la laminación de materiales para el envasado de alimentos. Disponemos de los correspondientes certificados de conformidad.

La responsabilidad de cumplir las condiciones específicas la tiene que asumir el convertidor; no el proveedor de adhesivo.

INSTRUCCIONES DE USO

Informe preliminar:

Antes de la aplicación es necesario leer la Hoja de Seguridad para obtener información sobre medidas preventivas y recomendaciones de seguridad. Igualmente, si se trata de productos químicos excluidos de compulsory labeling, siempre se deben seguir las precauciones correspondientes. Aconsejamos referirse igualmente a las regulaciones de seguridad locales y contactar con Henkel para soporte analítico.

Medidas preventivas:

Liofol LA 7731-21 / LA 6038-21 contiene poliisocianatos. Para evitar la emisión de isocianatos volátiles al área de trabajo, se recomienda instalar un equipo de extracción sobre la unidad de aplicación. Esto asegura el cumplimiento de las instrucciones de seguridad referidas a manipulación de isocianatos en el aire. Las instrucciones de seguridad referidas a la manipulación de isocianatos editadas por el Instituto Internacional de Isocianatos deben ser seguidas a modo de guía.

Aplicación:

Liofol LA 7731-21 / LA 6038-21 se aplica en máquinas para laminación con estación de varios rodillos.

Gramaje de aplicación:

Dependiendo de los sustratos en el complejo y el uso final, se suelen aplicar entre 1 a 3 g/m² seco. Para films impresos recomendamos aumentar el gramaje de aplicación para obtener mejor óptica posible.

Dosificación:

El adhesivo es añadido continuamente a la estación de aplicación mediante a un equipo de mezcla y dosificación de dos componentes. La cantidad de adhesivo en la galga debe mantenerse al mínimo nivel posible.

Evolución de viscosidad de mezcla:

Por favor ver el párrafo correspondiente de la ficha técnica.

Condiciones de trabajo:

Se requiere un buen control de tensión y un sistema de rebobinado adecuado para evitar delaminación, telescopado y efecto curling.

Limpeza:

En caso de paradas de máquina (de más de 60 minutos) se recomienda la limpieza de la unidad aplicadora, igual que la unidad dosificadora. Se debe limpiar con una mezcla de disolvente/plastificante (observar precauciones de seguridad) o productos de la gama LioClean (ficha técnica disponible a petición). La misma operación debe realizarse al final del trabajo.

Curado:

Los laminados pueden ser rebobinados y cortados al cabo de 24 horas. Complejos triplex se pueden laminar a las 24 horas de haber efectuado el dúplex. Tiempo de curado suele ser finalizado después 7 días de almacenaje a temperatura ambiental, dependiendo de los films y uso final de la lámina.

ALMACENADO

Una vez abiertos, los envases originales deben de volver a cerrar firmemente. Y el material debe ser consumido rápidamente. Almacenados en lugar seco, a temperatura ambiente y en sus envases originales, la caducidad es la siguiente.

Caducidad:

Liofol LA 7731-21, meses:	9
Endurecedor LA 6038-21, meses:	12

Clasificación:

Por favor ver detalles en la Hoja de Datos de Seguridad para obtener información sobre:

Información sobre mercancía peligrosa

Regulaciones de transporte

Regulaciones de seguridad

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA:**Requerimiento de films:**

Aditivos - en especial los deslizantes contenidos en films LDPE, MDPE y CPP - en productos envasados, tintas, pretratamiento y recubrimientos del film, son de gran importancia en el uso final del complejo y pueden afectar sus propiedades tanto inmediatamente como pasado el tiempo. Láminas con alto contenido en agentes deslizantes, igual que films CPA y films de PE blanco pigmentado, especialmente en combinación con EVA, conservan el riesgo de migración de MDI monomérico. Esto puede influenciar negativamente el material envasado y puede conducir a efectos anti-sellado. Por ello aconsejamos la realización de ensayos en condiciones de producción antes de utilizar estos productos. Para complejos que deban resistir una embutición se aconseja igualmente efectuar ensayos previos ya que los films orientados (OPA, OPP) tienen tendencia al Tunneling en presencia de altas temperaturas. Información adicional se puede obtener de nuestro folleto "Technical Guide Line for Laminating with Liofol Laminating Adhesives". Disponible en inglés y alemán.

Gama de productos:

Aparte de Liofol LA 7731-21 / LA 6038-21 nuestra gama ofrece los siguientes adhesivos para la fabricación de complejos de film/foil para envases flexibles:

- Base solvente, Base sin solventes y adhesivos de laminación base acuosa para envases flexibles y aplicaciones especiales
- Adhesivos para laminados de alto brillo
- Primer de extrusión y recubrimientos de PVDC
- Adhesivos Coldseal
- Recubrimientos Heatseal
- Agentes de limpieza

Para obtener especificaciones sobre los productos mencionados por favor pregunte por la correspondiente ficha técnica.

Exoneración de responsabilidad:

La información prestada, especialmente las recomendaciones de uso y aplicación de nuestros productos, se basa en nuestro conocimiento y experiencia. A causa de distintos materiales en uso, igual que condiciones de trabajo que pueden variar y que están fuera de nuestra supervisión, recomendamos hacer ensayos para evaluar la aptitud de nuestros productos, relativo a sus procesos de producción y aplicaciones. No aceptamos ningún tipo de responsabilidad con respecto a la información arriba mencionada o con respecto cualquier tipo de recomendación verbal, excepto en los casos que somos responsables por negligencia grave o intenciones falsas. Esta ficha técnica repone cualquier versión existente.

Referencia 0.3