



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE UN  
EMPAQUE SUSTENTABLE**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTA:**

**GUEVARA HERNÁNDEZ JULIO  
CÉSAR**

**ASESOR:**

**DR. BORJA RAMÍREZ VICENTE**





## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo finaliza una de las etapas más importantes de mi vida, a través de ella he pasado por buenos momentos y gratos recuerdos que vivirán en mi, también difíciles circunstancias pero gracias al apoyo y confianza de los que me rodean he logrado culminarlo.

Por eso dedico este trabajo principalmente a mis padres quienes me han apoyado incondicionalmente a través de toda mi vida, y que esto es el fruto de lo que han sembrado en mi, como han sido valores que han formado a la persona que soy. Mama gracias por verme levantado los ánimos tanto en los momentos difíciles de mi vida estudiantil y personal. Gracias por tu paciencia y esas palabras sabias que siempre tienes para mi en mis enojos, tristezas y felices. Papa tu orientación y formación de ser responsable y organizado y ayudarme a tomar mis decisiones. Gracias por su amor

Agradezco a mi casa mater, la UNAM quien me ha abierto la puertas para poder darme una educación profesional, sintiéndome orgulloso de estar en la máxima casa de estudios del país.

Darle mis mas sinceros agradecimientos al el Dr. Vicente Borja, por brindarme la oportunidad de participar con el en este gran proyecto y su apoyo, paciencia y realización de este trabajo

Agradezco a mi familia y a mis hermanos Oscar y Patricia por darme apoyo y ánimos para poder terminar esta etapa. A mis amigos y novia gracias por su amistad, cariño, amor, apoyo y comprensión en los momentos malos y buenos durante este ciclo que viví solo y acompañado con ustedes. Gracias por dejarme entrar en sus vidas

También agradezco profundamente a la Ing. Sandra Ruiz, CONCYT, Secretaria de Economía y DFICYT por su apoyo y financiamiento para este proyecto.



## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE TABLAS.....	VII
<b>1. RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>3. ANTECEDENTES .....</b>	<b>5</b>
3.1 LA INDUSTRIA DEL ENVASE Y EMBALAJE .....	5
3.2 ELEMENTOS DE CIERRE O ELEMENTOS RESELLABLES .....	8
3.3 MATERIAS PRIMAS.....	12
3.4 BIOPLÁSTICOS EN EL MERCADO .....	18
3.6 PROYECTO DE EMPAQUE BIODEGRADABLES .....	28
<b>4. OBJETIVOS Y ALCANCES .....</b>	<b>32</b>
<b>5. PROCESO PARA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN .....</b>	<b>33</b>
<b>6. REQUERIMIENTOS PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN .....</b>	<b>35</b>
6.1 SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA .....	35
6.1.1 PROPIEDADES.....	36
6.2.1 BÚSQUEDA DE POSIBLES ALTERNATIVAS.....	39
6.2.2 INFORMES SOBRE PROVEEDOR.....	42
6.2.3 ELEGIR, NO SÓLO EN BASE A CALIDAD Y PRECIO .....	43
6.2.4 PONER A PRUEBA AL PROVEEDOR.....	44
<b>7. SELECCIÓN DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN.....</b>	<b>45</b>
7.1 SELECCIÓN DEL PROCESO DE MANUFACTURA.....	45
7.2 POSIBLES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN .....	47
7.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GENERAL DE PRODUCCIÓN .....	47
7.2.2 METODOLOGÍA IDEF.....	50
7.2.3 ENSAMBLE MEDIANTE CALOR.....	51
7.2.4 ENSAMBLE MEDIANTE INYECTORA DE PLÁSTICOS.....	53
7.2.5 ENSAMBLE MEDIANTE MAQUINA DE ULTRASONIDO .....	55
7.2.6 ENSAMBLE CON BOLSAS PREFORMADAS.....	57
<b>8. REQUERIMIENTOS DE DISPOSITIVO SUSTENTABLE .....</b>	<b>59</b>
8.1 CALIDAD.....	59



8.1.1 ESPECIFICACIONES DIMENSIONALES .....	59
8.1.2 MASA .....	64
8.1.3 CONTROL DE CALIDAD .....	66
8.2 COSTOS DE PRODUCCION DEL DIAFRAGMA O DISPOSITIVO SUSTENTABLE .....	71
8.2.1 COSTO DE MAQUINARIA.....	74
8.2.2 COSTO DE DEPRECIACIÓN DE MAQUINARIA .....	75
8.2.3 COSTO DE MATERIAL .....	75
8.2.4 COSTO DE MANO DE OBRA.....	76
8.2.5 COSTO DE ARRENDAMIENTO .....	77
8.2.6 COSTO DE SERVICIOS ELÉCTRICO.....	77
8.2.7 COSTO DE IMPUESTOS Y SEGUROS.....	78
8.2.8 COSTO DE MANTENIMIENTO.....	78
8.2.9 COSTO DE PRODUCCIÓN.....	78
8.3 PUNTO DE EQUILIBRIO PARA DIAFRAGMA O DISPOSITIVO SUSTENTABLE .....	80
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>88</b>
Anexo A: Clasificación de Envases.....	88
Anexo B: Sistemas de Cierre .....	89
Anexo C: Normas de Compostabilidad .....	94
Anexo D: Crecimiento de los Bioplásticos.....	95
Anexo E: Impulsos de los Bioplásticos .....	97
Anexo F: Envasadoras .....	98
Anexo G: Diseño de Dispositivo Biodegradable Sustentable .....	99
Anexo H: Estudio de Propiedades De Bioplásticos .....	101
Anexo I: Bioplásticos en América .....	110
Anexo J: Ficha Técnica de PLA.....	113
Anexo K: Metodología para la Obtención de Tolerancias y Ajustes .....	115
Anexo L: Control Estadístico del Proceso .....	120
Anexo M: Prueba en Envases .....	124



## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Clasificación de biopolímeros (Hernández Ávila, 2008)	12
Ilustración 2. Mecanismos de degradación de los plásticos (Hernández Ávila, 2008)	13
Ilustración 3. Clasificación de los plásticos por su origen (Hernández Ávila, 2008)	14
Ilustración 5. Estándares de referencia en biodegradación (Narayan, 2009)	16
Ilustración 6. Estado actual de los Bioplásticos (Pazes, 2009)	18
Ilustración 10. Capacidad global de producción de bioplásticos & University of applied Sciences and Art Hanover (Plástico M. , Los mercados del empaque y algunas cifras, 2011)	22
Ilustración 11. Factores internos y externos en la industria de los bioplásticos (Bioplastic, Market Drivers, 2011)	23
Ilustración 13. Esquema y forma de uso de envasadora de formado, llenado y sellado vertical (Garcia I., Gago Cabezas, & Fernandez Nuevo , 2006)	26
Ilustración 14. Diafragma de 2 a 20 elementos	29
Ilustración 15. Patentes de diafragmas de diferentes diseños y elementos	29
Ilustración 16. Maquina de Formado, Llenado y Sellado utilizada para el proyecto	30
Ilustración 18. A) PLA natural antes de secar, B) Pruebas con PLA con distintos moldes del CDMIT para conocer propiedades	42
Ilustración 19. Diagrama general del proceso de producción del empaque sustentable	47
Ilustración 21. Diagrama de ensamble y unión mediante calor	50
Ilustración 22. Diagrama de ensamble y unión mediante inyectora de plástico	52
Ilustración 23. Diagrama de ensamble y unión mediante máquina de ultrasonido	54
Ilustración 24. Diagrama de ensamble y unión a través de bolsas pre - formadas	56
Ilustración 25. Esquemas de ejes y agujeros	59
Ilustración 26. Formato propuesta para gráficos de control por atributos.	65
Ilustración 27. Propuesta para lista de control de registro diario basado en (Rodriguez Tarango, 2010)	66



Ilustración 28. Propuesta para lista de verificación para registro mensual basados en (Rodriguez Tarango, 2010)	67
Ilustración 29. Punto de equilibrio para diafragma de empaque sustentable	79
Ilustración 30. Tramite de patente	95
Ilustración 31. Base de diafragma	95
Ilustración 32. Actuador de diafragma	96
Ilustración 33. Paleta macho de diafragma	96
Ilustración 34. Paleta hembra de diafragma	96
Ilustración 35. Empresas productoras de bioplásticos	98
Ilustración 36. Empresas productoras	100
Ilustración 37. Comparison of oxygen permeability of biobased materials compared to conventional mineral-oil-based materials. Permeability of materials marked with * was measured by ATO, Wageningen, NL (23°C, 50% RH), information on other materials is based on literature (Rindlav-Westling et al., 1998; Butler et al., 1996). (Weber , 2000)	100
Ilustración 38. Water vapour transmittance of biobased materials compared to conventional packaging materials based on mineral oil. Water vapour transmittance of materials marked with * was measured by ATO (Wageningen, NL) at 23°C, 50% RH. Transmittance of other materials are based on literature and measured at same conditions (Rindlav-Westling et al., 1998; Butler et al., 1996). (Weber , 2000)	101
Ilustración 39. Comparison of the thermal properties of biobased polymers with conventional polymers. (All data is from company information) (Weber , 2000)	102
Ilustración 40. Indication of the time required for composting of various biobased and synthetic polymeric materials. Measurements of composting times were performed at ATO. The durations presented in this figure are based on an intermediate level of technology as observed in actively aerated and mechanically turned hall composting (Weber , 2000)	103
Ilustración 41. Propiedades de bioplásticos y plásticos de origen fósil (Averous, 2009)	103
Ilustración 42. Comparación de propiedades de PLA y PHA (Crank & Patel, 2005)	104
Ilustración 43. Propiedades de PLA dependiendo como la empresa 32 (Crank & Patel, 2005)	104
Ilustración 44. Propiedades de PHA dependiendo de su polimerización (Crank & Patel, 2005)	105

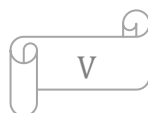




Ilustración 45. Ficha Técnica de PLA 1/3 (Compañía32, Fecha de consulta Abril 2011)	109
Ilustración 46. Ficha técnica 2/3 de PLA de INGENIO 3152D (Compañía32, Fecha de consulta Abril 2011)	110
Ilustración 47. Ficha técnica 3/3 de PLA INGENIO 3152D (Compañía32, Fecha de consulta Abril 2011)	110
Ilustración 48. Valores numéricos de amplitudes de zonas de tolerancia (IIMPI, 2011)	111
Ilustración 49. Diagramas de agujeros y ejes (IIMPI, 2011)	112
Ilustración 50. Diferencias fundamentales para ejes (en micras)	114
Ilustración 51. Diferencias fundamentales para agujeros (en micras) (IIMPI, 2011)	114
Ilustración 52. Formulas para gráficos por atributos (Rodríguez Tarango, 2010)	119

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Materiales para dispositivos de cierre (Vidales Giovanneti , 2007)	7
Tabla 2. Procesos de fabricación para dispositivos de cierre o resellables (Vidales Giovanneti , 2007)	7
Tabla 3. Tipos de ensamble para dispositivos de cierre o resellables (Vidales Giovanneti , 2007)	7
Tabla 4. Dispositivo de cierres por su función (Vidales Giovanneti , 2007)	8
Tabla 5. Diferencia entre envasadoras verticales y horizontales (García I., Gago Cabezas, & Fernández Nuevo , 2006)	25
Tabla 6. Estimaciones en el mercado para el empaque biodegradable resellable (Borja Ramírez & Ramírez, 2011)	27
Tabla 7. Comparación entre Bioplásticos PLA y PHA (Hernández Ávila, 2008), (Crank & Patel, 2005), (Weber , 200)	34
Tabla 8. Resumen de proveedores nacionales e internacionales en (Árambula , 2011), (Plástico, 2011) (Plastimagen, 2010)	38
Tabla 9. Resumen de proveedores líderes por cada tipo de bioplásticos	38
Tabla 10. Diferencias básicas entre el proceso de inyección y termoformado de plásticos (Guevara Hernández, 2010), (Groover, 2009) (De la O Ramos, Borja	



Ramirez , Ramirez Reivich, Corona Lira , & Lopez Parra, 2004) (Naranjo, Noriega, Sanz, Sierra, & Osswald, 2009) (Osswald & Gimenez, 2008) (Plastiglas, 2011) 42

Tabla 11. Tolerancia para dimensiones lineales, excepto aristas matadas (ver tabla 12). Fuente UNE-EN ISO 22768-1-94 (Figuerola, Agüera , & Carvajal, 2010) 59

Tabla 12. Tolerancia para dimensiones lineales de aristas matadas (radios de redondamientos y alturas de bisel o chaflán). Fuente: UNE-EN ISO 22768-1-94 (Figuerola, Agüera , & Carvajal, 2010) 60

Tabla 13. Tolerancia para dimensiones angulares. Fuente: UNA-EN ISO 22768-1-94 (Figuerola, Agüera , & Carvajal, 2010) 60

Tabla 14. Información de volumen y masa de los elementos de diafragma 61

Tabla 15. Límites mínimos y máximos de la masa de los elementos del diafragma 62

Tabla 16. Datos generales de producción 69

Tabla 17. Objetivos del costo de producción 69

Tabla 18. Puntos de la manufactura que influyen en el costo del envase 70

Tabla 19. Proyección de horas de producción y producción anual 70

Tabla 20. Resumen de datos para costo de producción 70

Tabla 21. Resultado de Costo de Maquinaria 71

Tabla 22. Resultado de Depreciación de Maquinaria 72

Tabla 23. Resultado de Costo de material 73

Tabla 24. Resultado de Costo de Personal 73

Tabla 25. Resultado de Costo de Servicios Eléctricos 74

Tabla 26. Resultados de costo de mantenimiento 75

Tabla 27. Costos Unitarios de empaque 76

Tabla 28. Gastos de Administración 77

Tabla 29. Gastos unitarios de Administración 77

Tabla 30. Listas de pruebas a envases (Vidales Giovanneti , 2007) 122





## 1. RESUMEN

El presente trabajo presenta la selección del proceso de producción de un empaque resellable biodegradable, abarca las fases del proceso de producción, desde la selección del proveedor y recepción de la materia prima, hasta la entrega del empaque terminado con producto.

La gestión de este trabajo se ha iniciado con base en un proyecto relacionado con la sustentabilidad apoyado por una **empresa colaboradora (E.C)**, mediante el financiamiento de instituciones como CONACYT (Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología), ICYTDF (Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal) y Secretaría de Economía. El nombre de la empresa se mantendrá en estado anónimo por motivos de confidencialidad como lo pidió la misma.

Se presentan los procesos que llevaría a cabo la **E.C**, para el desarrollo del empaque sustentable, los cuales son:

- Selección de material
- Calidad, costo y volumen
- Selección de proveedores
- Proceso de manufactura
- Posibles formas de ensamble

En conjunto forman el sistema de producción del empaque, mediante la aplicación de conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Industrial.

Los resultados de esta tesis son la culminación del trabajo de un equipo interdisciplinario --- licenciatura y maestría ---, en la investigación de un mercado potencial e ideas innovadoras, diseño del dispositivo y moldes para el dispositivo resellable biodegradable



## 2. INTRODUCCIÓN

Actualmente se han creado productos amigables con el medio ambiente, aunado a ello se encuentra la presión mundial por reducir la huella de carbono y su efecto en el calentamiento global, por esta situación se ha impulsado el desarrollo de nuevos plásticos que cumplan con estos criterios y estándares, pero que además tengan propiedades y características a los ya existentes. De esta forma es como se han creado los bioplásticos/biopolímeros, como se les conoce a estos materiales nuevos, que han respondido a estas necesidades. Antes solo se solían encontrar en pruebas, pero hoy en día se han descubierto nuevas aplicaciones, es así como estos materiales han entrado al mercado de los plásticos, principalmente en Europa, gracias a que se tiene mayor disponibilidad de materia prima y mejoras en los procesos de su elaboración, adicional a sus principales características se encuentra la biodegradación de 1 a 6 meses y su facilidad de servir para la compostabilidad.

Una de las principales industrias que ha optado por la selección de estos materiales ha sido la industria del envase y embalaje, que actualmente ha crecido por la innovación y desarrollo para la protección del medio ambiente.

En la actualidad se han generado proyectos relacionados con la sustentabilidad, tales como el desarrollo de diseños que sean amigables con el medio ambiente satisfaciendo las necesidades de la actual generación sin sacrificar la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades como se menciona en el informe Brundtland; estos proyectos son apoyados por instituciones como CONACYT, ICYTDF y Secretaría de Economía, las cuales brindan este apoyo a Pymes; la **E.C** con quien se trabajo, obtuvo el apoyo económico al proponer el desarrollo de un empaque con una película flexible biodegradable y compostable, el cual incluye un dispositivo o diafragma del mismo material de la película flexible con el objetivo de mejorar la dosificación del flujo de un producto, el empaque es dirigido para el mercado de productos granulares y polvos principalmente.



El dispositivo o diafragma se compone de 3 elementos, los cuales son: un actuador que tiene el radio necesario para la dosificación del producto, una base que se fijará en una película flexible del mismo material y dos paletas que permitirán controlar la dosificación del producto.

En el trabajo se abordan diversos temas para el desarrollo del sistema de producción, los cuales se describen en los capítulos siguientes.

En el capítulo 3 se muestran los antecedentes para la ubicación del lector y mejor entendimiento del proyecto.

En el capítulo 4 se especificara el objetivo y alcance de este trabajo.

En el capítulo 5 se describe la metodología aplicada para diseñar el sistema de producción.

Se observará en el capítulo 6 la selección de proveedores para materia prima (nacionales o internacionales en biopolímeros/bioplásticos), ya que actualmente este es el principal punto para el desarrollo del sistema de producción, ya que se necesitan materiales sustentables que cumplan con la biodegradación y compostabilidad como marcan la ATSM, EA e ISO.

En el capítulo 7 se mostrará la selección de proceso de manufactura, que consistió en elegir entre los distintos procesos de conformado de plásticos para la manufactura del dispositivo resellable del proyecto.

Y por último se desarrollaran las posibles formas de ensamble del dispositivo resellable en película flexible, para la realización del empaque.

En el capítulo 8 se abarcará los requerimientos del dispositivo, como la calidad que monitoreará las variables críticas para este diafragma y que se deben seguir en la manufactura de este mismo, así como la propuesta de un control de calidad. Asimismo un punto esencial de este trabajo, fue la realización de un análisis de costos mediante la creación de plantillas en hojas de cálculo para la obtención de costo de producción y el punto de equilibrio para la viabilidad del proyecto.



Este trabajo se ha realizado al conjugar distintos conocimientos adquiridos durante la carrera de ingeniería industrial, como son las áreas de manufactura, envase y embalaje, contabilidad y calidad.

Derivado del proyecto del empaque sustentable se han gestionado diversas tesis que abordan diferentes partes en el desarrollo del empaque sustentable como son: estudio del mercado e innovación, diseño del dispositivo y diseño de moldes para éste, así como el diseño del sistema de producción para el empaque sustentable que se desarrolla en este trabajo.



### **3. ANTECEDENTES**

#### **3.1 EI EMPAQUE EN LA INDUSTRIA DEL ENVASE Y EMBALAJE: CLASIFICACION, FUNCIONES, APLICACIONES Y BENEFICIOS**

En la actualidad el empaque se ha presentado como un objeto de gran utilidad, satisfaciendo las necesidades de los seres humanos como lo han sido: contener, proteger, transportar y conservar diferentes objetos y/o productos. Por lo anterior, la influencia de los empaques está presente en todos los ámbitos que intervienen en el desarrollo de las sociedades, principalmente en la producción, distribución y venta de productos.

El empaque siempre ha jugado un papel muy importante en la venta de un producto, ya que es parte integral para el desempeño óptimo de la estrategia funcional (área de ventas) de una empresa de la industria del envase y embalaje.

Para ubicar el proyecto en el contexto de la industria del envase y embalaje, se ha tomado al concepto de empaque como cualquier recipiente o envoltura en el cual este contenido el producto para su venta, almacenaje o transporte; por su relación con la mercancía, el empaque es el contenedor que está en contacto directo o indirecto con el producto, por lo que su función es la de proteger, guardar, conservar e identificar al producto que contiene, a la vez que facilita su manejo, transportación y comercialización. (Vidales Giovanneti , 2007).

Existen diferentes clasificaciones para los empaques, uno de ellos es por su función.

- Empaque primario: es el envase que contiene directamente al producto.
- Empaque secundario: es el contenedor unitario de uno o varios envases primarios, el cual tiene con función el proteger, identificar y proporcionar información sobre las cualidades del producto.
- Empaque terciario: es el envase que permite el distribuir, unificar y proteger el producto a lo largo de la cadena comercial.

Se clasifican para su distribución:

- Envase múltiple
- Envase colectivo
- Envase rígido
- Envase semirrígido
- Envase flexible

La clasificación de envases mencionada anteriormente para su distribución se describirá en el **Anexo A**.

La siguiente clasificación al segmento que va dirigido:

- Empaque al consumidor: esto es un empaque que será obtenido por el consumidor como unidad de venta.
- Empaque industrial: el empaque se utiliza para entregar bienes de fabricante a fabricante, por lo general, el empaque industrial contiene bienes o materiales para su procesamiento posterior.

Con lo anterior nos ubicamos en la clasificación de empaque al consumidor, ya que nuestro empaque será destinado para productos de la industria alimenticia y/o limpieza que generalmente se lleva como destino final al consumidor. (Vidales Giovanneti , 2007)

Como se mencionó anteriormente los empaques cumplen ciertas funciones que están encaminadas distintas necesidades dependiendo de su uso o producto, las cuales son:

- **Contener:** Delimita y separa el producto del medio ambiente. Reduce al producto a un espacio determinado y a un volumen específico. Los productos en cualquier estado de la materia a granel, pueden ser manipulados y cualificados y a un volumen específico. (Vidales Giovanneti , 2007)
- **Proteger:** El envase aísla al producto de los factores (químicos, ambientales, de transportación, etc.) que pueden alterar el estado

natural y su composición, así como su calidad. La protección no solo es aplicable para el producto sino también para el consumidor y medio ambiente, como es el caso de los productos peligrosos (Vidales Giovanneti , 2007)

- **Conservar:** Está orientada a detener o inhibir los cambios químicos y biológicos que pudiera sufrir un producto, permitiendo permanecer más tiempo en el anaquel o almacén por largo tiempo, sin alteraciones. (Vidales Giovanneti , 2007)
- **Transportar:** Esta función es dedicada al movimiento efectivo de los bienes desde que han sido producidos hasta su consumo final; involucrando varios medios de transporte, técnicas manuales, así como condiciones de almacenamiento; esta depende mucho del país y/o región, por sus condiciones ambientales que tiene cada una de ellas. (Vidales Giovanneti , 2007)

La función de proteger y conservar es uno de los puntos que se aborda en este trabajo, a continuación se detalla más de ello con los elementos de cierre.

Los beneficios que trae consigo la realización de un buen empaque serian los siguientes:

- Reducción de las pérdidas por transporte, rotura, contaminación y alteraciones, etc. La *FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)* estima que se pueden reducir perdidas en alimentos en un 5% con el uso de envases, ya que las perdidas de alimentos en países industrializados es de un 3%, frente al 30% de los países desarrollados.
- Reducción de los costos de producción al facilitar la distribución. Reduce los costos de transporte y el consumo de energía necesario para ello.
- Reducción de riesgos para la salud humana. Permite eliminar microorganismos nocivos o patógenos; así como el uso de cierres de seguridad.
- Aumenta la información al consumidor. Permite una mejor difusión de información del producto para que el usuario tome la decisión y realizar sus compras. (Cervera Fantoni, 2003)

El empaque debe reunir ciertas características importantes las cuales permitirán mantener la calidad del producto. A continuación se mencionan las características

- **Resistencia.** El envase debe garantizar la protección del producto, tanto en peso como en rotura, apilado y transporte. Es un requisito fundamental.
- **Hermeticidad.** La falta de propiedades barrera en el diseño del envase puede dar lugar a daños ambientales, como el paso de agua o humedad hacia dentro o hacia fuera del envase.
- **Cierre:** Hermético, pero con la posibilidad de abrirse sin dificultad en el momento de su consumo.
- **Dispensación.** Segura la adecuada aplicación o dosificación en el momento del consumo evitando, en algunos casos, antiguos complementos, disponiendo de mecanismos (dosificadores) que forman parte del envase y facilitan al consumidor el uso limpio, fácil y agradable
- **Ergonomía.** Facilidad de uso y adaptación del envase a la forma en que va a ser manipulado, destapado, trasladado, almacenado, etc, por el consumidor.
- **Comunicación.** Debe proporcionar informaciones claras, con una identificación visual, normas de uso, caducidad, consideraciones medioambientales (Cervera Fantoni, 2003)

Para el diseño y producción de un empaque se tiene que considerar principalmente los siguientes aspectos:

- Las características del producto, como las mencionadas anteriormente
- Condiciones del mercado al que va dirigido (punto de venta, forma de exhibición, manipulación, se vuelve a guardar el producto o se desecha el ambiente, etc.).
- Medio ambiente al que se va a enfrentar durante la cadena de suministro (visto con anterioridad).
- Tipo de transporte a utilizar (carretero, ferroviario, marítimo o aéreo)
- Sistemas de manejo y almacenamiento (montacargas, plataformas, sistemas de racks, en piso, estivas, etc.).



- Normatividad (mercancías peligrosas, transporte internacional, informativas, laborales, etc.).
- Medio ambiente (cantidad de empaque, materiales reciclables, sustentabilidad, etc.)
- Forma de empackado y cerrado por el fabricante del producto (logística interna).
- Seleccionar los materiales adecuados para la contención de protección del producto. (DeLlano Marhx, Constantino;, 2008)

En cuestión de un empaque sustentable, esto se puede hacer referencia a lo que es una institución en los Estados Unidos (la *Sustainable Packaging Coalition*) ha definido como un envase sustentable. Un envase sustentable es aquel que:

1. Es beneficio, seguro y saludable para individuos y comunidades a lo largo de su ciclo de vida.
2. Cumple con los requerimientos de funcionalidad y costo.
3. Es suministrad, fabricado y reciclado usando energía renovable.
4. Maximiza el uso de materiales renovables y reciclables.
5. Se fabrica usando tecnologías de producción limpias.
6. Esta hecho de materiales que no implican un riesgo para la salud bajo ningún escenario final a su vida útil.
7. Esta diseñada para optimizar materiales y energía.
8. Se puede recuperar de forma biológica y/o industrial para repetir su ciclo de vida. (DeLlano Marhx, Constantino;, 2008)

### **3.2 ELEMENTOS DE CIERRE O ELEMENTOS RESELLABLES**

En los empaques, los dispositivos de cierre o como es el caso de este trabajo el dispositivo o diafragma, es uno de los elementos clave para que un producto llegue a su destino final que es el consumidor, conservando sus condiciones de calidad, ya que en gran medida la preferencia de un producto se debe a la eficiencia que el diseño de su envase puede proporcionar para un mejor uso o consumo del producto que contiene. Por ello es necesario que en el diseño se realice una elección adecuada de materiales.

En la Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4, se detallará una clasificación para los distintos dispositivos de cierre que existen actualmente, con el propósito tener en cuenta la diversificación de los elementos de cierre que hay en el mercado

Metálicas	Plásticas	Naturales
Aluminio	Poliétileno	Corcho
Hojalata	Polipropileno	Hule
Plomo-estaño	Poliestireno	Vidrio
	Resinas fenólicas	Bioplásticos

**Tabla 1 .Materiales para dispositivos de cierre (Vidales Giovanneti , 2007)**

PROCESO DE FABRICACIÓN	TIPO DE DISPOSITIVO
Troqueladas y embutidas	Tapas metálicas
Moldeadas por inyección	Plásticas o compresión
Moldeadas por compresión	Resinas fenólicas y hule
Moldeadas o maquinadas	Corcho
Moldeadas por termoformado	Termoplásticas

**Tabla 2. Procesos de fabricación para dispositivos de cierre o resellables (Vidales Giovanneti , 2007)**

A presión	Roscadas	Combinación de ambas
Este tipo de tapa se aplica preferentemente en envases con corona. La tapa se inserta en la corona del envase y funciona por medio de una estructura física que ajusta perfectamente y al mismo tiempo permita el tapado y la re-aplicabilidad del mismo.	Este tipo de tapa funciona a partir de un dispositivo de cuerda; los dientes o salientes de la cuerda giran sobre la cuerda de la corona del envase, permitiendo el tapado y la re aplicabilidad.	El mecanismo conocido como "a prueba de niños" o Child Prof que combinan dos movimientos de apertura e incluso requiere la ejecución simultánea de dos acciones. Este tipo de tapas, además de seguras, brindan una valiosa protección a las condiciones del producto.

**Tabla 3. Tipos de ensamble para dispositivos de cierre o resellables (Vidales Giovanneti , 2007)**

Función	Características
<b>Inviolables</b>	Pueden ser tapas a presión o roscadas. Su diseño no permite abertura, si no han sido desprendidos previamente el dispositivo de seguridad. Su apertura deja indicios visibles y fácilmente identificables.
<b>A prueba de niños</b>	Son generalmente tapas plásticas, que por razones de seguridad, cuentan con un dispositivo cuya aplicación implica un cierto grado de dificultad en su apertura. Generalmente se usan en medicamentos y en productos químicos de manejo dedicado.
<b>Irrellenables</b>	Son tapones multi-componentes, que impiden que el envase sea llenado después de consumirlo, gracias a un conjunto de elementos que, ensamblados, actúan como una válvula que deja salir el líquido, pero no permite la entrada.
<b>Vertederas</b>	Facilitan el vertido del contenido, evitando escurrimientos o dispersión. Existen dispositivos que incluyen en la vertedera un sistema para abrir y cerrar, de tal suerte que se puede conservar el contenido para un uso posterior.
<b>Dispensadoras</b>	Las tapas dispensadoras permiten el acceso al contenido, sin necesidad de quitarlas y ponerla, ya que la misma tapa tenga un elemento o elemento móvil que lo regula. Así, el acceso al producto puede ser regulado al gusto del usuario.

**Tabla 4. Dispositivo de cierres por su función (Vidales Giovanneti , 2007)**

Ampliando más el conocimiento sobre los elementos de cierre, a continuación se mencionan los dispositivos que existen actualmente en el mercado. (Vidales Giovanneti , 2007)

- Sistema de cierre de diafragma sellado inducción
- Tapón inviolable
- Tapa bisagra
- Cierre resellable para bolsas flexibles
- Tapa abatible
- Surtidor resellable con bisagra
- Tapa abre fácil de plástico
- Pistola pulverizadora multi-usos
- Dispensador accionable a presión
- Tapón de presión y torsión resistente a los niños
- Tapón de rosca resellable
- Tapón dispensador con membrana de inviolabilidad
- Tapón dispensador con membrana despreciable
- Dispensador de disco basculante giratorio
- Tapón de disco basculante a presión
- Tapón push-pull
- Cierre rosca con surtidor extensible
- Surtidor resellable
- Tapa con aplicador
- Cierre con tapa abatible para productos en polvo
- Cierre con boquilla extraíble para bebidas
- Tapón con dispensador de válvula

Cada uno de los sistemas de cierre se detalla en el **Anexo B**

### **3.3 MATERIAS PRIMAS SUSTENTABLES: COMPOSTABLES Y BIODEGRADABLES**

Actualmente en la industria del plástico y por cuestiones ambientales que hoy en día nos afectan, han aparecido nuevos materiales que son competencia para los plásticos de origen fósil, los llamados biopolímeros/bioplásticos. Estos se han tomado como una solución ya que han atraído la atención de varias empresas internacionales gracias a sus características y aplicaciones, especialmente en la industria del envase y embalaje en donde han ido ganando campo a los plásticos tradicionales.

Los biopolímeros/bioplásticos son plásticos de origen renovable o plásticos basados en la biomasa, que pueden ser biodegradables o no. Pueden ser naturales, sintéticos o una combinación de los dos. Es importante saber que los plásticos basados en la biomasa no siempre son biodegradables y que los plásticos biodegradables no siempre provienen de la biomasa. (Quiñones James , 2009).

Siempre se ha clasificado a los plásticos en diferentes formas, una de ellas es su origen, y ahora con los bioplásticos/ biopolímeros no es la excepción, a continuación se mostrara una de las clasificaciones que se les ha dado estos nuevos materiales. Véase Ilustración 1

1. Polímeros naturales, tales como el almidón, proteínas y la celulosa.
2. Polímeros sintéticos de monómeros naturales, tales como el ácido poliláctico (PLA).
3. Polímeros de fermentación microbiana, tales como el polihidroxibutrato (PHB). (Hernández Ávila, 2008)

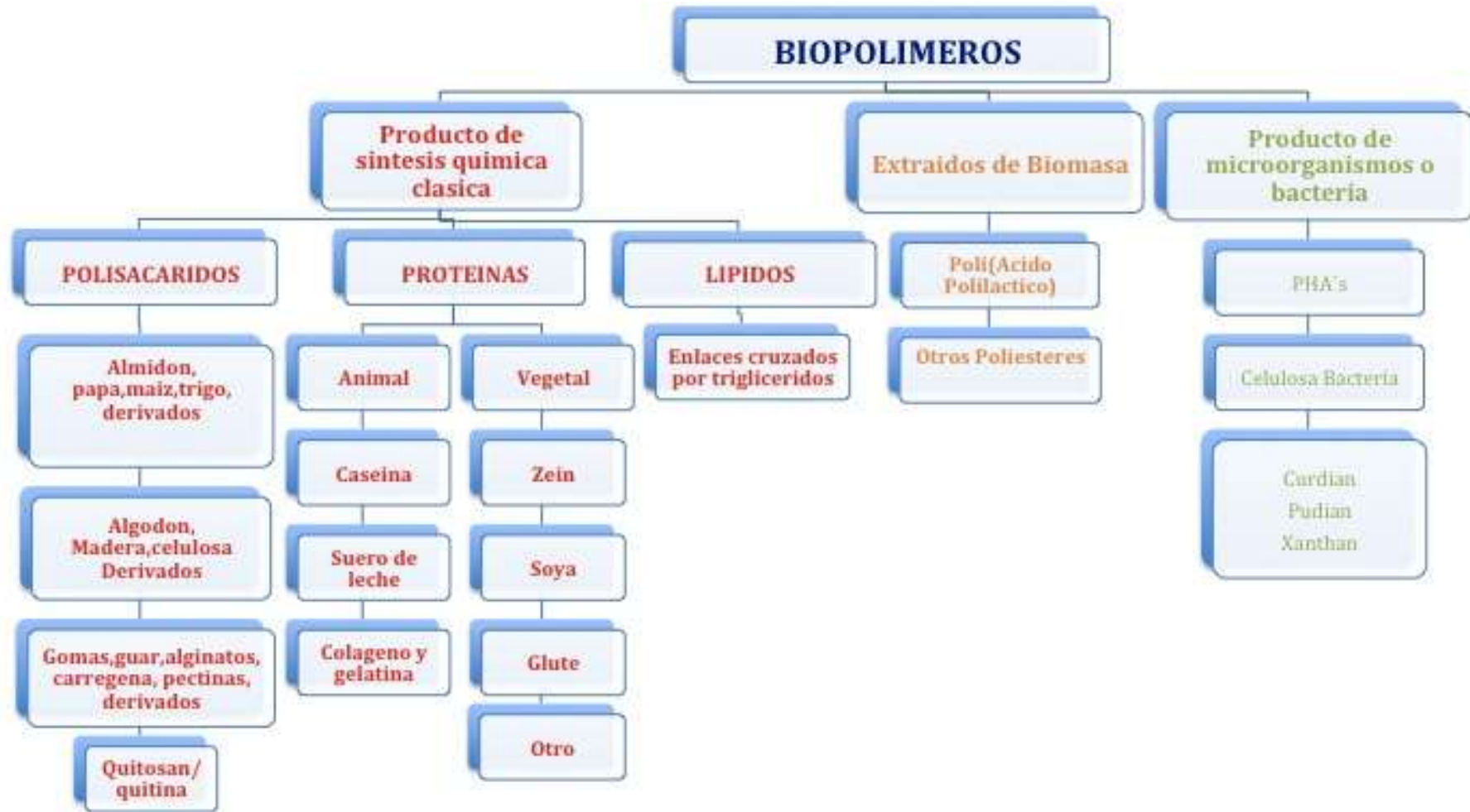


Ilustración 1. Clasificación de biopolímeros (Hernández Ávila, 2008)



En la Ilustración 2, se muestra la clasificación de los biopolímeros/bioplásticos, en función a sus mecanismos de degradación

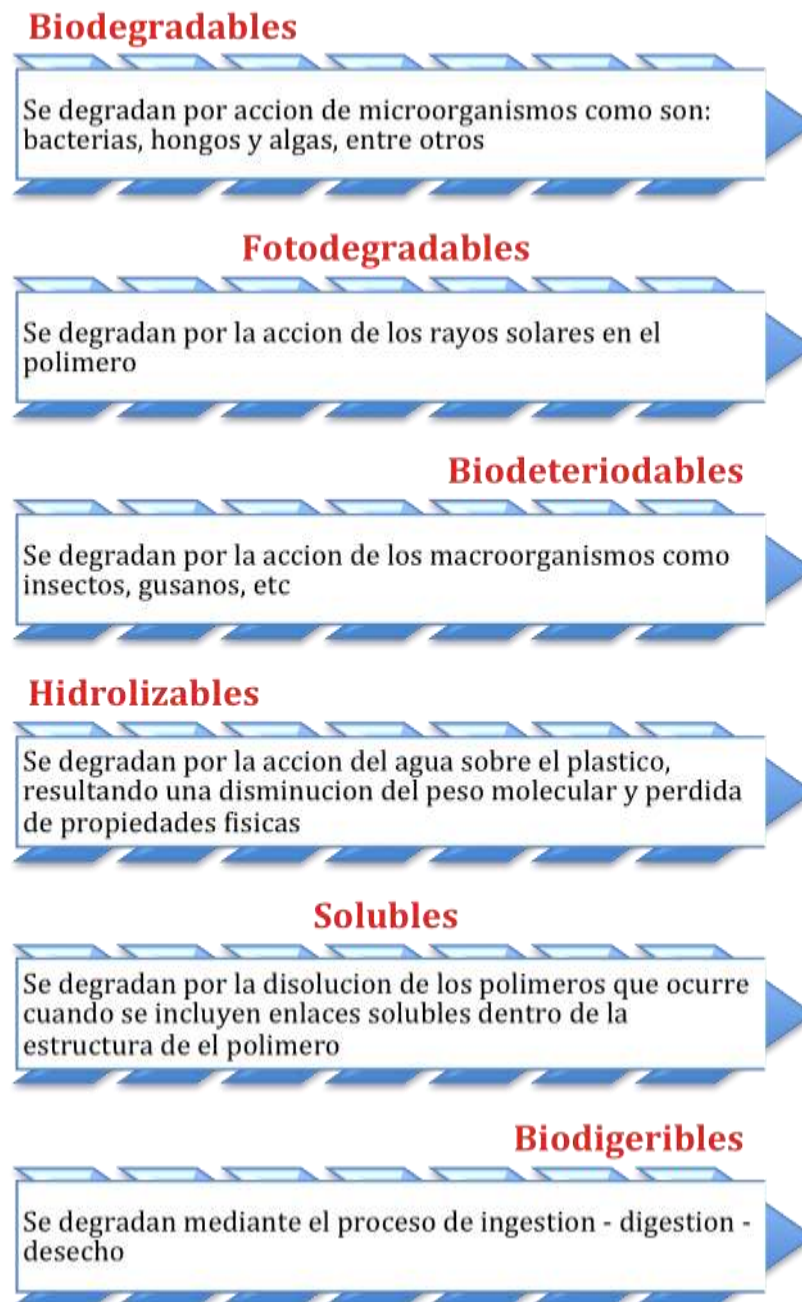


Ilustración 2. Mecanismos de degradación de los plásticos (Hernández Ávila, 2008)

En la Ilustración 3, se muestra una clasificación general sobre el origen de polímeros y biopolímeros

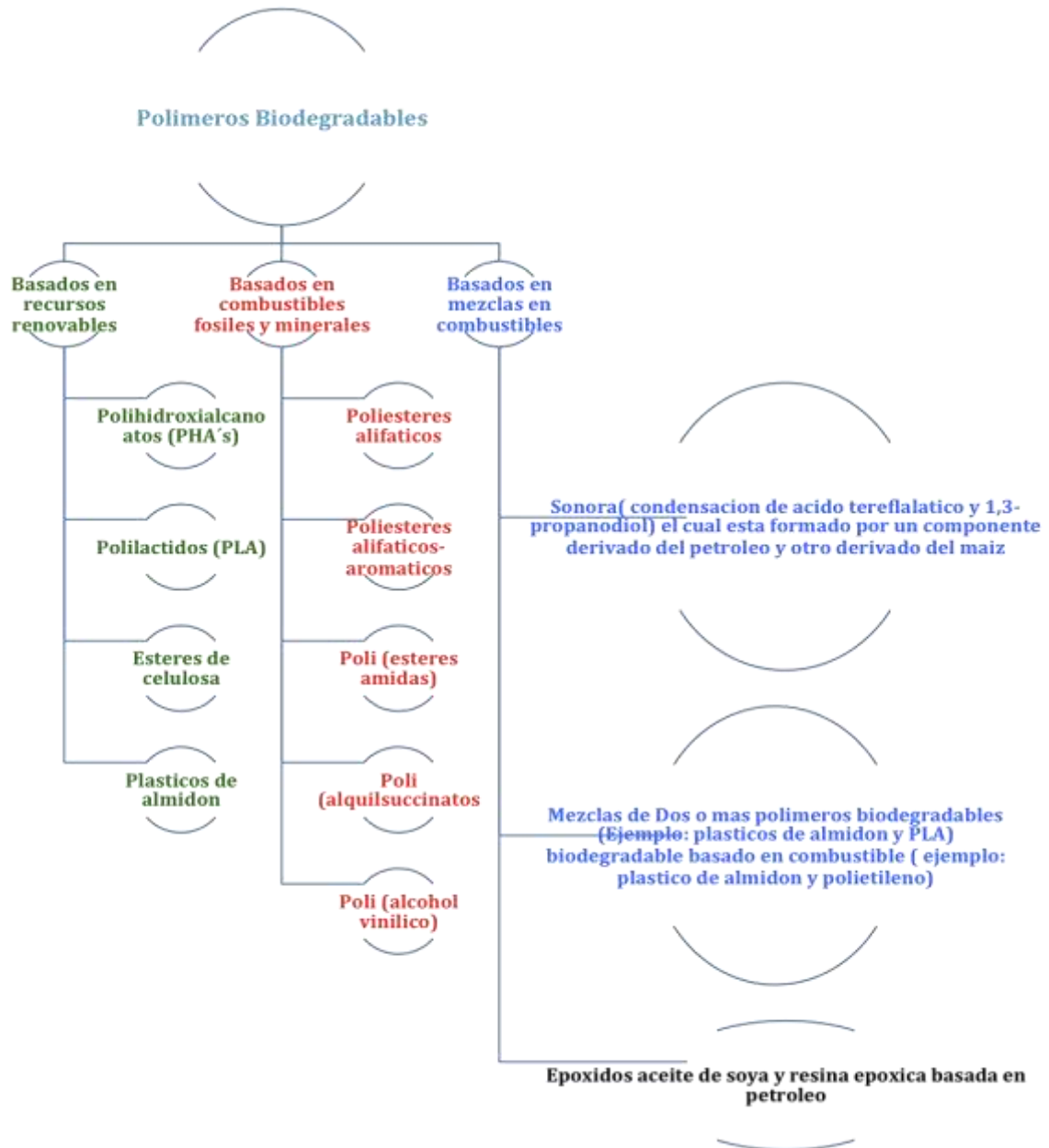


Ilustración 3. Clasificación de los plásticos por su origen (Hernández Ávila, 2008)

Actualmente existen materiales de gran importancia comercial que están disponibles en el mercado como son: 1) Poli (lácticos), (PLA), 2) polímeros de polihidroxicarbonato (PHB), y 3) polímeros basados en el almidón (Bastioli, 2000), (Briassolis, 2004), (Helén, Kantola, & Kotilainen, 2000); los primeros dos bioplásticos son usados actualmente en la industria del envase y embalaje, ya que cumplen con las normas ASTM D6400 para la biodegradación por compostaje. (Tharanathan, 2003). Aunque en el mercado del envase se crean más bioplásticos, estos son patentados por empresas para su propia producción y los costos suelen ser muy elevados.



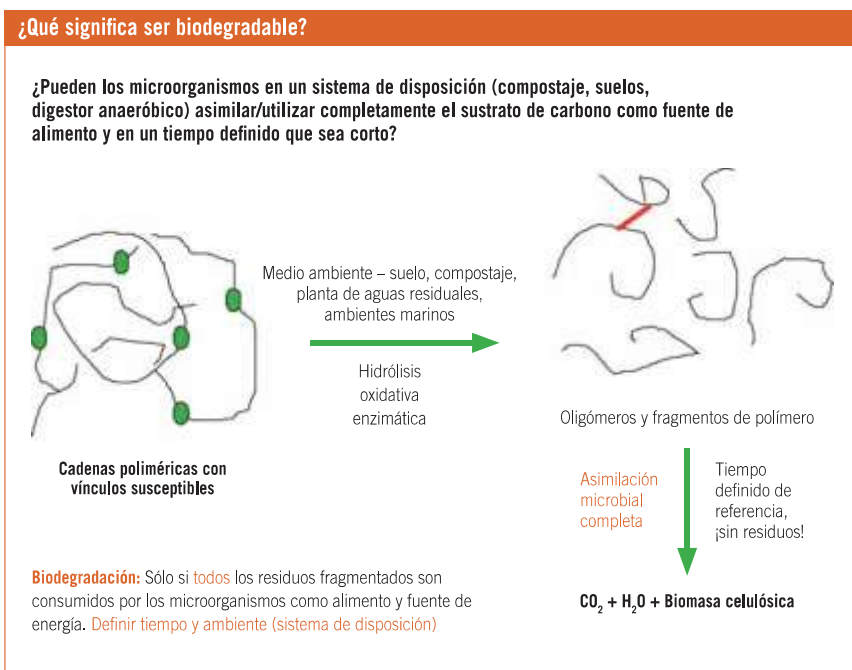


En el proyecto se habla de algunos conceptos de bioplásticos como son la degradación, biodegradación y compostabilidad las cuales conforman las características para que el proyecto sea sustentable. A continuación se muestran definiciones encontradas de distintas fuentes relacionadas con los bioplásticos

### 3.3.1 BIODEGRADACIÓN

Los plásticos biodegradables se degradan por un proceso en el que intervienen microorganismos (hongos, bacterias). Un material es biodegradable si la degradación es consecuencia de la acción de microorganismos y el material,

como resultado final del proceso, se convierte en agua, dióxido de carbono y/o metano y crecimiento de la biomasa. (Quiñones James , 2009)



**Ilustración 4. La biodegradación (Narayan, 2009)**

sus procesos vitales. Los sustratos de carbono se convierten en “comida” que los microorganismos usan para mantenerse. Para que esto ocurra, es necesario que el sustrato de carbono se transporte dentro de la célula”, como se observa en la Ilustración 4

Uno de los factores más importantes que se tiene en la biodegradación es el peso molecular, ya que en él ocurre el transporte de los sustratos, pero aun así hay que tomar en cuenta otros factores como son:

- El balance hidrofóbico-hidrofílico,



- Aspectos estructurales y moleculares que permiten el transporte a través de la membrana celular.

Bajo condiciones aeróbicas, el carbón se oxida biológicamente en CO<sub>2</sub> dentro de la celda, liberando energía que es aprovechada por los microorganismos para su proceso vital.

Bajo condiciones anaeróbicas, se producen CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>. Entonces, una medición de la cantidad de CO<sub>2</sub>, o de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>, como función de la cantidad de carbono que se introduce en el proceso, es una medida directa de la cantidad total de sustrato de carbono utilizado por el microorganismo. (Narayan, 2009)

Con lo anterior se fundamentan varios estándares como el ASTM, ISO y EN para así tener una base en que apoyarse, para poder medir la biodegradabilidad de sustancias químicas y a los plásticos biodegradables.

Ilustración 5

### 3.3.2 ESTÁNDARES QUE REGULAN LA BIODEGRADACIÓN

ESTÁNDARES DE REFERENCIA		
Las Entidades que desarrollan estándares como la ASTM, EN e ISO, han desarrollado normas en el tema de biodegradabilidad que se resumen a continuación.		
<p><b>BIODEGRADACION EN CONDICIONES DE COMPOSTAJE</b></p> <p>* Estándares de especificación ASTM D6400, D6868, D7021</p> <p>* Estándares de especificación EN 13432 (norma Europea)</p> <p>* Estándares ISO 17088 (estándar internacional)</p>	<p><b>BIODEGRADACIÓN EN AMBIENTES MARINOS</b></p> <p>* Estándar de especificación D7021</p>	<p><b>MÉTODOS DE PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD ESTÁNDARES ASTM</b></p> <p>* Compostaje D5338</p> <p>* Suelo D5988</p> <p>* Digestores anaeróbicos D5511, ISO 15985 (energía de biogas)</p> <p>* Relleno sanitario acelerado D5526</p> <p>* Guía para probar productos plásticos en el medio ambiente con una combinación de oxidación y biodegradación ASTM D6954</p>

Ilustración 5. Estándares de referencia en biodegradación (Narayan, 2009)

Un estándar provee las especificaciones de pasar o reprobado y la base para hacer declaraciones. Por ejemplo se hacen declaraciones de compostabilidad (biodegradación en un ambiente de compostaje) estas declaraciones deben satisfacer los estándares ASTM, ISO o EN.



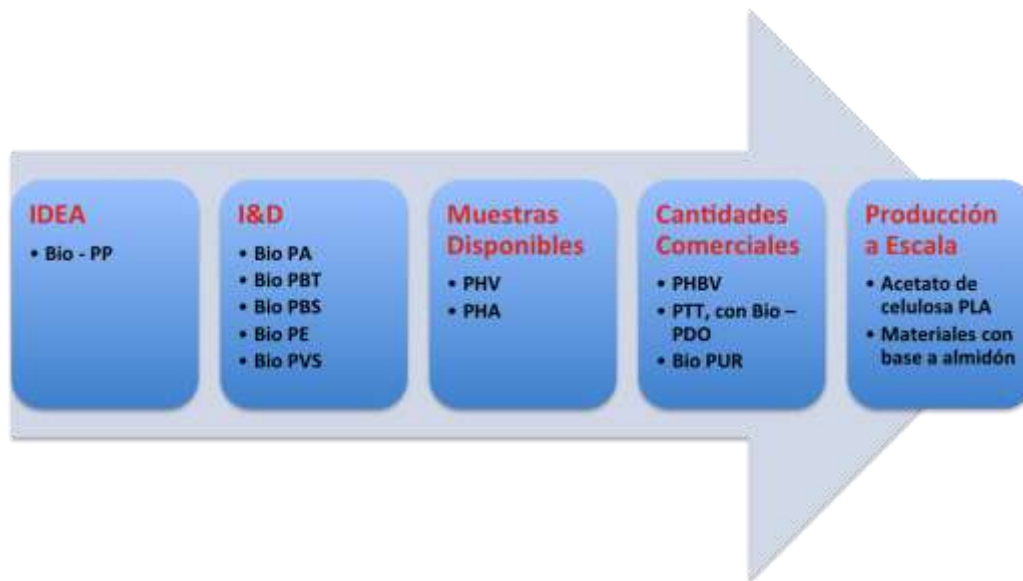
### 3.3.3 COMPOSTAJE

Los plásticos compostables son degradables mediante procesos biológicos durante el compostaje para producir dióxido de carbono, metano, agua, compuestos inorgánicos y biomasa en una proporción comparable a la de otros materiales compostables (residuos verdes), sin dejar residuos visualmente distinguibles o tóxicos, es decir, un material es compostable cuando es compatible con las condiciones (de temperatura, nivel de humedad, pH y tiempo) que se pueden encontrar en las instalaciones de compostaje municipales o industriales. Los criterios que definen si un material es compostable están definidos por las normas: EN 13432, EN 14995, ASTM D6400 y la ISO 17088.

En Europa la compostabilidad de los productos se define mediante la norma armonizada EN 13432. De acuerdo con ella el proceso de degradación dura entre 6 y 12 semanas bajo las mismas condiciones que las plantas de compostaje industrial. En la ilustración 5 se muestran estándares de referencia para la compostabilidad dependiendo la región en que se encuentre. En el **Anexo C** se hace una descripción más detallada de las normas que regulan las técnicas de biodegradación. (Narayan, 2009)

### 3.4 BIOPLÁSTICOS EN EL MERCADO

Los biopolímeros/ bioplásticos se obtienen de distintas fuentes y vías para su producción. Se pueden obtener directamente si son productos de síntesis natural en un organismo, por la producción del monómero por fermentación y por conversión química de sustancias biobasadas. A continuación se listan algunas características de los principales plásticos biobasados disponibles comercialmente Ilustración 6



**Ilustración 6. Estado actual de los Bioplásticos (Pazes, 2009)**

Los polímeros basados en almidón, cuya producción a 2006 estaba alrededor de 82.000 ton/año y se consiguen entre 2.1 y 7.8 USD/kg, se caracterizan por tener propiedades similares a las de PE y PP, son totalmente compostables y tienen alta permeabilidad. Son usados en bolsas, relleno y películas para envases, entre otros. (Pazes, 2009)

Los basados en celulosa son muy usados en mezclas y sus propiedades son similares a las del PS. Se consiguen entre 4.3 y 12.15 USD/kg. Tienen gran rango de aplicaciones, como películas. Además, son usados como compuestos en moldeo por inyección. (Pazes, 2009)

El ácido poli láctico (PLA) tiene una producción aproximada de 140,000 ton/año y se consigue entre 2.1 y 5.0 USD/kg. Es adecuado para mezclas, y sus propiedades son similares a las del PET. Tiene alta transparencia y brillo, así como buena barrera a olores, agua y oxígeno. Es especial para aplicaciones de empaque, médicas y en fibras. (Pazes, 2009)

Los polihidroxicanoatos (PHA), familia de polímeros producida por bacterias, son apropiados para mezclas. En el 2008 se esperaba tener una capacidad de producción de 70, 000 ton/año y se consiguen entre 5.7 y 8.6 USD/kg. Sus propiedades mecánicas varían y es similar a PE, PP o PS, tiene estabilidad dimensional a 100°C. Son usados en envases, bolsas, películas, fibras, adhesivos y aplicaciones médicas, entre otros. (Pazes, 2009)



Los poliésteres biobasados, que son apropiados para mezclas, tienen una producción proyectada a 2010 de 42,000 ton/año. Se consiguen entre 5.0 y 7.15 USD/kg. Tienen propiedades similares a PP y PE. Son biodegradables, y usados en envases y películas. (Pazes, 2009)

#### 3.4.1 CRECIMIENTO DE LOS BIOPLÁSTICOS

Después de la fuerte crisis vivida en el 2008, la industria de los bioplásticos permanece optimista, en retrospectiva, las empresas analizaron un 2009 fortaleciendo su idea de que el 2010 y 2011 serían los años en los que el crecimiento económico se verá finalmente estable en los bioplásticos. (Gaxiola Alcantar, 2011)

La *European Bioplastic Association* (Bioplastic, Market Development, 2011) realizó una encuesta en la que involucran a los miembros de esta asociación, en la que señalan que “Las inversiones verdes son la mejor manera de abatir la crisis”. La muestra de las compañías encuestadas reporta cifras saludables de crecimiento para el 2009, en algunos casos considerablemente mayor en 5% al año anterior. (Gaxiola Alcantar, 2011)

Las cifras alcanzaron y en algunas ocasiones excedieron las expectativas. En mayo del 2011, 38 compañías, entre ellas muchas de las líderes mundiales en producción de polímeros, revelaron cómo declinaron en 2009 y apuntaron sus expectativas para 2010 y 2011. (Gaxiola Alcantar, 2011)

47% de las compañías registró crecimiento en la facturación, mientras que 32% alcanzó por lo menos un nivel estable, y sólo 10% de ellas reportó pérdidas. 70% de los encuestados confirmó sus expectativas, contra un cuarto de las firmas que mencionó no haber alcanzado su propio pronóstico. Esto se puede ver en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



Las empresas consideraron una tendencia positiva general para el 2010 y el 2011: 80% fueron optimistas, con 20% adelantando resultados satisfactorios, 40% buenos resultados y 20% excelentes resultados. Con base en estas saludables perspectivas, dos tercios de las empresas estarían incrementando sus inversiones en el sector en este año como se puede observar en la Ilustración 8 e Ilustración 9. (Gaxiola Alcantar, 2011)

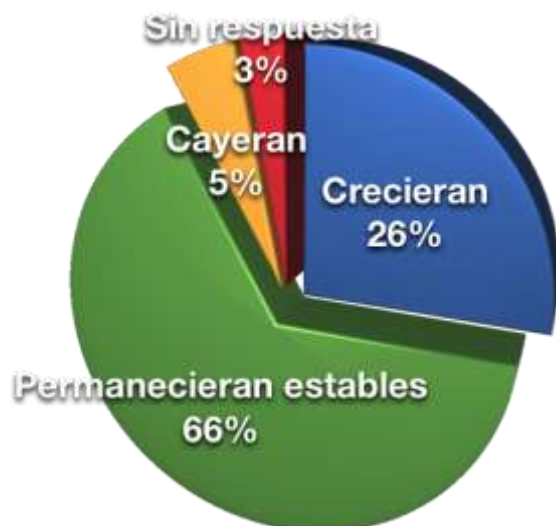


Ilustración 7. Gráfica de resultados de encuestas realizadas a empresas de la industria del plástico

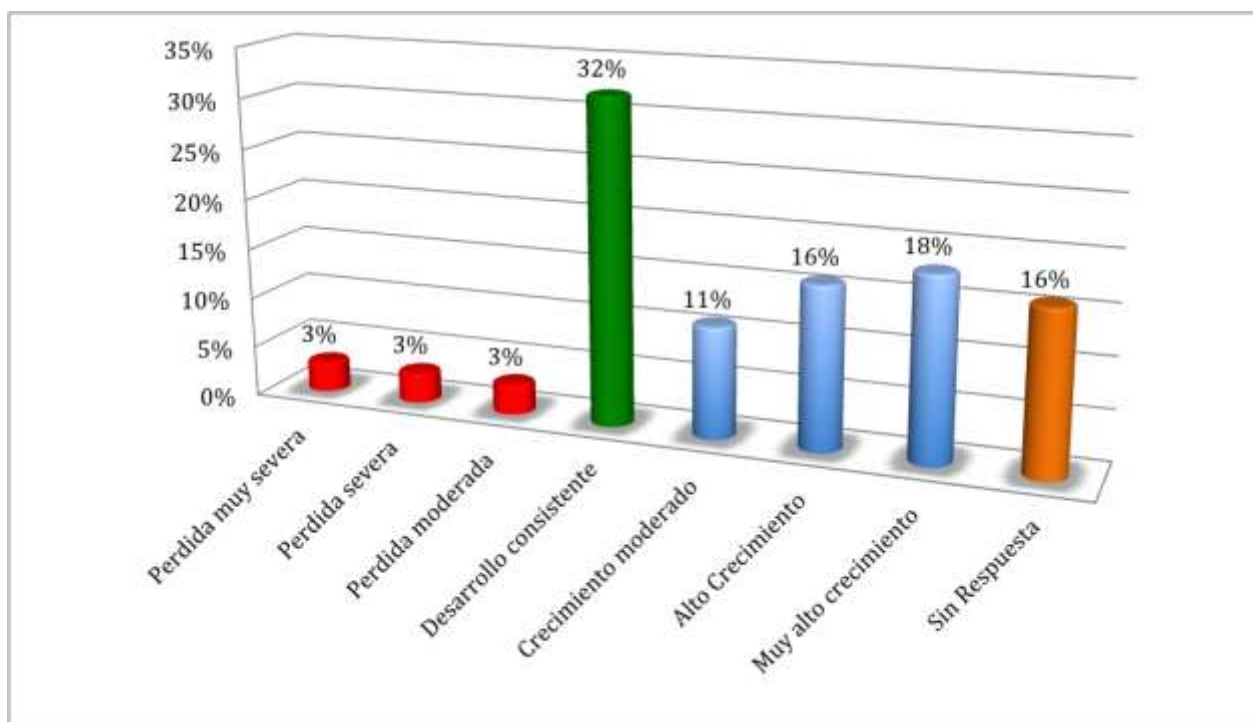


Ilustración 8. Gráfica de resultados de inversión en bioplásticos (Gaxiola Alcantar, 2011)





Ilustración 9. Encuestas de bioplásticos a empresas en el 2010 (Gaxiola Alcantar, 2011)

En el **Anexo D** se puede complementar esta información del crecimiento de los bioplásticos como sido su innovación

#### 3.4.2 BIOPLÁSTICOS EN 2011

En un estudio realizado por una de las asociaciones más prestigiadas en la industria del plástico informó que para el año 2011 se tuvo pronosticado una producción de más del millón de toneladas de bioplásticos. De hecho, según *European Bioplastics*, durante el primer semestre de 2011 la capacidad de producción fue superior a las 900 mil toneladas. (Plástico M. , Los mercados del empaque y algunas cifras, 2011)

Por lo anterior se pronostica que la capacidad productiva de bioplásticos a nivel mundial se duplicará en el periodo de 2010 a 2015, según un estudio realizado en conjunto por *European Bioplastics* y la Universidad de Hannover. En el pasado año del 2010 la industria del bioplásticos tuvo una producción de 700 mil toneladas, la capacidad de producción de bioplásticos parece que se verá incrementada hasta las 1.7 millones de toneladas en 2015. El año pasado la capacidad supero la cifra de un millón de toneladas. (Plástico M. , Los mercados del empaque y algunas cifras, 2011)

En 2010 la tendencia principal de los bioplásticos era la producción de materiales biodegradables, con un total de alrededor de 400 mil toneladas (comparadas con las 300 mil toneladas de plásticos commodities bio-base).



Ilustración 10. Cabe señalar que según *European Bioplastics*, la creciente demanda de soluciones sostenibles, la gama de los bioplásticos disponibles se multiplica de forma continua. En consecuencia, el mercado europeo de los bioplásticos está creciendo a una tasa anual de aproximadamente el 20 por ciento. (Bioplastic, Market Drivers, 2011)

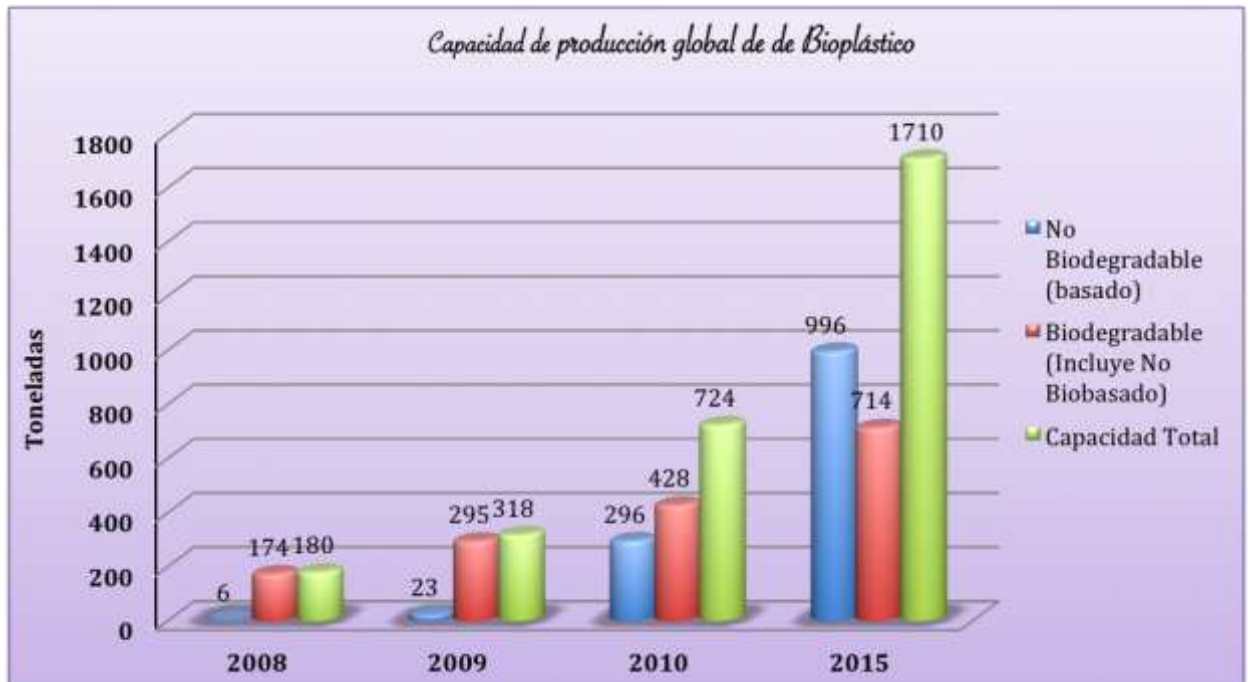


Ilustración 10. Capacidad global de producción de bioplásticos & University of applied Sciences and Art Hanover (Plástico M. , Los mercados del empaque y algunas cifras, 2011)

Para complementar esta información se busco más información sobre la demanda mundial entre los años del 2010 y 2015, la cual se ubica en la Tabla 5





World Packaging Demand For Bioplastics By Applications & Region (thousand metric tons)					
Item	1998	2003	2008	2013	2018
<b>World Packaging Bioplastics</b>	<b>42</b>	<b>50</b>	<b>90</b>	<b>389</b>	<b>790</b>
By Application					
<b>Packaging Film</b>	30	30	36	224	405
<b>Loose-Fill</b>	8	13	22	33	46
<b>Containers &amp; Other</b>	4	7	32	132	339
By Region					
<b>North America</b>	11	13	27	85	169
<b>United States</b>	9	11	22	72	140
<b>Canada &amp; Mexico</b>	2	2	5	13	29
<b>Western Europe</b>	15	21	32	125	227
<b>Asia/Pacific</b>	12	12	26	133	274
<b>China</b>	2	2	7	30	86
<b>Japan</b>	6	6	12	75	124
<b>Other Asia/Pacific</b>	4	4	7	28	64
<b>Other Regions</b>	4	4	5	46	120
<b>%packaging</b>	68.9	51	45	43.2	40.5
<b>World Bioplastics Demand</b>	61	98	200	900	1950

Tabla 5. Demanda mundial de los bioplásticos por aplicación y regiones (Fredonia Groups, 2011)

### 3.4.3 IMPULSORES DEL MERCADO

Los factores que han impulsado a los bioplásticos en el mercado han sido internos y externos, los internos tienen beneficios principalmente para la industria y los externos son los que tienen un beneficio para la gente.

En Ilustración 11, se observa de manera más específica cómo las industrias han impulsado el mercado de los bioplásticos. (Bioplastic, Market Drivers, 2011). En el **Anexo E** se muestra más información al respecto.



Ilustración 11. Factores internos y externos en la industria de los bioplásticos (Bioplastic, Market Drivers, 2011)

### 3.5 EMBOLSADORAS

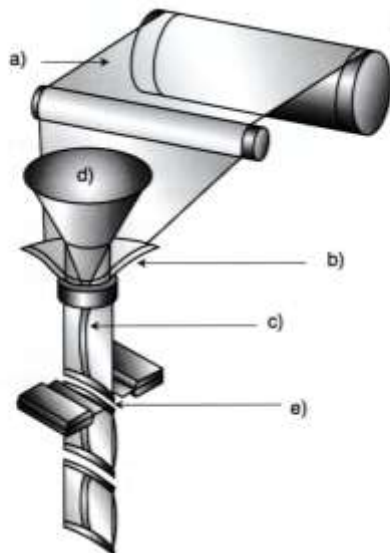
El llenado y envasado son puntos de interés primordial para el fabricante de la industria del envase y embalaje, porque es la etapa final del proceso de industrialización, que deja a los productos en las condiciones en que se presentará antes los ojos del comprador. Existe una gran variedad de máquinas y procesos de envasado, una de las máquinas más usadas por la industria es la de formado, llenado y sellado.



#### 4.5.1 MÁQUINAS DE FORMADO, LLENADO Y SELLADO

Las máquinas de formado, llenado y sellado trabajan sobre el método de barrido en los que se aplican gas o gases protectores al producto, el cual desplaza el aire mediante una corriente continua de estos gases. Estos sistemas pueden encontrarse en disposición vertical y horizontal según el mecanismo de desplazamiento del material de envasado y suelen utilizar envases flexibles tipo almohada y tipo sobre o saco. (Garcia I., Gago Cabezas, & Fernandez Nuevo , 2006)

El objetivo de los sistemas de formado, llenado y sellado, son para sostener con fuerza, moldear, cortar con precisión y cerrar envases de manera fiable. La tarea que realiza el cliente determina la gama de equipos.



**Ilustración 12. Esquema de una máquina envasadora de formado, llenado y sellado. a) Película, b) Formadora, c) Sellado lateral, d) Embudo de carga, e) sellado y corte (Vidales Giovanneti , 2007)**

En la Ilustración 12, se muestra el tipo de maquinaria y las partes principales que la componen.

Una de las ventajas de este tipo de maquinaria es que realiza el embalaje colectivo en donde se realiza el envase, y llenarlo con una sola máquina, el proceso se simplifica, y se traduce en economía de tiempo y de mano de obra.

A partir de aquí las soluciones verticales para embolsar pasan de adquirir máquinas con un valor muy superior con producciones de 30 – 40 bolsas por minuto de tamaño medio, pero fijo en cuanto estas máquinas de formado, llenado y sellado tienen un vínculo originado por las dimensiones del cilindro formador que obligan unas medidas determinadas. Por lo que las desventajas de este tipo de máquinas son el mono producto al momento de realizar la producción.



Los sistemas de formado llenado y sellado se clasifican en dos tipos:

- Verticales
- Horizontales

En la Tabla 6, se muestran las diferencias entre los dos sistemas de envasado ya sea por vertical y/o horizontal

Equipo de envasado	Tipo de envasadoras	Sistema de envasado	Generación de la atmosfera protectora	Producción(v elocidad)	Tipos de envase
Envasadora Vertical		EAM	Barrido con gas	Por lotes/ continua (30-120 envases/min)	Flexibles, formados in situ
Envasadora Horizontal	Flow-pack BDF	EAM	Barrido con gas	Continua (Flow-pack: 120 envases /min)	Flexibles, formados in situ
	Flow-vac (sistema de carga)	EV/VSP	Vacío compensado	Continua (60 envases / min)	Flexibles, formados in situ

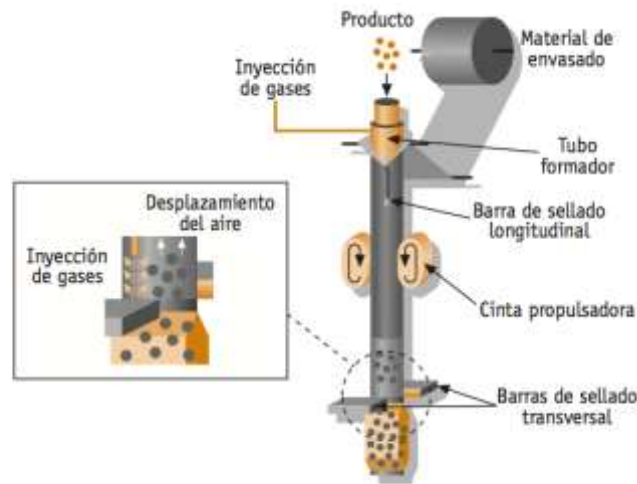
Tabla 6. Diferencia entre envasadoras verticales y horizontales (Garcia I., Gago Cabezas, & Fernandez Nuevo , 2006)

En el proyecto el tipo de máquina que se seleccionó es una máquina de formado, llenado y sellado, ya que el empaque al que va dirigido es a productos de grano, por lo que estos pueden llenarse mediante la ayuda de la gravedad.

### 3.5.2 ENVASADORAS VERTICALES

En las envasadoras verticales se diferencian dos cilindros concéntricos. El externo guía el material de envasado procedente de la bobina para transformarlo en un recipiente con forma de tubo. El alimento se introduce dentro de él desde una tolva de carga a través del cilindro interior. El aire contenido en el envase se purga mediante el flujo continuo de gases suministrado desde el espacio existente entre ambos cilindros. En ocasiones, es necesario inyectar la atmósfera protectora en primer lugar y añadir después el producto. Finalmente, unos rodillos calientes o una barra térmica soldán los bordes de la bolsa y unas mordazas la separan del resto del material.

Ilustración 13



**Ilustración 13. Esquema y forma de uso de envasadora de formado, llenado y sellado vertical (García I., Gago Cabezas, & Fernández Nuevo, 2006)**

Las máquinas de formado, llenado y sellado pueden operar por lotes o en continuo. En este último caso alcanzan velocidades de producción bastante elevadas. En general, se emplean en el envasado de alimentos en polvo o granulados, de fácil desplazamiento dentro del paquete para que el llenado resulte más sencillo como café, frutos secos, snacks, algunos congelados, etc.

En el **Anexo F** se complementa más información de los diferentes tipos de envasadoras verticales.

### **3.6 PROYECTO DE EMPAQUE SUSTENTABLE**

El proyecto involucró la innovación de un empaque resellable biodegradable compatible con cualquier tipo de producto, que cumpla con los requerimientos y estándares de las empresas y clientes en la actualidad, en el ramo de PACKAGING.

Actualmente está en trámite la patente con la solicitud MX /a /2011 010789 con el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, (IMPI) en esta solicitud es para



cierta parte del empaque sustentable, que es el diseño del dispositivo o diafragma, sus especificaciones de uso y objetivos de la innovación.

Con el proyecto de empaque biodegradable se pretende satisfacer la necesidad del envase mexicano por la falta de proveedores en el ramo de empaques 100% biodegradables y resellable. El alcance del proyecto abarco el desarrollo de un empaque sustentable, el cual consta de una película flexible y un dispositivo o diafragma que permitirá la dosificación del producto, ambos hechos por materiales biodegradables y compostables o bien sustentables, incluye la selección del material, así como el diseño de los dispositivos necesarios que puedan ser adaptados a envasadoras comerciales para el posible ensamble del dispositivos y la unión del dispositivo con la película flexible, para producción y venta. En la Ilustración 14 se muestran algunos prototipos colocados en diferentes productos a los que va dirigido el producto para más información se puede consultar la tesis de innovación sobre este proyecto, donde se encontrara la todo el estudio de mercado e innovación del empaque. (Torres Benitez , 2012)

**Ilustración 14. Pruebas de prototipos de diafragmas en distintas bolsas para granos y polvos**



### 3.6.1 PARTICIPACIÓN DE MERCADO

Al principio del proyecto se realizaron especulaciones (Borja Ramirez & Ramirez, 2011) las cuales se basaban en la participación del proyecto para la zona del D.F. y

Metropolitana, suponiendo que los productores que envasan adquieran el producto. Tabla 7





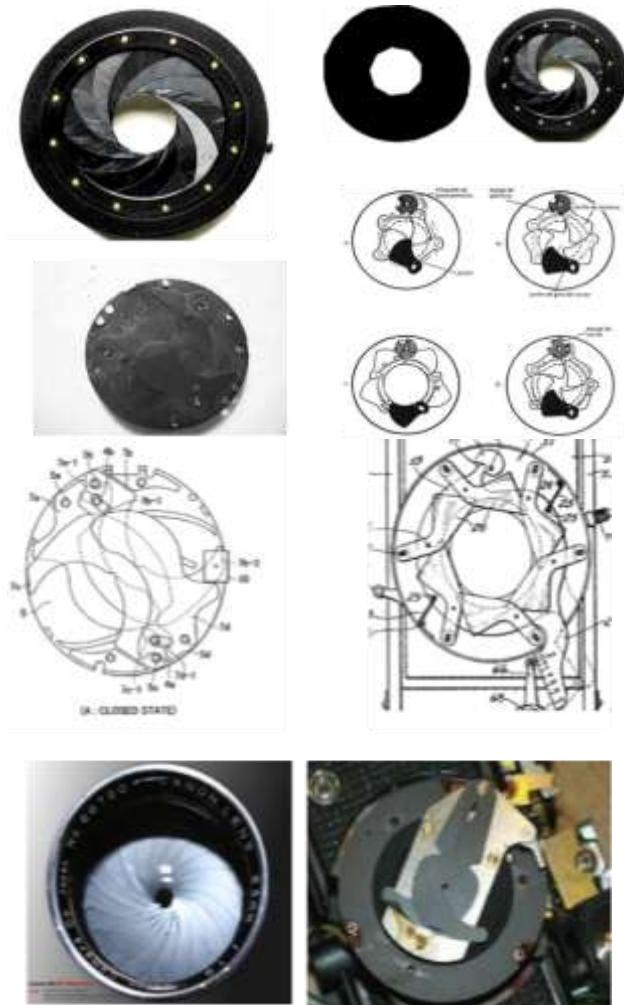
<b>% Costo del empaque en el Precio final</b>	15%		
<b>Habitantes DF y zona metropolitana [millones]</b>	20		
<b>Familias [millones]</b>	5		
<b>Familias que compran bolsas resellable (20%)[millones]</b>	1.5 aprox.		
<b>Participación del mercado (20%)[miles]</b>	300		
<b>Precio del empaque por 500 gr (estimación)</b>	\$ 4.5		
<b>Número de empaques al mes por familia</b>	4 promedio		
<b>Ingreso por empaques al mes por familia</b>	18		
<b>Mercado=</b>	18*	1,500,000.00	20%
<b>Mercado=</b>	\$5,346,000.00		

Tabla 7. Estimaciones en el mercado para el empaque biodegradable resellable (Borja Ramirez & Ramirez, 2011)

Esta fue una de las estimaciones (Borja Ramirez & Ramirez, 2011), en las que se observa un panorama de la participación del dispositivo sustentable en el mercado del empaque.

3.6.2 DISPOSITIVO DE RESELLABLE Y/O DIAFRAGMA Y PELICULA FLEXIBLE

Anteriormente se realizó una investigación de patentes (Borja Ramirez & Ramirez, 2011) con la finalidad de buscar patentes de diafragmas resellables; ya que en la actualidad es poco el mercado de empaques con dispositivo de resellado como el que se está proponiendo. En las patentes de los diafragmas encontrados hubo diseños de 2 hasta 20 elementos y a patente que actualmente nosotros proponemos es de 1 a 44 elementos. A continuación la Ilustración 15 muestran las patentes más representativas.



**Ilustración 15. Patentes de diafragmas de diferentes diseños y elementos**

En el **Anexo G** se muestran los diseños de cada uno de los elementos del diafragma que se diseñaron en la tesis de los compañeros de diseño (Muñoz, 2012), para conocer y entender más sobre el diseño de este dispositivo.

Dicho dispositivo estará unido a una película flexible del mismo material, algunas pruebas que se han realizado con cierto material son las mostradas en la ilustración 16 en la parte derecha; esta película formara lo que es la bolsa que será el cuerpo del empaque, actualmente la **E.C** tiene sus propios planes sobre el diseño, impresión y venta del mismo empaque.

Actualmente la **E.C** compro una máquina en la primera etapa del proyecto (Borja Ramirez & Ramirez, 2011), una maquina de formado, llenado y sellado;





la máquina envasadora que se usó, es de la marca ENV-A-FLEX; en la Ilustración 16, muestra la maquina que se encuentra actualmente en la división de posgrado. Esta máquina tiene como objetivo aplicar algunos de los diseños del sistema de producción que se describen en este trabajo, así mismo producir la bolsa.



**Ilustración 16. Máquina de Formado, Llenado y Sellado utilizada para el proyecto del lado izquierdo, la cual crea las bolsas de cómo las de la figura del lado derecho la cual será unida con los dispositivos de la figura del centro**



## **4. OBJETIVOS Y ALCANCES**

El objetivo del proyecto de tesis es definir el proceso de producción para un empaque biodegradable resellable o empaque sustentable desde la adquisición de la materia prima hasta la entrega del producto terminado que se pondrá a la venta.

Los alcances de este trabajo de tesis son:

- Realización de una estimación económica para la producción del empaque sustentable, así como la realización de una lista de proveedores.
- Justificación de la selección del material a usar para el empaque, que cumpla los requerimientos para ser un proyecto sustentable y funcional.
- Realización de diagrama del proceso con el flujo de materiales.
- Proposición de posibles formas de ensamble del dispositivo resellable y unión con el empaque de película flexible, incluyendo la definición de un proceso de manufactura de plásticos para la manufactura del dispositivo o diafragma.
- Proposición de especificaciones de manufactura del empaque resellable, que pueda ser usado para controlar la calidad del proceso de producción del empaque mediante herramientas del CEP (Control Estadístico del Proceso).



## **5. PROCESO PARA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN**

El proceso usado para la realización del trabajo se compone por 6 pasos que a continuación se muestran

**Recopilación de información:** Al inicio de este trabajo se recolectaron datos e información relevante sobre bioplásticos, procesos de conformado de plásticos, envase y embalaje en diferentes medios, tales como libros, revistas, documentos de internet, páginas web y exposiciones. Esta información se encuentra contenida y distribuida desde el capítulo 3 hasta el capítulo 8.

**Análisis y síntesis de información:** Una vez recolectada la información se analizó y sintetizó, considerando los siguientes apartados: materias primas (bioplásticos) en la sección 1 del capítulo 6, proveedores de materias primas en la sección 2 del capítulo 6, procesos de conformado en la sección 1 del capítulo 7, embolsadoras en la sección 2 del capítulo 7 y formas de ensamblado en la sección 2 del capítulo 7.

**Definición de requerimientos de proceso:** Al término del análisis y síntesis de información, fueron seleccionadas variables críticas del producto determinadas por el proceso de manufactura y diseño, asimismo se definieron las especificaciones a cumplir para la realización de una ficha técnica así como la propuesta del control de calidad para el dispositivo mostrada en la sección 8.1

**Realización de propuestas de procesos:** Considerando las especificaciones del producto y la descripción de sus procesos de manufactura, se propusieron diferentes opciones de procesos ensamble y unión, así como sus correspondientes líneas de producción del empaque sustentable, el cual es mostrado en la sección 7.2

**Evaluación y selección:** Se realizaron los cálculos necesarios para la evaluación de la viabilidad del proceso, los cuales se muestran los resultados en la sección 8.2



**Pruebas de proceso:** Se realizaron pruebas con el material seleccionado para conocerlo, así como su proceso de conformado. También se realizaron pruebas con los moldes y las máquinas de formado, llenado y sellado mostrados en el capítulo 6.1 y 7.2



## **6. REQUERIMIENTOS PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN**

### **6.1 SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA**

En la selección de materia prima se realizó la búsqueda de información de los posibles materiales que podrían usarse como materia prima para el empaque, como se mencionó anteriormente. Esta búsqueda se enfocó en materiales que fueran degradables, se tomaron en cuenta dos tipos de materiales: fibras naturales y bioplásticos, los cuales cumplen con el propósito del empaque resellable biodegradable relacionado con la sustentabilidad, como se informó a CONACYT, ICYTDF y Secretaría de Economía.

El punto principal que se tomo en cuenta fue verificar la facilidad y velocidad con que se degradan los materiales como principal requerimiento para el empaque, por lo que se excluyen los materiales basados en la celulosa proveniente de los árboles, ya que estos tienen un tiempo de renovación de 25 a 65 años dependiendo de la especie y del medio ambiente donde se cultive (Gordon L., 2006).

Por lo tanto en este trabajo se tomaran en cuenta dos bioplásticos: 1) polímeros de ácido láctico (PLA) y 2) polímeros de hidroxialcanoatos (PHAs). Esta selección fue hecha partiendo del punto de que los materiales son producidos a partir de fuentes renovables, tienen presencia como líderes en el mercado de plásticos de la industria del envase y embalaje y además son amigables con el ambiente.

Otro bioplástico que se tomo en cuenta para la producción de este empaque fue el quitosan, que es un bioplástico marino, que por su elevado costo se tuvo que descartar, ya que un kilogramo de este material cuesta alrededor de 66 USD/kg en comparación con los materiales PHA y PLA que su precio oscila de 3 a 4 USD/kg.



### 6.1.1 PROPIEDADES

La selección de los materiales fue hecha tomando en cuenta las propiedades del PLA y PHA, como son físicos, térmicos, mecánicos y la facilidad de su procesamiento; por lo que se realizó una tabla comparativa para encontrar la mejor opción; con base en los estudios de ATO, Wageningen que muestra las propiedades de los diferentes materiales. Ver información adicional de estos estudios en el **Anexo H**

La Tabla 1 muestra la información comparativa sobre las propiedades fundamentales para estos materiales, tomando un rango de medida de cada propiedad; cabe señalar que las propiedades de estos materiales varían dependiendo de su polimerización, es por eso que se tomó un amplio rango considerando su forma de producción.



NOMBRE DE BIOPOLÍMERO	PLA	PHA
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>		
Estructura	Amorfo	Semicristalino
Transparencia	Transparente	Opaco
Transparencia (%)	0.7	-
Tasa de Flujo de Derretimiento (g/10 min)	-	0.1 a 100
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1.25 a 1.29	1.23 a 1.28
Cristalinidad (%)	0 a 74	50 a 80
<b>PROPIEDADES MECANICAS</b>		
	Frágil, Duro y Rígida	Duro y Dúctil
Resistencias a la Tracción (MPa)	53	10 a 20
Elongación (%)	10 a 100	10 a 25
Modulo de Flexión (MPa)	350 a 450	40
<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>		
Temperatura de Deflexión (°C)	40 a 45	60 a 100
Punto de Fusión	> 125	80 a 182
Tg	55 a 125	-4 a 70
<b>RESISTENCIAS QUIMICAS</b>		
Aceite Mineral	Good	Good
Solventes	Poor	Poor
Acido	Avg/poor	Poor
Base	Avg/poor	Poor
<b>PROPIEDADES DE BARRERA</b>		
Permeabilidad al CO <sub>2</sub> (cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día, 25mm, 1atm)	Buena	-
Permeabilidad al O <sub>2</sub> (cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día, 25mm, 1atm)	Mediana	Mediana
Permeabilidad al agua (g/m <sup>2</sup> /day, 50mm, 23°C, 90% Humedad)	Buena	Buena
<b>BIOLOGICOS</b>		
Biodegradación (meses)	>1	> 3
Temperatura en Composta	20 a 60	>25

Tabla 1. Comparación entre Bioplásticos PLA y PHA (Hernández Ávila, 2008), (Crank & Patel, 2005), (Weber, 200)



En la tabla 7 se analizaron las propiedades de interés como son:

- Propiedades biológicas.
- Propiedades que cumplen el funcionamiento del empaque.
- Propiedades para procesamiento.

Las propiedades biológicas son la principal propiedad de interés para el proyecto con CONACYT, ICYTDF y S.E., como se mencionó anteriormente (capítulo 3) al usar materiales biodegradables que cumplan con las normas de la ATSM, la cual dice que la biodegradación de un biopolímero debe ser en 60 días. En la tabla 7 se observa que el PLA se puede biodegradar en un lapso de mínimo 1 mes, en un rango menor que el PHA que es de aproximadamente 3 meses. De esta forma la mejor opción que se ajusta a este criterio es el PLA.

Las propiedades de funcionamiento para el empaque, según la tabla 7, son las barreras contra el O<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, las cuales son relativamente semejantes entre PLA y PHA; mientras que para el PHA no se tiene información disponible sobre su permeabilidad ante el CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, al no tener la misma información del PHA como del PLA se tomará como la mejor opción el PLA, ya que tiene buenas propiedades para cumplir el funcionamiento del empaque.

Para la última propiedad que es la de procesamiento, se tomará en cuenta la estructura, si es amorfa o semicristalina, ya que una temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub>) juega un papel importante. Para materiales amorfos el calentamiento de la lámina se realiza a temperatura de transición vítrea, en el caso de materiales semicristalinos, estos se calientan ligeramente por debajo de su temperatura de fusión. A pesar de que se puede trabajar con ambos tipos de materiales la inyección favorece más a polímeros de estructura amorfa, ya que presentan una amplia ventana de procesamiento por encima de su temperatura de transición vítrea, a esta temperatura el material mantiene una rigidez sin que comience a doblarse. En cambio, los materiales semicristalinos pierden su rigidez al destruirse la estructura cristalina, cuando esta por encima de la temperatura de fusión, aparte que esto afecta directamente a los tiempos de enfriamiento en el proceso de inyección de plásticos.





## 6.2 SELECCIÓN DE PROVEEDORES

Elegir la mejor opción de proveedores nos asegura contar con insumos de calidad. Por ello se tomó el tiempo suficiente para elegir un proveedor y analizar bien las alternativas que hay en el mercado, por lo que se siguieron los siguientes puntos:

- Búsqueda de posibles alternativas.
- Informes sobre proveedor.
- Elegir no sólo en base a calidad y precio.
- Poner a prueba a proveedor.

### 6.2.1 BÚSQUEDA DE POSIBLES ALTERNATIVAS

En la búsqueda de proveedores se acudió a revistas y publicaciones especializadas en plásticos, ferias como expo pack y plastimagen, simposios de diseño sustentable e internet.

Asimismo se consultó a personas o empresas que actualmente laboran o que hayan trabajado con proveedores similares a los que necesitamos. En este caso se contó con la ayuda de personas muy allegadas a la industria del empaque y del plástico como son la Dra. Magdalena Trujillo, experta en polímeros y el Técnico Roberto Gutiérrez, experto en el área de polímeros de envase y embalaje.

En la Tabla 2, muestra los proveedores que existen actualmente en el mercado de bioplásticos, a nivel nacional e internacional. Por motivos de confidencialidad en el proyecto se mantendrán los nombres de las empresas en anonimato, ya que así lo pidió la **E.C.**



	TIPO	PAIS
1	Fabricante	Brasil
2	Fabricante	Estados Unidos
3	Fabricante	Estados Unidos
4	Fabricante	Alemania
5	Fabricante	Alemania
6	Fabricante	Reino Unido
7	Fabricante	Alemania
8	Fabricante	Brasil
9	Fabricante	Estados Unidos
10	Fabricante	Colombia
11	Fabricante	Estados Unidos
12	Fabricante	Brasil
13	Distribuidor y Fabricante	México
14	Fabricante	Alemania
15	Distribuidor y Proveedor de servicios	Guatemala
16	Distribuidor y Proveedor de servicios	México
17	Fabricante	Estados Unidos
18	Distribuidor, Fabricante y Proveedor de servicios	España
19	Fabricante	Brasil
20	Fabricante	Canadá
21	Distribuidor y Fabricante	Argentina
22	Distribuidor y Fabricante	Finlandia
23	Fabricante	Francia
24	Distribuidor y Fabricante	Colombia
25	Distribuidor	Estados Unidos
26	Fabricante	España
27	Fabricante	Estados Unidos
28	Fabricante	Estados Unidos
29	Fabricante	Estados Unidos
30	Fabricante	España
31	Distribuidor	Uruguay
32	Fabricante	Estados Unidos



33	Fabricante	Italia
34	Fabricante	México
35	Fabricante	Alemania
36	Distribuidor	México
37	Fabricante	Estados Unidos
38	Fabricante	Holanda
39	Fabricante	México
40	Fabricante	Holanda
41	Distribuidor y Fabricante	Colombia
42	Proveedor de Servicios	Chile
43	Fabricante	Argentina
44	Fabricante	Estados Unidos
45	Distribuidor	China

Tabla 2. Resumen de proveedores nacionales e internacionales en (Árambula , 2011), (Plastico, 2011) (Plastimagen, 2010)

Nos encontramos con una lista extensa de proveedores, la mayoría de ellos internacionales, por lo que se realizó un resumen en la Tabla 3, donde se concentra a los más importantes por tipo de material, con lo cual se redujo la investigación a la información contenida en sus páginas web o aquellas relacionadas con la industria.

BIODEGRADABLE / COMPOSTABLE	BIODEGRADABLE / COMPOSTABLE & BIOBASADO	BIOBASADO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Synthetic Polyester (4. BASF, 6. A.O)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>32 Nature Works: Polylactide PLA</li> <li>33 Novamont, 7 Biotec, 35 Plantic, 6 A.O : Starch Based Materials Biotec, Plantic, a.o)</li> <li>4. BASF, 14. Fkur: PLA compounds/ blends</li> <li>27. Telles, Polyhydroxyalkanoate PHA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>12. DuPont :Bio-PDO based polymers</li> <li>11. DOW, PE from Bioethanol</li> <li>3. Arkema 4. BASF, Polyamides PA 6.6/6.10/11</li> </ul>

Tabla 3. Resumen de proveedores líderes por cada tipo de bioplásticos

En el **Anexo I** se confirma la información de la tabla 9, en la cual la empresas



32, 33, 9 y 14 se han vuelto proveedores líderes en los diferentes materiales de bioplásticos en América Latina

En la tabla 9 vemos que la empresa 32 es compañía líder en el mercado de bioplásticos compostables como el PLA el cual es el material que se uso para este proyecto, la empresa 32 tiene entre su lista de clientes a empresas como Danone, Frito-Lay, Henkel, Stonyfield y Walmart. El material comercializado por la empresa 32 se denomina Ingeo para moldeo por inyección de productos de duración media. La nueva tecnología de resina compuesta permite la producción de piezas inyectadas con estabilidad dimensional térmica de hasta 120°C, resistencia al impacto Izod mayor a 106.8 J/m (2 ft-lb/in) y módulo de aproximadamente 3100 MPa (450000 psi). El tiempo de ciclo de inyección es comparable al de resinas de estireno, siendo Ingeo una opción competitiva en costos, baja en carbono y de buen desempeño. Ver Ilustración 17

(Compañía32, Fecha de consulta Abril 2011)

Injection Molding Process Guide

Ingeo™ Biopolymer 3251D is designed for injection molding applications. This polymer grade has a higher melt flow capability than other Ingeo™ resins currently in the market place. The higher flow capability allows for easier molding of thin-walled parts.

It is designed for injection molding applications, both clear and opaque, requiring high gloss, UV resistance and stiffness.

Table with 3 columns: Parameter, Value 1, Value 2. Rows include Melt Temperature, Feed Throat, Feed Temperature, Compression Section, Metering Section, Nozzle, Mold, Screw Speed, Back Pressure, and Mold Shrinkage.

Note: These are starting points and may need to be optimized.

Processing Information

Ingeo™ Biopolymer 3251D can be processed on conventional injection molding equipment. The material is stable in the molten state, provided that the drying procedures are followed. Mold flow is highly dependent on melt temperature. In order to control melt temperature, it is recommended to balance screw speed, back pressure, and process temperature. Injection speed should be medium to fast.

Process Details

Startup and Shutdown

Ingeo™ Biopolymer 3251D is not compatible with a wide variety of other resins, and special purging sequences should be followed:

- 1. Clean extruder and bring temperatures to steady state with low-viscosity, general-purpose polystyrene or polypropylene.
2. Vacuum out hopper system to avoid contamination.
3. Introduce Ingeo™ polymer into the extruder at the operating conditions used in Step one.

- 5. At shutdown, purge machine with high-viscosity polystyrene or polypropylene.

Table 1 - Typical Material & Application Properties. Table with 3 columns: Property, Ingeo 3251D (General Purpose), ASTM Method. Rows include Physical Properties (Specific Gravity, Melt Index, Relative Viscosity, etc.) and Mechanical Properties (Tensile Yield Strength, etc.).

Ilustración 1. Ficha técnica de PLA modelo Ingeo 3251D (Compañía32, Fecha de consulta Abril 2011)



### 6.2.2 INFORMES SOBRE PROVEEDOR

Sobre la empresa 32, se profundizó la investigación de su producto en su página, tiene definido el PLA para el proceso de inyección de plástico que es el proceso seleccionado para nuestro diafragma, el cual se muestra en la ilustración 17 como parte de la ficha técnica del producto INGEO 3251 D, la ficha completa se puede encontrar en el **Anexo J** (NatureWorks, Fecha de consulta Abril 2011)

### 6.2.3 ELEGIR, NO SÓLO EN BASE A CALIDAD Y PRECIO

Al haber seleccionado a la empresa 32 como proveedor principal comprobamos los siguientes puntos que confirmaron su aceptación total

- Plazos de entrega
- Experiencia
- Reputación
- Localización y entrega

Actualmente la empresa 32 atiende al mercado mexicano de forma directa y a través de su representante, con sede en Ciudad de México.

Durante el primer Simposio Internacional de Envase Sustentable se visito al Ingeniero Pedro Arenas, representante de Promoplast, quien ofreció información sobre la misma empresa y el PLA de la empresa 32.

PromaPlast se han consolidado a lo largo de 15 años como líder en la distribución de plásticos de ingeniería y especialidades, ubicados a lo largo y ancho de la república mexicana con sucursales en Estados Unidos como Nebraska y Centro América.

Su tiempo de entrega es de aproximadamente 20 días después del pago del material, en el precio se incluye el transporte hasta la localidad que se desee.



#### 6.2.4 PONER A PRUEBA AL PROVEEDOR

Antes de contratarlo se solicitaron muestras de PLA, las cuales obtuvimos durante el simposio de diseño de envase sustentable, donde se optó por hacer un pedido, el cual fue de cerca de 1.5 toneladas de PLA, debido a que el tiempo para hacer uso de los recursos financieros se encontraban en la fecha



limite se prefirió comprar este lote, el cual nos serviría para realizar pruebas y así conocer el material.

**Ilustración 2. A) PLA natural antes de secar, B) Pruebas con PLA con distintos moldes del CDMIT para conocer propiedades**

Las pruebas que se realizaron sobre el material fueron someterlo a diferentes temperaturas para verificar sus propiedades, así como temperaturas para enfriarlo en el molde; estas fueron realizadas en molde del CDMIT, como se muestra en Ilustración 2; actualmente el equipo de diseño de moldes y manufactura, se encuentra realizando pruebas con moldeo científico para tener controlado el proceso de manufactura.



## 7. SELECCIÓN DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN

### 7.1 SELECCIÓN DEL PROCESO DE MANUFACTURA

Para la selección del proceso de manufactura del diafragma se realizó la Tabla 1, en la que se compararan las variables para cada uno de los procesos de inyección y termoformado.

VARIABLES	PROCESO	
	INYECCIÓN	TERMOFORMADO
<b>Espesor.</b>	Constante.	Variable.
<b>Ángulos de salida del molde.</b>	0.5° a 1°	3° a 5°
<b>Temperatura de moldeo.</b>	200°C – 240°C.	160°C – 180°C.
<b>Tolerancia dimensional.</b>	Excelente.	Relativamente buena, no para piezas de precisión.
<b>Insertos.</b>	Es posible la inserción de elementos en otros materiales.	Se puede preparar la superficie del molde para admitir insertos.
<b>Acabado superficial.</b>	Se pueden lograr superficies lisas o con cualquier textura.	Sólo superficies lisas y algunas texturas no muy profundas.
<b>Producción.</b>	Alta producción, cientos o miles de piezas diarias.	Media producción algunas decenas de piezas diarias
<b>Molde.</b>	De acero con aleaciones o tratados alto costo, diseño complejo, molde macho hembra.	Variedad de materiales, costo relativamente bajo, diseño sencillo, se puede utilizar molde hembra o macho.
<b>Posibilidad de hacer nervaduras, agujeros de todo tipo, roscas, etc.</b>	Sí.	No.
<b>Scrap. Desperdicio de material.</b>	Muy poco. Es recuperable, aproximadamente 5%	Depende de la forma de la pieza, aproximadamente un 25% de desperdicio y es recuperable.
<b>Radios.</b>	Es necesario redondear las aristas, aproximadamente 1.5 del espesor del material.	Se requieren radios comparativamente más grandes, desde 1cm. a 5 cm. depende de la forma y profundidad.
<b>Tiempo de desarrollo de la pieza (desde el diseño, molde y pruebas).</b>	De 3 a 6 meses.	1 mes máximo.
<b>Tratamiento y acabados posteriores.</b>	Se puede aplicar cualquier tratamiento o acabado (pintado, hot-stamping, metalizado, serigrafía, etc.).	Se puede aplicar cualquier tratamiento o acabado (pintado, hot-stamping, metalizado, serigrafía, etc.).

Tabla 1. Diferencias básicas entre el proceso de inyección y termoformado de plásticos (Guevara Hernandez, 2010), (Groover, 2009) (De la O Ramos, Borja Ramirez, Ramirez Reivich, Corona Lira, & Lopez Parra, 2004) (Naranjo, Noriega, Sanz, Sierra, & Osswald, 2009) (Osswald & Gimenez, 2008) (Plastiglas, 2011)



Con la recolección de información sobre las variables de los procesos en la

Tabla 1, los criterios que se tomaran en cuenta fueron:

- **Diseño.**- En el **Anexo G** se muestran los planos del diseño sin medidas ya que por la misma razón de confidencialidad y trámite de patente se nos pidió no mostrar, pero si dar una idea general de las medidas de cada elemento del diafragma. Una de las razones principales para seleccionar el proceso de inyección de plástico fue por una pequeña rosca, ya que su manufactura se complica en el termoformado y por lo que el diseño del molde tendrá un mayor costo.
- **Tolerancias dimensionales.**- En el proceso de inyección se tiene excelente precisión para cumplir los requerimientos dimensionales, ya que las dimensiones que se manejan son milimétricas, así como sus tolerancias en la inyección de plásticos, por lo que la mejor opción fue la inyección de plásticos.
- **Producción.**- Para este criterio, mediante la tabla 10 se puede observar que mediante el proceso de inyección se puede realizar una producción mayor, esto es de sumo interés ya que el diafragma ira en bolsas que son también de alta producción. Mientras que si se produjera mediante termoformado la producción sería media.
- **Scrap.**- Es el sobrante al momento de maquinar, en la tabla 10 se observa que mediante el proceso de termoformado se tiene mayor recuperación de scrap, ya que al realizar una pieza y el tener una scrap de 25% produce un mayor costo en el reproceso, esto a razón de que en termoformado se debe volver a hacer una placa, mientras que en inyección se necesita un triturador, o en su caso, se reprocesa la recuperación que es alrededor de 5%, el cual se puede volver a introducir en la tolva, es decir, si éstas tienen el tamaño similar a los pellets. Por lo tanto, la mejor opción es la inyección de plásticos para aprovechar el scrap.





## 7.2 POSIBLES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

La selección de procesos, se refiere a la decisión estratégica de seleccionar que tipo de procesos de producción deben tenerse para ciertos productos.

Existen diversos tipos de procesos, como son:

1. Procesos de conversión: es la creación de materias primas, como es el ejemplo de la extracción del PLA de la fécula del maíz.
2. Procesos de fabricación: son los procesos de conformado de plásticos, donde se le da la forma a las materias primas dándole un valor agregado, como es la manufactura de cada una de los elementos del diafragma.
3. Procesos de ensamble: se encargan de unir cada elemento del diafragma y este a su vez ensamblarlo con las bolsas de PLA.

En el proyecto del empaque resellable biodegradable se usan los últimos procesos que son de fabricación y ensamble, ya que del proceso de transformación se encarga la empresa 32; hasta el momento se han diseñado diferentes procesos de ensamble para la **E.C.**, ya que el diseño el financiamiento del empaque sustentable llego hasta la manufactura del dispositivo y prototipos, por lo cual la parte de ensamble y unión quedan en solo propuestas que la **E.C.** posteriormente evaluaría.

Con el diseño del producto, selección de proceso de manufactura, máquina envasadora que se definió en capítulo 3.6, selección del material y proveedor de materia prima, se muestra el diagrama de proceso para el empaque resellable biodegradable de manera general, el cual se encuentra dividido en 3 etapas:

- Etapa 1: Llegada y preparación de la materia prima.
- Etapa 2: Producción de elementos de diafragma.
- Etapa 3: Ensamble de diafragma con bolsas de PLA.

Desde el diagrama 2, se muestra una descripción general del proceso, incluyendo los elementos de cada una de las posibles 4 formas de ensamble.



## 7.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GENERAL DE PRODUCCIÓN

El diagrama 1 muestra el diagrama del proceso general de producción, para el empaque desarrollado en el proyecto. Las consideraciones para este proceso general son:

- **Objetivo:** Producir y ensamblar un empaque biodegradable resellable.

- **Requisitos:**

La materia prima: Mano de obra, película de PLA, pellets de PLA, adhesivo

Producción: Mano de obra, máquina de inyección, fluo mold, horno, moldes

Ensamble: Mano de obra, máquina envasadora envaflex, perforadora, dispositivos de sincronizado y alineado para diafragma y perforadora, máquina de ultrasonido, mordazas para unión para calor.

- **Salida:**

Producción: Elementos de Diafragma de PLA

Ensamble: Empaque biodegradable resellable

- **Cliente:** Para empresas dedicadas a la venta de productos de granos de distinto gramaje.

- **Inicio:** Llegada de materia prima al CDMIT

- **Fin:** Unión de los elementos del diafragma con película de PLA con producto terminado.

Al final del diagrama 1 Ilustración 1, se mencionan los posibles procesos de ensamble, ya que el diseño es nuevo nunca se ha intentado colocar un cuerpo rígido en este caso el diafragma en una película flexible.



# SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE UN EMPAQUE SUSTENTABLE

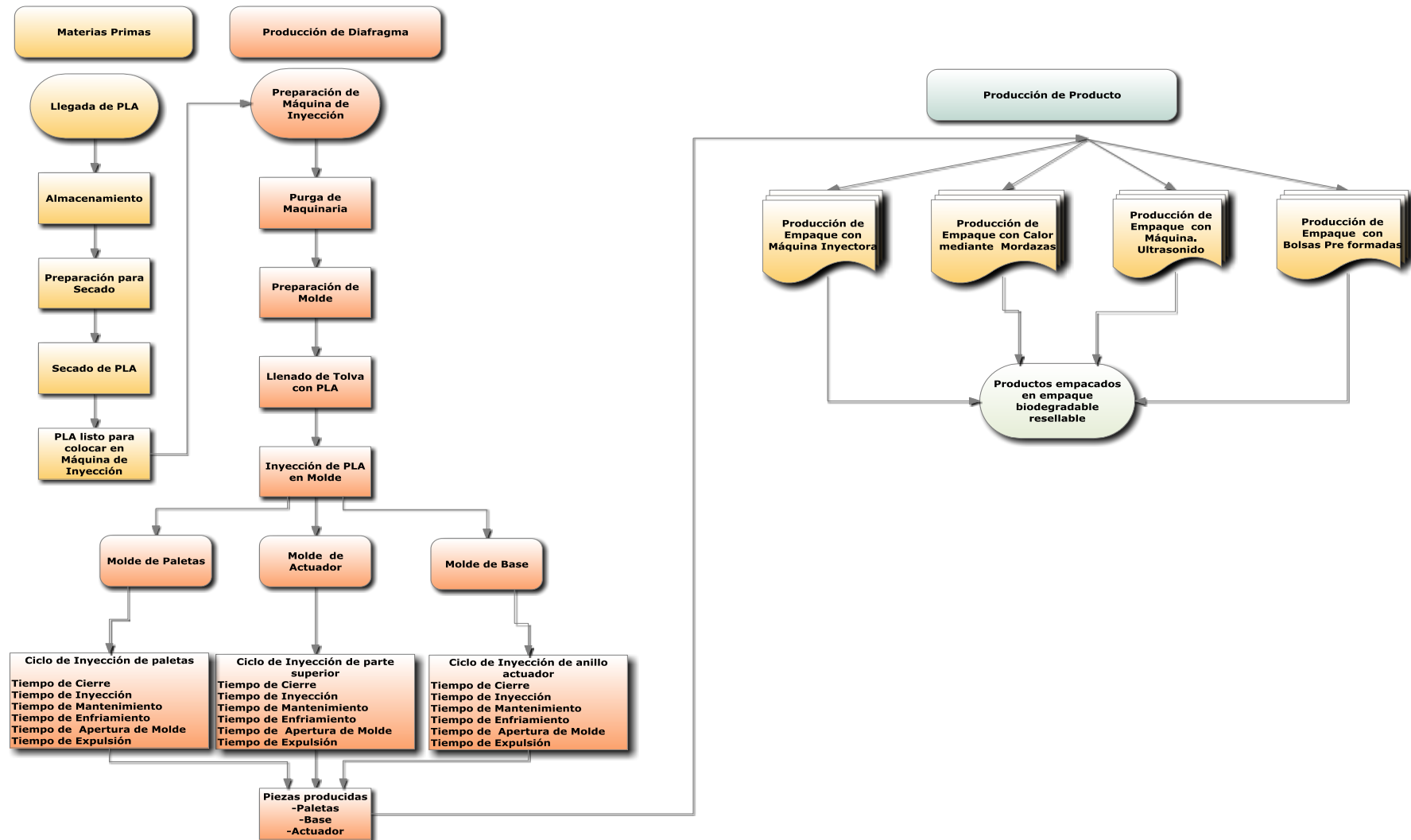


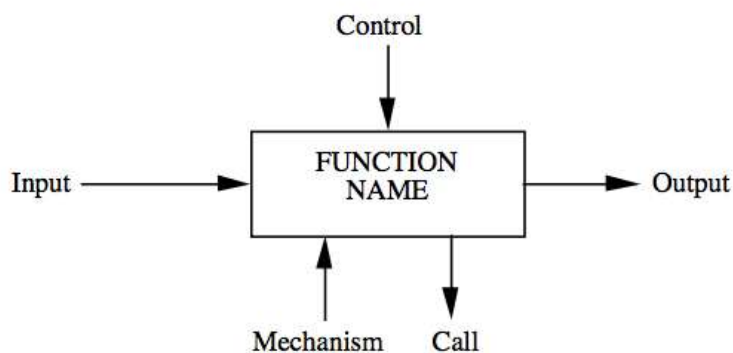
Ilustración 1. Diagrama general del proceso de producción del empaque sustentable



### 7.2.2 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA IDEF EN DIAGRAMAS DE PROCESO

Para realizar los diagramas de proceso no se uso la diagramas de flujo, se uso la metodología DEF (del inglés Integration DEFinition) es una familia de lenguajes de modelado en el campo de la Ingeniería de sistemas y la Ingeniería de software. Cubren una amplia gama de usos, desde el modelado funcional, simulación, análisis orientado a objetos hasta el diseño y adquisición de conocimientos.

Existen diferentes metodologías en el IDEF, el cual va desde el nivel simple hasta el avanzado, para esta tesis se usa el básico, el cual se guía por el siguiente lenguaje mostrado en la Ilustración 2. Los 4 procesos de ensamble se realizaron con esta metodología.



**Ilustración 2. Lenguaje IDEF**



### 7.2.3 ENSAMBLE MEDIANTE CALOR

En el diagrama 2 de la Ilustración 3 se muestra el proceso de ensamble por calor, el cual se realiza mediante una transferencia de calor mediante mordazas, las cuales cumplirán con la función de hacer una deformación en la película y el diafragma para su unión.

- **Objetivo:** Ensamblar los elementos del diafragma en empaque biodegradable.

- **Requisitos:**

La materia prima: Película, elementos de diafragma y producto a vender.

Mecanismos: Mano de obra, perforadora, elementos de transportación como canaletas, dispositivos de alineación, sincronización para diafragmas y perforadora, mordazas, máquina envasadora de F.LL.S.

- **Salida:** Producto terminado para disposición de venta

- **Cliente:** Para empresas dedicadas a la venta de productos de granos de distinto gramaje.

- **Inicio:** Producción de biodegradable de PLA

- **Fin:** Ensamble de los elementos del diafragma en película de PLA con producto terminado.

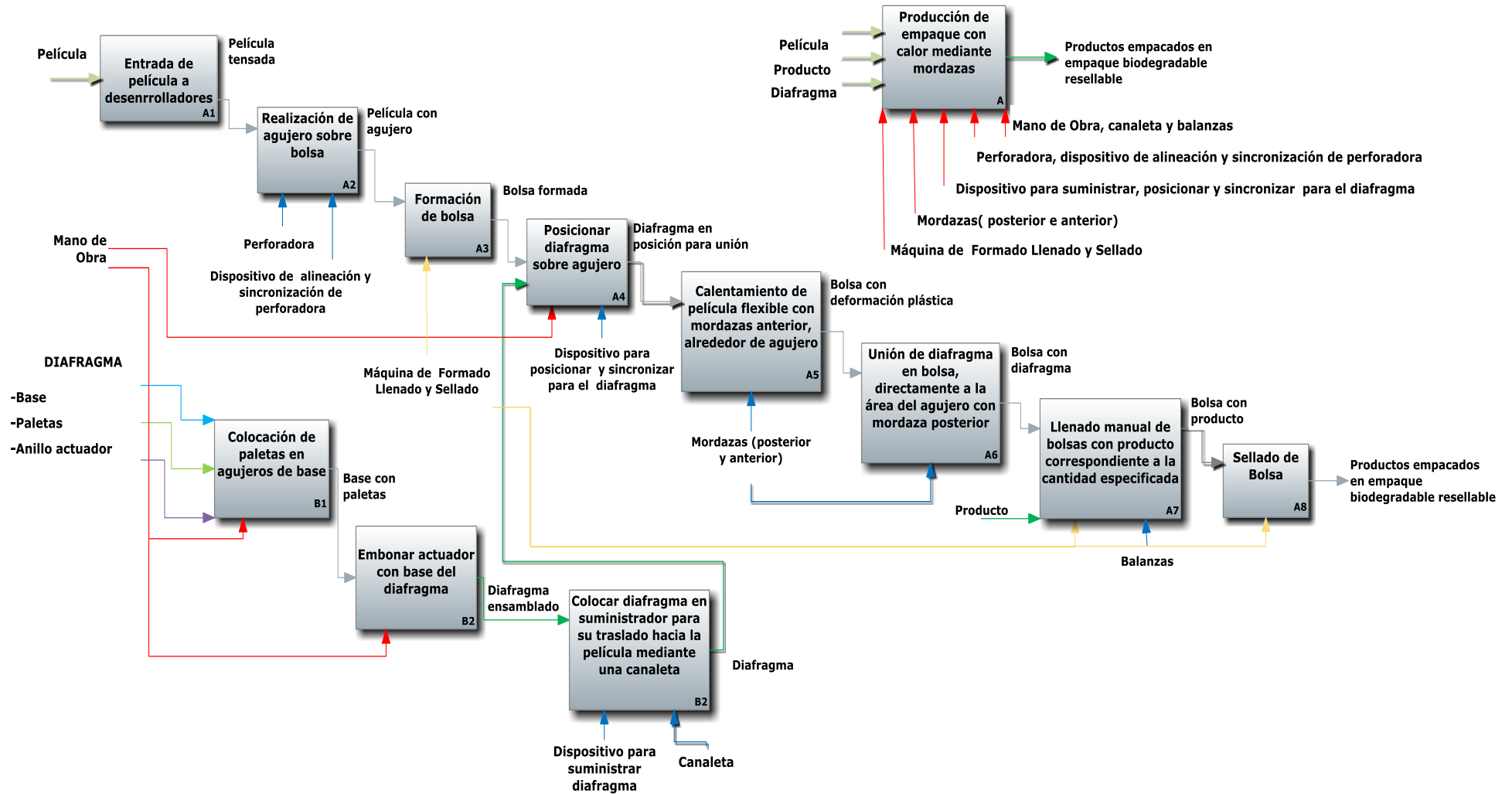


Ilustración 3. Diagrama de ensamble y unión mediante calor



### 7.2.4 ENSAMBLE MEDIANTE INYECTORA DE PLÁSTICOS

En el diagrama 3 de la Ilustración 4, se muestra el proceso de ensamble dentro de la inyectora de plásticos. En este proceso se ubica la bolsa preformada de película de PLA entre las partes del molde de la base del diafragma cuando está abierto, de tal forma que al cerrarse el molde y al ser inyectada la base quede unida con la bolsa.

- **Objetivo:** Ensamblar los elementos del diafragma en empaque biodegradable

- **Requisitos:**

La materia prima: Película, elementos de diafragma y producto a vender.

Mecanismos: Mano de obra, perforadora, elementos de transportación como canaletas, dispositivos de alineación, sincronización para diafragmas y perforadora, dispositivos de ensamble de diafragma, máquina de inyección, máquina envasadora de F.LL.S y máquina selladora

- **Salida:** Producto terminado para disposición de venta

- **Cliente:** Para empresas dedicadas a la venta de productos de granos de distinto gramaje.

- **Inicio:** Producción de biodegradable de PLA.

- **Fin:** Ensamble de los elementos del diafragma en película de PLA con producto terminado.

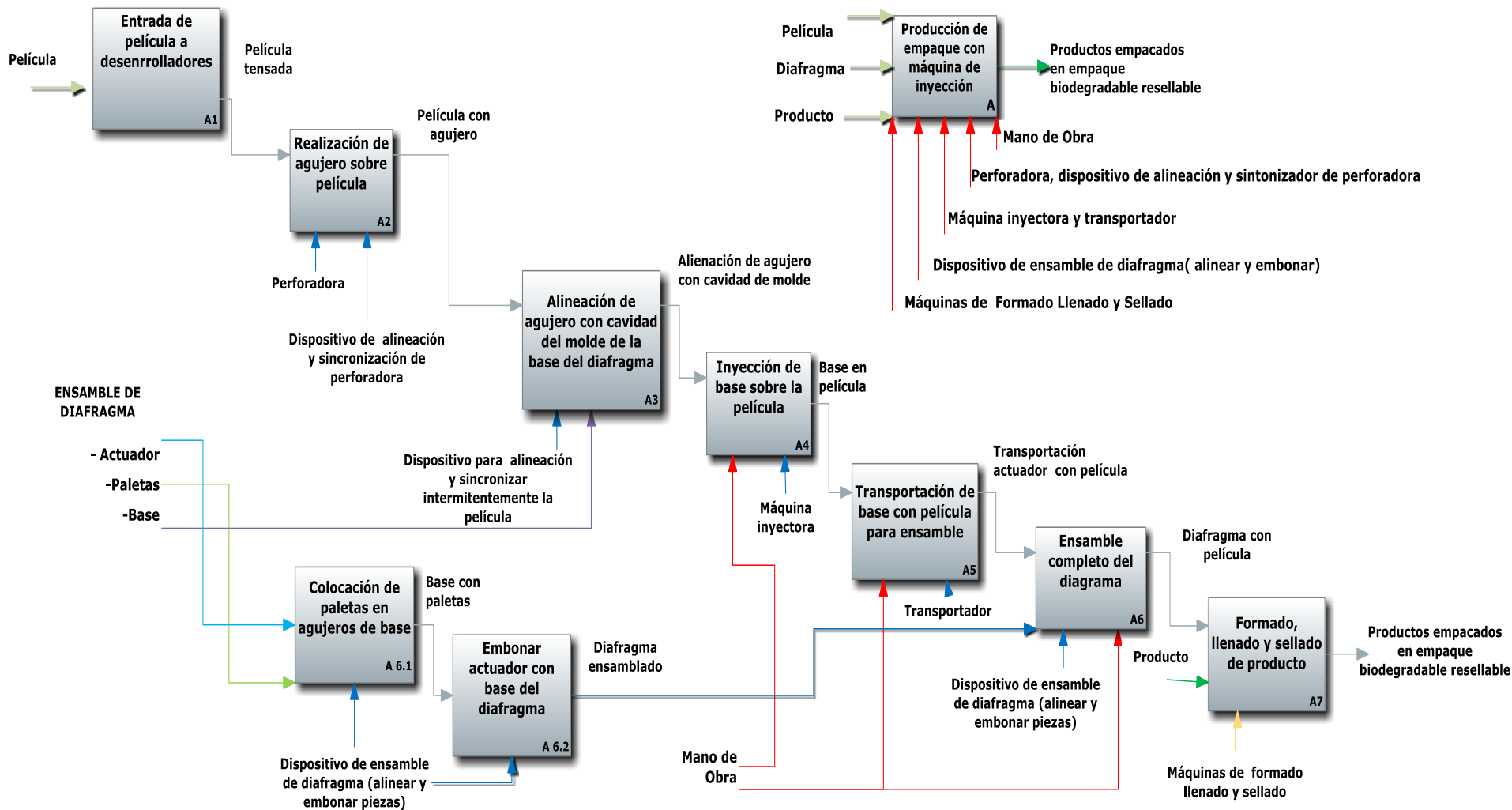


Ilustración 4. Diagrama de ensamble y unión mediante inyectora de plástico





### 7.2.5 ENSAMBLE MEDIANTE MÁQUINA DE ULTRASONIDO

En el diagrama 4 de la Ilustración 5, se muestra la forma de ensamble mediante ultrasonido en la cual se fusiona el material por medio de la deformación térmica que se produce por las ondas emitidas de la máquina de ultrasonido. Esta forma de ensamble permite un sellado uniforme, a mayor velocidad que en un proceso térmico convencional y no requiere de adhesivos

- **Objetivo:** Ensamblar los elementos del diafragma en empaque biodegradable

- **Requisitos:**

La materia prima: Película, elementos de diafragma y producto a vender.

Mecanismos: Mano de obra, perforadora, elementos de transportación como canaletas, dispositivos de alineación, sincronización para diafragmas y perforadora, máquina de ultrasonido

- **Salida:** Producto terminado para disposición de venta

- **Cliente:** Para empresas dedicadas a la venta de productos de granos de distinto gramaje.

- **Inicio:** Producción de biodegradable de PLA

- **Fin:** Ensamble de los elementos del diafragma en película de PLA con producto terminado.

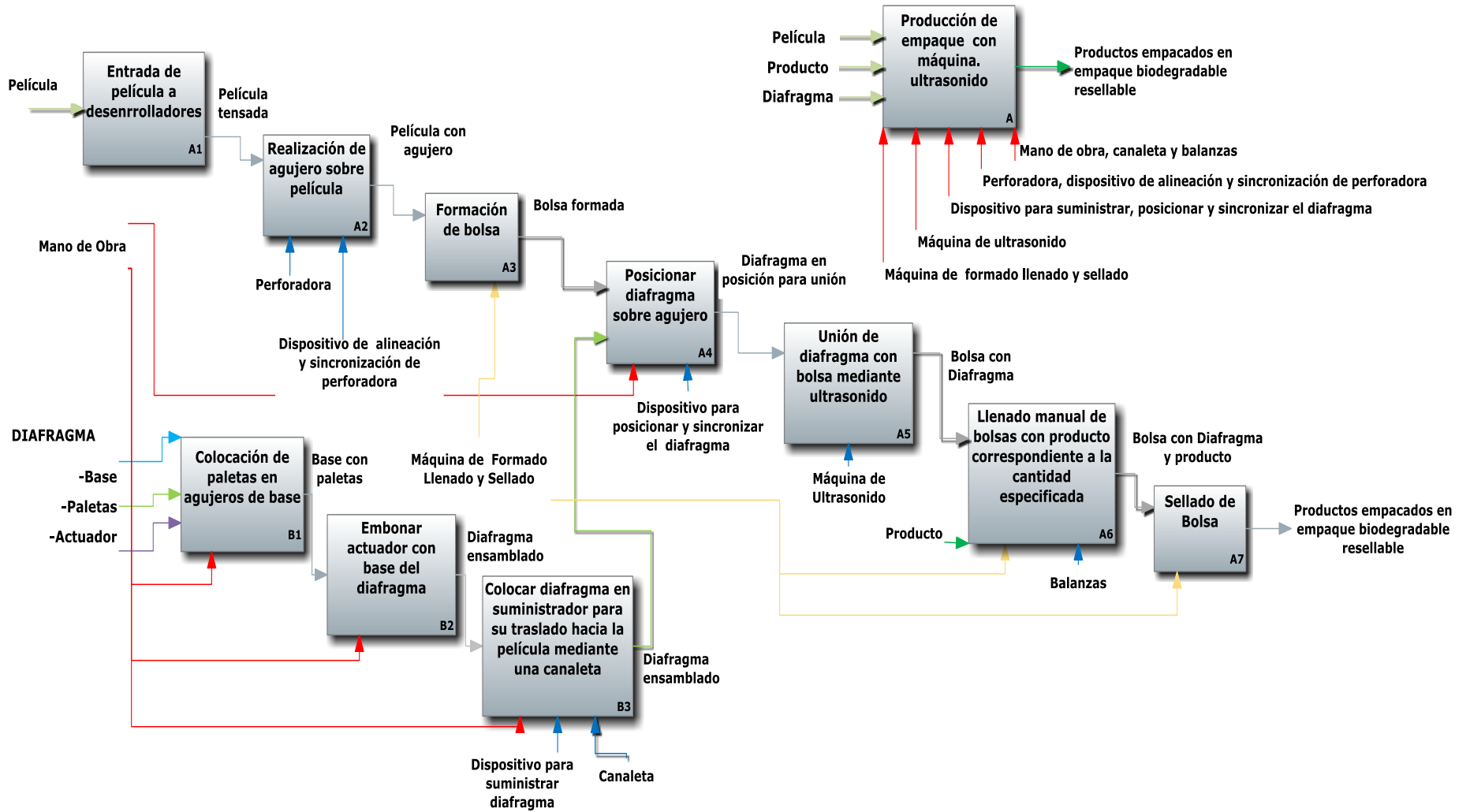


Ilustración 5. Diagrama de ensamble y unión mediante máquina de ultrasonido



### 7.2.6 ENSAMBLE CON BOLSAS PREFORMADAS

En el diagrama 5 de la

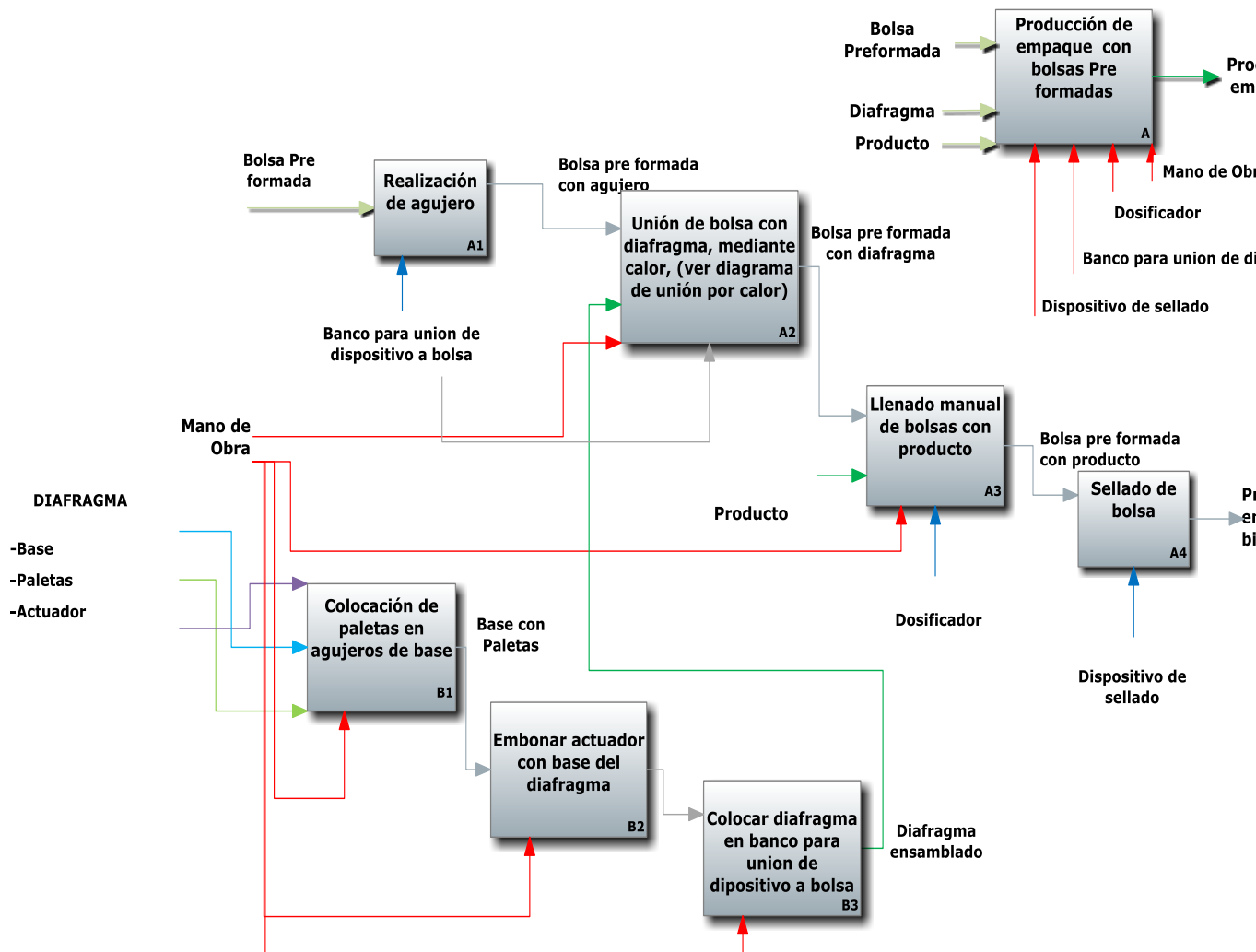


Ilustración 6, se observa la forma de ensamblar el diafragma con una bolsa preformada en la que primero se forman las bolsas a partir de película, posteriormente se perforan para luego colocar el diafragma en ellas y luego se llenan con producto para ser selladas finalmente

#### Descripción del Proceso de ensamble manual

- **Objetivo:** Ensamblar los elementos del diafragma en empaque biodegradable

- **Requisitos:**

La materia prima: Película, adhesivo, elementos de diafragma y producto a vender.



Mecanismos: Mano de obra, perforadora y envasadora de formado, llenado y sellado, banco de sellado, mordazas

- **Salida: Producto** terminado para disposición de venta
- **Cliente:** Para empresas dedicadas a la venta de productos de granos de distinto gramaje.
- **Inicio:** Producción de biodegradable de PLA
- **Fin:** Ensamble de los elementos del diafragma en película de PLA con producto terminado

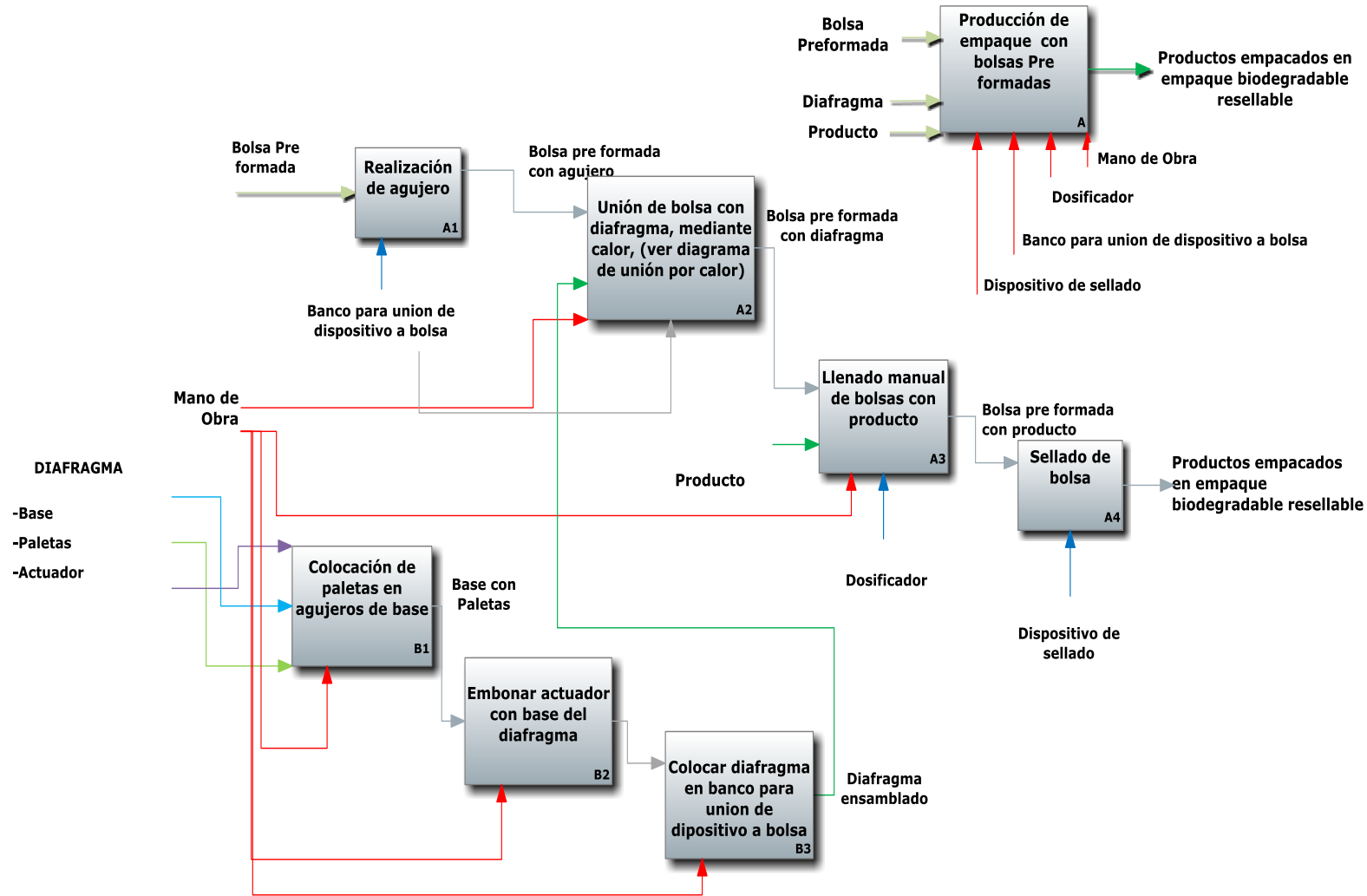


Ilustración 6. Diagrama de ensamble y unión a través de bolsas pre - formada



## **8. REQUERIMIENTOS DE DISPOSITIVO SUSTENTABLE**

### **8.1 CALIDAD**

Uno de los aspectos importantes a considerar en el desarrollo del diafragma es la calidad, para ello es importante tener controladas ciertas variables críticas del diseño, que permitirán una mejor función y desempeño del dispositivo. Las principales variables se encuentran en el proceso de manufactura del dispositivo como son las dimensiones.

Con la selección del material se tuvo la oportunidad de satisfacer ciertos aspectos que se deben cuidar en la elaboración del empaque como son las barreras contra el agua, oxígeno y aire, las cuales permiten mantener al producto en un estándar de calidad.

#### **8.1.1 ESPECIFICACIONES DIMENSIONALES**

En los planos del dispositivo se pueden visualizar las dimensiones que tiene cada una de las partes de los elementos del diafragma, por lo tanto se pueden proyectar las tolerancias que conlleva cada una, ya que las piezas irán ensambladas y esto influirá directamente en el funcionamiento del diafragma.

Para proponer las tolerancias se usa el sistema de tolerancias y ajustes ISA la cual nos dará la calidad de tolerancia, tomando como fundamento las siguientes premisas:

- 1) La temperatura de referencia es de 20°C que es la temperatura ambiente.
- 2) El Sistema ISO de tolerancias (Norma ISO 286(I)-62) para dimensiones nominales comprendidas entre 0 y 500 mm realiza una partición en grupos de diámetros dentro de cuyos límites las magnitudes nominales de las tolerancias permanecen constantes. Los diámetros incluidos son de 0 a 500mm.



- 3) Dicha norma distingue dieciocho calidades (o dieciocho grados de tolerancia o clases de precisión) designados como IT01, IT0, IT1,..., IT16, y se calcularon las tolerancias que se llaman fundamentales.
- 4) Para cada grupo de diámetros y cada calidad, la tolerancia, llamada fundamental, permaneció constante.
- 5) Las tolerancias fundamentales, para las calidades 5 a 16, se determinaron en función de la unidad de tolerancia internacional, siendo:  $i=0,45D^{1/3}+0,001D$ , donde  $i$  se expresa en micrones y  $D$  es la medida geométrica de los diámetros límites del grupo, expresada en [mm]. En el **Anexo K**, se muestran las tablas y una explicación breve. (IIMPI, 2011)

Cabe mencionar que la calidad o índice de calidad es un conjunto de tolerancias que se corresponde con un mismo grado de precisión para cualquier grupo de diámetros. Cuanto mayor sea la calidad de la pieza, menor será la tolerancia.

En la parte de tolerancias de ejes y agujeros se realizó con la metodología que se encuentra en el **Anexo K** y a continuación solo se muestran los resultados

El agujero que se usó fue del anillo actuador que tiene 2.6 [mm] de diámetro el cual se puede verificar en los planos del **Anexo K**; por lo que si usamos la calidad de IT4 nos daría de  $3 \mu$  ó sea  $T=0.003$ [mm]

En la tabla de tolerancia para agujeros, entramos con la cota nominal  $\varnothing 2.6$ , la letra A y se obtiene:

$$D_i = 270\mu = 0.270 \text{ [mm]}.$$

*Determinación de  $D_s$*

*Del esquema, se sabe:  $T = D_s - D_i$ , luego despejamos  $D_s$   $D_s = T + D_i$  y reemplazamos los valores obtenidos y tenemos:*

$$D_s = 0.003 + 0.270 = 0.273 \text{ [mm]}.$$



**Determinación del diámetro menor:**

Del esquema se sabe:  $C_{min} = CN + Di$ , pero  $CN = 2.6$  y  $di = 0.270$  [mm].

Se tiene:  $C_{mínimo} = CN + Di = 2.6 + 0.270 = 2.87$  [mm].

**$C_{mínimo} = Cm = 2.87$  [mm].**

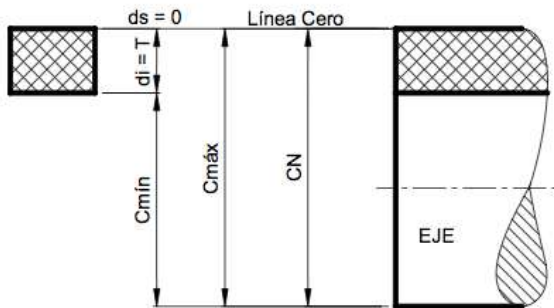
Determinación del diámetro mayor: Del esquema, tenemos:

$C_{máximo} = CN + Ds$   $C_{máximo} = CN + Ds = 2.6 + 0.273$  [mm]=  $2.873$  [mm].

**$C_{máximo} = CM = 2.873$  [mm].**

Para el Eje

Tomaremos una  $h$ , para la cual sea lo más uniforme, para lo cual se realiza la representación gráfica de ejes, para la posición de la letra  $h$ , se hace el esquema de la Ilustración 1:



**Ilustración 1. Esquemas de ejes y agujeros**

Del esquema se obtiene:

Que  $ds = 0$ , entonces

$C_{máximo} = CM = CN$ .  $C_{mínimo} = cm = CN - di$

$T = di$

Determinando la tolerancia de la tabla de grados de calidad ISO, para IT4 y  $\varnothing 2.5$ , se obtiene:

Del esquema se sabe:  $c_{máximo} = CN = 2.5$  [mm].

Ya que  $ds = 0$

**$C_{máximo} = CM = 2.6$  [mm].**





$C \text{ mínimo } di = T C \text{ máximo}$

$CN c \text{ mínimo} = CN - di = 2.6 - 0.003 = 2.597 [mm].$

**$C \text{ mínimo} = cm = 2.597 [mm]$**

En cuestion de las tolerancias generales dimensionales, se usan tablas con las desviaciones en la medida lineal admisible respecto al valor nominal o teórico de una magnitud en una determinada pieza, las cuales se encuentran en las Tabla 1 y Tabla 2. Las tolerancias generales en el caso de magnitudes angulares aparecen en la Tabla 3.

Cabe aclarar que en UNE-EN22768-1:1993 *para tolerancias generales para dimensiones lineales y angulares sin indicación individual de tolerancia (ISO 2768-1:1989)*, parte de cuatro clases de tolerancias:

- f fina
- m media
- c grosera
- v muy grosera.

Clase de Tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al valor nominal (mm)							
Designacion	Descripcion	0.5 a 3	Más de 3 a 6	Más de 6 a 30	Más de 30 a 120	Más de 120 a 400	Más de 400 a 1000	Más de 1000 a 2000	Más de 2000 a 4000
f	Fina	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	
m	Media	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
e	Grosera	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4
v	Muy Grosera		±0.5	±1	±1.5	±2.5	±4	±6	±8

Tabla 1. Tolerancia para dimensiones lineales, excepto aristas matadas (ver tabla 12). Fuente UNE-EN ISO 22768-1-94 (Figuroa, Agüera , & Carvajal, 2010)



Clase de Tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al valor nominal (mm)		
Designación	Descripción	0.5 a 3	Más de 3 a 6	Más de 6
f	Fina	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	$\pm 1$
m	Media			
c	Grosera	$\pm 0.4$	$\pm 1$	$\pm 2$
v	Muy Grosera			

Tabla 2. Tolerancia para dimensiones lineales de aristas matadas (radios de redondeamientos y alturas de bisel o chaflán). Fuente: UNE-EN ISO 22768-1-94 (Figueroa, Agüera , & Carvajal, 2010)

Clase de Tolerancia		Desviaciones admisibles en función de la longitud del lado menor del ángulo considerado (lado en mm)				
Designación	Descripción	Hasta 10	Más de 10 a 50	Más de 50 a 120	Más de 120 a 400	Más de 400
f	Fina	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30$	$\pm 0^\circ 20$	$\pm 0^\circ 10$	$\pm 0^\circ 5$
m	Media	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30$	$\pm 0^\circ 20$	$\pm 0^\circ 10$	$\pm 0^\circ 5$
c	Gruesa	$\pm 1^\circ 30$	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30$	$\pm 0^\circ 15$	$\pm 0^\circ 10$
v	Muy gruesa	$\pm 3^\circ$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30$	$\pm 0^\circ 20$

Tabla 3. Tolerancia para dimensiones angulares. Fuente: UNA-EN ISO 22768-1-94 (Figueroa, Agüera , & Carvajal, 2010)

En la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3 de tolerancias, se escogieron cuales serán las posibles desviaciones en las dimensiones de cada uno de los partes de los elementos del dispositivo, estas fueron propuestas por los compañeros de diseño para cada uno de los elementos del diafragma.

En el diseño del diafragma existen más de 30 dimensiones diferentes, por lo tanto solo se muestra el tipo de designación que se tomara dependiendo de la dimension, el cual debe ser controlado por un CEP.



Para este proyecto se tomara una designación media, ya que por ser elementos de ensamble se necesitara que sean lo más apegadas a los planos, ya que de escoger una designación fina se forzara a tener tolerancias muy altas, las cuales habrán de tomarse en cuenta debido a que la máquina de inyección es la que se encuentra en el CDMIT y no es una máquina de producción en masa, solo es para uso escolar.

### 8.1.2 MASA

La masa no es una variable crítica que afecte directamente al funcionamiento, pero es importante controlarla, ya que así podremos mantener los costos de producción; la razón se debe a que los biopolímeros son nuevos y sus costos son mayores que un polímero de origen fósil. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra información de volumen y masa de cada elemento del diafragma.

Información de volumen y masa de los elementos de diafragma			
2cm			
<b>Base</b>	Volumen	3006.4	mm <sup>3</sup>
	Masa	0.03	Kg
<b>Paleta A</b>	Volumen	471.4	mm <sup>3</sup>
	Masa	0.004	Kg
<b>Paleta B</b>	Volumen	471.4	mm <sup>3</sup>
	Masa	0.004	Kg
<b>Actuador</b>	Volumen	5490.5	mm <sup>3</sup>
	Masa	0.04	Kg
<b>Peso por Pza.</b>		0.07	Kg
		73.9	gr
<b>Vol. por Pza.</b>		9439.8	mm <sup>3</sup>

Tabla 4. Información de volumen y masa de los elementos de diafragma

Con la información de la Tabla 4, se realizaron límites que respetar la masa de cada elemento, para el mínimo y máximo, se maneja un 5% respectivamente; el criterio por el cual se tomó 5% de la masa, es por la cuestión que en las industrias toman en sus tolerancias un valor cercano al rango de 3-5%, y en



este caso para darle al proceso de manufactura un rango más amplio, ya que no se ha trabajado con este material, y saber su comportamiento.

A continuación se muestra como se realizó la operación, para obtener los límites mínimos y máximos.

**Mínimos = 0.024[gr]\*(.95) = 0.024[gr]**

**Máximo = 0.024[gr]\*(1.05) = 0.025[gr]**

En la Tabla 5, se muestra los límites mínimos y máximos para cada uno de los elementos del diafragma

Especificaciones por Masa (gr)		
<b>Base</b>		
<b>Mínimo</b>	Objetivo	Máximo
22.4	23.5	24.7
<b>Paleta A</b>		
<b>Mínimo</b>	Objetivo	Máximo
3.5	3.6	3.8
<b>Paleta B</b>		
<b>Mínimo</b>	Objetivo	Máximo
3.5	3.6	3.8
<b>Actuador</b>		
<b>Mínimo</b>	Objetivo	Máximo
40.8	42.9	45.1

Tabla 5. Límites mínimos y máximos de la masa de los elementos del diafragma

En la tabla 15 se muestra el mínimo y máximo de especificación de masa para toda la pieza ensamblada y aplicando la misma operación a cada elemento del diafragma, se obtiene el peso objetivo de nuestra pieza ensamblada es de

**Límite Mínimo de Especificación = 74.3 [gr]**

**Peso Objetivo = 73.9 [gr]**

**Límite Máximo de Especificación = 73.5 [gr]**

Al establecer un control estadístico del proceso (CEP) se tienen dos conceptos dependiendo si se encuentra por arriba o debajo del mínimo o máximo de



especificación, los cuales son oportunidades de calidad y oportunidad de ahorro respectivamente.

En el momento en que el gramaje de los elementos o el total del dispositivo sea mayor al máximo, estaríamos dejando de producir otros productos por lo que tenemos una oportunidad de ahorro, y en el caso contrario, si estamos por debajo del mínimo se llama oportunidad de calidad en la que estamos dando menos material en el producto, y que para ambos casos, esto puede ser por varias razones como son defectos en el producto o de manufactura; cabe señalar que para las normas mexicanas el peso del empaque es importante para el contenido neto del producto.

### **8.1.3 CONTROL DE CALIDAD**

En este capítulo se muestran propuestas de formatos para el control de calidad en la producción de los diafragmas y/o empaque sustentable de la **E.C**, que esta basado en gráficas de control por atributos como se muestra en la Ilustración 2. En el **Anexo L** se muestra información específica sobre el control estadístico y los cálculos a realizarse para los gráficos de control de la Ilustración 2 y las listas de verificación Ilustración 3 y Ilustración 4.





2. No se está considerando como malos o buenos los defectos considerados en un principio, en el caso de que no se auxilian los operarios con ayudas visuales. (Rodriguez Tarango, 2010)

Si las gráficas por atributos son erráticas o tienen algún punto fuera de los límites de variabilidad, hay que verificar los datos tomados por el operador o pretratamientos en materias primas.

#### *8.1.4 LISTAS DE VERIFICACIÓN*

Actualmente una de las alternativas más usadas en lugar de las graficas por atributos son las llamadas listas de verificación en las cuales permiten una facilidad en la identificación y por lo tanto un mejor control en cada uno de los defectos.

En esta lista de verificación se deben tener perfectamente identificados y clasificados todos los defectos que se pueden presentar a los largo de cada una de las lineas de produccion e igualmente en cada una de las secciones y unidades de cada una de ellas, como es el no cumplir las tolerancias o el que se produzcan defectos en la pieza por el proceso de producción.

Logicamente en cada unidad no pueden generarse muchos defectos criticos y mayores, por lo que estos quedaran perfectamente identificados como Defectos A (criticos de funcionalidad), Defectos B (mayores: defectos visuales por el cliente), Defectos C (menores: defectos no fácil de visualizar por el cliente) y Defectos D (incidentales). Con el formato de la lista de verificación en la Ilustración 3 e Ilustración 4 se permitirá que por cada producción de elementos del diafragama se pueda identificar donde, cuando y cuantos defectos especificos se estan produciendo, dando lugar a la investigacion de causas y eliminación de defectos (Rodriguez Tarango, 2010). En los **Anexos M** y **N**, se mostrará una lista de las principales pruebas hechas a los envases para el control de calidad de las cuales son usadas por el IMPEE, asi como los principales defectos en el proceso de inyección, los cuales deberán controlarse



<b>E.C</b>	<b>LISTA DE VERIFICACION Registro Diario</b>	<b>No.0001</b>
<b>Formulo:</b>		
<b>Reviso:</b>		
<b>Defectos</b>	<b>Conteo</b>	<b>Total</b>
A1. Defectos en dimensiones de puntos críticos del elemento		
A2.		
B1. Defectos en visuales que detecte el cliente		
B2		
C. Defectos no fácil de visualizar por el cliente		
D. Incidentales		
<b>Total</b>		

**Ilustración 3. Propuesta para lista de control de registro diario basado en (Rodriguez Tarango, 2010)**





LISTA DE VERIFICACION  
Registro Mensual

E.C

No 0002

Formulo:

Reviso:

Defectos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Total
A1. Defectos en dimensiones de puntos críticos del elemento																																
A2																																
A3																																
A4																																
B1. Defectos en visuales que detecte el cliente																																
B2																																
B3																																
B4																																
B5																																
B6																																
C. Defectos no fácil de visualizar por el cliente																																
D. Incidentales																																
<b>Total</b>																																

Ilustración 4. Propuesta para lista de verificación para registro mensual basados en (Rodriguez Tarango, 2010)



## 8.2 COSTOS DE PRODUCCION DEL DIAFRAGMA O DISPOSITIVO SUSTENTABLE

En el cálculo de los costos de producción, se deben analizar los métodos alternos para fabricar un producto, considerando los costos variables en relación con los materiales, mano de obra directa e indirecta, herramientas especiales, herramientas y suministros de corta duración y servicios generales. La interrelación de estas variables puede ser considerable y, por tanto, hay que hacer una comparación detallada de las opciones para evaluar a fondo su efecto en los costos unitarios totales.

La metodología que se aplicó para la estimación del costo de producción, fue el de calcular para cada uno de los elementos del costo de producción proyectado para una producción anual. Las principales elementos para la estimación se muestran a continuación:

- Costo de maquinaria; máquina de inyección, horno de secado y flumold
- Costo de depreciación de maquinaria; Depreciación de cada una de las máquinas de producción
- Costo de materia prima; el Acido Poliláctico
- Costo de mano de obra; estimado de personal necesario en la producción
- Costo de arrendamiento; en el caso de rentar algún local para la producción
- Costo de servicios; el servicio eléctrico principalmente
- Costo de mantenimiento; el necesario para tener las máquinas y moldes en estado óptimo
- Costos de impuestos y seguros: en el caso de tener que pagar por la maquinaria para la producción

Para calcular el costo del diafragma, se obtuvo el costo de cada uno de sus elementos mencionados anteriormente y éstos dividieron entre el lote de una producción anual.

Para facilitar el manejo de los datos empleados para la estimación de costos se realizó una hoja de cálculo, donde solo es necesario el introducir los valores, para realizar el cálculo necesario pero para ello solo es necesario introducir ciertos datos para cada uno de los elementos del costo de operación.



En la Tabla 6, se muestran los tiempos de operación de los trabajadores y maquinaria, así como su respectiva depreciación, asimismo se muestran los costos de la materia prima, mano de obra y servicios.

<b>Horas de Operación Anual</b>	1,920 hr
Horas Trabajadas por día	8 hr
Días Trabajados por Mes	20 días
Periodo de Depreciación de la Maquina	10 años
Periodo de Depreciación de Molde	2 años
Costo de Material /Kg (PLA)	\$ 47.96
Costo de Material / Kg	\$ 130.00
Costo del Personal por hora	\$ 16.67
Arrendamiento mensual de fábrica	\$0
Costo de Electricidad (kW)	\$ 1.22
Impuestos y tasas de Seguros	4.0%

**Tabla 6. Datos generales de producción**

De la información presentada en la Tabla 6, la única que requiere ser calculada es la referente a las horas de operación anual, las cuales se estimaron de la siguiente manera:

*Horas de operación anual =*

$$\text{Horas trabajadas por dia} \left[ \frac{\text{hr}}{\text{dia}} \right] * \text{días trabajados por mes} \left[ \frac{\text{dia}}{\text{mes}} \right] * 12 [\text{mes}]$$

La Tabla 7 contiene los objetivos del peso del diafragma, la velocidad de producción y el volumen mensual de producción.

Nombre del Producto	Peso Objetivo del Producto	Velocidad de Producción	Volumen de Producción Objetivo (mes)
Dispositivo Resellable Biodegradable	73.9 gr	100%	200,000 Dispositivo / Mes

**Tabla 7. Objetivos del costo de producción**



La

<u>Moldes de la Maquina</u>			<u>Tiempo de Ciclo(seg)</u>	<u>Cavidades</u>	<u>Costo de Envase</u> \$
1	Base de diafragma		9.9	1	\$ 1.61
2	Actuador de diafragma		11.0	1	\$ 2.70
3	Paletas de diafragma		10.5	2	\$ 0.71

Tabla 8 se muestra los tiempos de ciclo de cada elemento del diafragma; tomando en cuenta las cavidades de cada molde, al final incluye el costo del diafragma por cada elemento de éste.

<u>Moldes de la Maquina</u>			<u>Tiempo de Ciclo(seg)</u>	<u>Cavidades</u>	<u>Costo de Envase</u> \$
1	Base de diafragma		9.9	1	\$ 1.61
2	Actuador de diafragma		11.0	1	\$ 2.70
3	Paletas de diafragma		10.5	2	\$ 0.71

**Tabla 8. Puntos de la manufactura que influyen en el costo del envase**

La Tabla 9 muestra las horas de producción; así como la producción anual-mensual para cada uno de los elementos de los diafragmas empleando los datos de la Tabla 8.

<u>Elemento de la Maquina</u>	<u>Horas de Operación Anual</u>	<u>Producción Anual</u>	<u>Producción Mensual</u>
1 Base de diafragma	1,920	656,640	54,720
2 Actuador de diafragma	1,920	590,976	49,248
3 Paletas de diafragma	1,920	1,238,235	103, 186

**Tabla 9. Proyección de horas de producción y producción anual**

En la

<b>Maquina</b>	<b>1</b> Base de diafragma	<b>2</b> Actuador de diafragma	<b>3</b> Paletas de diafragma
<b>Cavidades</b>	1	1	2
<b>Tiempo de Ciclo</b>	9.9 sec.	11.0 sec.	10.5 sec.
<b>Producción por hora</b>	364	327	686
<b>Eficiencia de Maquina</b>	95.0%	95.0%	95.0%
<b>Rendimiento</b>	99.0%	99.0%	99.0%
<b>Producción Anual</b>	656,640	590,976	1,238,235

Tabla 10 se muestra un resumen de la producción estimada sobre la producción anual que se realizará. A continuación se describe cada uno de los puntos:



		Empaque biodegradable resellable		
		1	2	3
Maquina		Base de diafragma	Actuador de diafragma	Paletas de diafragma
	Cavidades	1	1	2
	Tiempo de Ciclo	9.9 sec.	11.0 sec.	10.5 sec.
	Producción por hora	364	327	686
	Eficiencia de Maquina	95.0%	95.0%	95.0%
	Rendimiento	99.0%	99.0%	99.0%
	Producción Anual	656,640	590,976	1,238,235

Tabla 10. Resumen de datos para costo de producción

De la misma forma se muestran las operaciones que se realizaron para obtener la proyección de la producción con la información de la Tabla 6.

Para esto se defino lo siguiente:

- Cavidades que tendra cada uno de los moldes de los elementos del diafragma.
- Tiempo de ciclo de inyección de cada elemento del diafragma.
- Producción por hora; calculada de la siguiente manera

$$Producción\ por\ hora = \frac{Cavidades[Pzs]}{Tiempo\ de\ Ciclo[seg]} * \frac{3600[seg]}{1[hr]}$$

- Eficiencia de la maquina; fue el porcentaje que se necesita tener en cuenta por el material perdido en el proceso de inyección; como degradaciondel mismo material.
- Rendimiento de la máquina; fue el porcentaje de tiempo que en realidad sera utilizado para la producción; tomando en cuenta que tenga fallas o se de mantenimiento.
- Producción anual; calculada de la siguiente manera:

$$Producción\ anual =$$

$$Produccion\ por\ hora * Eficiencia\ de\ maquina.* Rendimientode\ maquina * Horas\ de\ operacion\ anual$$

Con los datos anteriormente mostrados en la tabla 16, se describe cada uno de los elementos del costo de producción.



### 8.2.1 COSTO DE MAQUINARIA

La obtención del precio de maquinaria se realizó con base en la suma de costos de los activos que se usaron para la transformación del PLA en cada una de las piezas

$$\text{Precio de Maquinaria} = \sum \text{Costos de Maquinaria}$$

Los resultados se muestran en la Tabla 11

	Base de diafragma	Actuador de diafragma	Paletas de diafragma
Maquina Inyectora	\$ 460	\$ 460	\$ 460
Moldes	\$ 120	\$ 120	\$ 120
Horno para Secar PLA	\$ 100	\$ 100	\$ 100
FluMold	\$ 100	\$ 80	\$ 80
<b>Precio de Maquinaria</b>	<b>\$ 780</b>	<b>\$780</b>	<b>\$780</b>

Tabla 11. Resultado de Costo de Maquinaria. Los valores se encuentran en miles de pesos

### 8.2.2 COSTO DE DEPRECIACIÓN DE MAQUINARIA

Posteriormente se obtuvo el elemento de depreciación de equipo

Para esto se utiliza la siguiente fórmula

$$\text{Depreciación de Equipo}[\$] = \left( \sum \text{Sumatoria de los de los costos de equipos}[\$] \right) * \frac{\text{Velocidad de la Producción}[\%]}{\text{Periodo de Depreciación de la Maquinaria}[\text{Años}]} + \frac{\text{Costo de Molde(s)}[\$]}{\text{Periodo de Depreciación de la Maquinaria}[\text{Años}]}$$

Los resultados se muestran en la Tabla 12

	Base de diafragma	Actuador de diafragma	Paletas de diafragma
Precio de Maquinaria	\$780	\$760	\$760
<b>Depreciación Maquinaria</b>	<b>\$126</b>	<b>\$124</b>	<b>\$124</b>

Tabla 12.Resultado de Depreciación de Maquinaria. Los valores se encuentran en miles de pesos



### 8.2.3 COSTO DE MATERIAL

La proyección del material usado se obtuvo de la siguiente forma

*Material usado anual =*

$$\text{Producción Anual}[\text{pzs}] * \frac{\text{Peso del Producto}[\text{gr}]}{\text{Rendimiento de Maquinaria}\%} * \frac{1[\text{Kg}]}{1000[\text{gr}]}$$

Una vez calculado el material usado anual, se procede al calculo el costo de material anual

$$\text{Costo de Material Anual}[\$] = \text{Material usado anual}[\text{Kg}] * \text{Costo de PLA}[\$/\text{Kg}]$$

Los resultados se muestran en la Tabla 13

	Base de diafragma	Actuador de diafragma	Paletas de diafragma
<b>Peso del Producto</b>	23.5	43	7.4
<b>Material Usado</b>	30,917 kg	14,114 kg	19,394 kg
<b>Costo Material Usado Anualmente</b>	\$ 1,482,636	\$ 676,859	\$ 930,064

Tabla 13. Resultado de Costo de material

### 8.2.4 COSTO DE MANO DE OBRA

Para hacer la estimación del costo de la mano de obra del diafragma, se designo un cierto número de trabajadores por turno, 2 personas, o bien 6 personas en los 3 turnos. Considerando que estos trabajadores laboraran los 3 turnos, entonces tendrán una velocidad de producción de 100%.

Para el costo del personal por hora se tomaran en cuenta que de los dos trabajadores serán:

Descripción del puesto	Costo/mes	Costo/hr
Técnico Experimentado	\$ 12,000	\$ 16.67
Auxiliar de Técnico	\$ 5,000	\$ 6.94



Con el costo del personal por hora sólo se suma los costos por hora de ambos trabajadores

$$\text{Costo total del personal por hora} [\text{\$}] = \sum \text{Costo por hora de cada trabajador}$$

Una vez teniendo el costo total del personal por hora, se obtuvo el costo del personal, como se muestra a continuación

$$\text{Costo de Personal}[\text{\$}] = \text{Costo del personal por hora} [\text{\$/hr}] * \text{Horas de operacion anual}[\text{hr}]$$

Los resultados se muestran en la Tabla 14

	Base de diafragma	Actuador de diafragma	Paletas de diafragma
Trabajadores (por Turno)	2	2	2
3 Turnos (24 hrs)	6	6	6
Costo de Personas	\$32	\$ 32	\$32

Tabla 14. Resultado de Costo de Personal. Los valores de los costos por personas esta en miles de pesos

### 8.2.5 COSTO DE ARRENDAMIENTO

Éste costo se calcularía, en el caso de pagar por la renta de la fábrica (en el caso del proyecto que se reporta la producción se hizo en la Facultad de Ingeniería de la UNAM)

$$\text{Costo de arrendamiento}[\text{\$}] =$$

$$\text{Espacio de trabajo}[\text{m}^2] * \text{Arrendamiento mensual de fabrica} [\text{\$/m}^2]$$

### 8.2.6 COSTO DE SERVICIOS ELÉCTRICO

El costo de electricidad para cada uno de los equipos usados se calculo como:

$$\text{Electricidad usada}[\text{Kw}] = \sum \text{Potencia de los equipos}[\text{Kw}] * \text{Factor de Carga}[\%]$$

Teniendo la electricidad usada se obtuvo el costo anual de electricidad

$$\text{Costo Anual de Electricidad}[\text{\$}] =$$

$$\text{Electricidad Usada}[\text{Kw}] * \text{Costo de Electricidad} [\text{\$/Kwh}] * \text{Horas de Operación Anual}[\text{Hr}]$$

En la Tabla 15, se muestran los resultados de los costos por servicios eléctricos





	Base de diafragma	Actuador de diafragma	Paletas de diafragma
<b>Inyectora</b>	13.11 kW	52.50 kW	62.50 kW
Factor de Carga	65.0%	65.0%	65.0%
<b>Horno para Secar PLA</b>	20.55 kW	20.55 kW	20.55 kW
Factor de Carga	60.0%	60.0%	60.0%
<b>FluMold</b>	38.30 kW	38.30 kW	38.30 kW
Factor de Carga	55.0%	55.0%	55.0%
<b>Total</b>	41.92 kW	67.52 kW	74.02 kW
<b>Costo Anual de Electricidad</b>	\$ 98,266	\$ 158,289	\$173,527

Tabla 15. Resultado de Costo de Servicios Eléctricos

### 8.2.7 COSTO DE IMPUESTOS Y SEGUROS

En caso de que la maquina tuviera seguro y/o se pagara un impuesto por élla; se obtendría de la siguiente manera

$$\text{Costo anual de Impuestos y seguros}[\$] =$$

$$\left( \left( \sum \text{Costo de Equipos} \right) * \text{Velocidad de Producción} + \text{Costo de Moldes} \right) * \text{Impuesto o tasa de impuestos}$$

### 8.2.8 COSTO DE MANTENIMIENTO

El costo de mantenimiento se obtuvo por parte de los diseñadores y maquinadores de los moldes, el cual fue una estimación que se muestra en la Tabla 16

	Base de diafragma	Actuador de diafragma	Paletas de diafragma
<b>9. Mantenimiento</b>	\$ 20	\$20	\$20

Tabla 16. Resultados de costo de mantenimiento. Los valores del mantenimiento esta en miles de pesos



### 8.2.9 COSTO DE PRODUCCIÓN

Para finalizar el costo total se obtuvo de la siguiente forma:

$$\text{Costo Total}[\$] =$$

$$(C. \text{Mantenimiento} + C. \text{Seguros} + C. \text{Servicios} + C. \text{Material} + C. \text{M.O} + C. \text{Maquinaria})[\$]$$

Al tener el costo total se obtiene el costo de producción. En la

<b>Costo Total</b>	\$ 1,056,271.82		\$ 1,595,342.55		\$873,779.78	
<b>1. Depreciación</b>	11.9%	\$ 0.19	7.8%	\$ 0.21	14.2%	\$ 0.10
<b>2. Material</b>	70.9%	\$ 1.14	77.1%	\$ 2.08	50.7%	\$ 0.36
<b>3. Personal</b>	3.0%	\$ 0.05	2.0%	\$ 0.05	3.7%	\$ 0.03
<b>4. Arrendamientos</b>	0.0%		0.0%		0.0%	
<b>5. Electricidad</b>	9.3%	\$ 0.15	9.9%	\$ 0.27	25.7%	\$ 0.18
<b>6. Impuestos y Seguros</b>	3.0%	\$ 0.05	1.9%	\$ 0.05	3.5%	\$ 0.02
<b>7. Mantenimiento</b>	1.9%	\$ 0.03	1.3%	\$ 0.03	2.3%	\$ 0.02
<b>10. Costo del Unitario Empaque</b>	<b>\$1.6</b>		<b>\$2.7</b>		<b>\$0.7</b>	
					<b>\$ 5</b>	

Tabla 17 se muestra que el costo de producción del empaque es de alrededor de \$5

$$\text{Costo de Producción}[\$/pza] = \frac{\text{Costo Total}[\$]}{\text{Producción Anual}[Pzs]}$$

Posteriormente se obtuvo el porcentaje que ocupa cada elemento del costo de producción, para esto se realizó lo siguiente

$$\% \text{Depreciación} = \frac{\text{Costo de Depreciación}[\$]}{\text{Costo Total}[\$]}$$

$$\% \text{Material} = \frac{\text{Costo de Material}[\$]}{\text{Costo Total}[\$]}$$

$$\% \text{Personal} = \frac{\text{Costo de Personal}[\$]}{\text{Costo Total}[\$]}$$



$$\%Electricidad = \frac{Costo\ de\ Electricidad[\$]}{Costo\ Total[\$]}$$

$$\%Mantenimiento = \frac{Costo\ de\ Mantenimiento[\$]}{Costo\ Total[\$]}$$

Con lo anterior se puede obtener cual fue el costo unitario para cada pieza

$$Costo\ Unitario\ de\ Depreciación = \%Depreciación * Costo\ de\ Producción\ [\$/Pza]$$

$$Costo\ Unitario\ de\ Material = \%Material * Costo\ de\ Producción\ [\$/Pza]$$

$$Costo\ Unitario\ de\ Personal = \%Personal * Costo\ de\ Producción\ [\$/Pza]$$

$$Costo\ Unitario\ de\ Electricidad = \%Electricidad * Costo\ de\ Producción\ [\$/Pza]$$

$$Costo\ Unitario\ de\ Mantenimiento = \%Mantenimiento * Costo\ de\ Producción\ [\$/Pza]$$

	Base de diafragma		Actuador de diafragma		Paletas de diafragma		
<b>Costo Total</b>	\$ 1,056,271.82		\$ 1,595,342.55		\$873,779.78		
<b>1. Depreciación</b>	11.9%	\$ 0.19	7.8%	\$ 0.21	14.2%	\$ 0.10	
<b>2. Material</b>	70.9%	\$ 1.14	77.1%	\$ 2.08	50.7%	\$ 0.36	
<b>3. Personal</b>	3.0%	\$ 0.05	2.0%	\$ 0.05	3.7%	\$ 0.03	
<b>4. Arrendamientos</b>	0.0%		0.0%		0.0%		
<b>5. Electricidad</b>	9.3%	\$ 0.15	9.9%	\$ 0.27	25.7%	\$ 0.18	
<b>6. Impuestos y Seguros</b>	3.0%	\$ 0.05	1.9%	\$ 0.05	3.5%	\$ 0.02	
<b>7. Mantenimiento</b>	1.9%	\$ 0.03	1.3%	\$ 0.03	2.3%	\$ 0.02	
<b>10. Costo del Unitario Empaque</b>	<b>\$1.6</b>		<b>\$2.7</b>		<b>\$0.7</b>		<b>\$ 5</b>

Tabla 17. Costos Unitarios de empaque



### 8. PUNTO DE EQUILIBRIO PARA DIAFRAGMA O DISPOSITIVO SUSTENTABLE

El obtener el punto de equilibrio donde podremos darnos cuenta desde que piezas producidas y que inversión debemos estimar cuando el proyecto es viable; se necesitan más elementos aparte del costo de producción, a continuación se calculara. Ver Tabla 18 y Tabla 19

Gastos de Administración Anuales	Mensuales	Anuales
1. Secretaria	\$12,000.00	\$144,000.00
2. Gerentes y/o Supervisores	\$20,000.00	\$240,000.00
3. Papelería	\$5,000.00	\$60,000.00
4. Publicidad	\$-	\$-
5. Transporte	\$5,000.00	\$60,000.00
6. Impuestos	\$10.00	\$120.00
7. Servicios públicos	\$2,000.00	\$24,000.00
8. Depreciación	\$10,500.00	\$126,000.00
<b>Total</b>		<b>\$654,120.00</b>

Tabla 18. Gastos de Administración

$$\text{Gastos de Unitarios Operativos} =$$

$$\frac{\sum(\text{Gastos de administracion} + \text{gastos de distribucion} + \text{gastos de publicidad})}{\text{Produccion anual}}$$

Gastos Unitarios de Administración	\$ 1.00
------------------------------------	---------

Tabla 19. Gastos unitarios de Administración

$$\text{Costo total} = \text{Costo de Producción} + \text{Gastos de Operación}$$

Costo Total
\$6.0

$\text{Precio de venta} = \text{Costo total} * (1 + \% \text{de utilidad})$ . La utilidad fue de 15% como lo desea la E.C

Precio de Venta
\$ 6.9



Teniendo en cuenta los valores de costo total y precio de venta, se obtuvo 2 ecuaciones

*Funcion de Ingreso = Precio de Venta \* Cantidad de piezas..... (1)*

*Funcion de Costo total = Costos Fijos + Costo de Produccion \* Cantidad ...(2)*

En donde tomaremos a X= Cantidad y a Y= Función de Ingreso y Función de Costo Total.

Por lo que igualando las ecuaciones 1 y 2

*Y = Precio de Venta \* Xcantidad = Costos Fijos + Costo de Producción \* Xcantidad*

Despejando X

*Xcantidad =  $\frac{\text{Costos Fijos}}{\text{Precio de Venta} - \text{Costos de Producción}}$  = 11,862 unidades*

Por lo que nos dará las Unidades necesarias a manufacturar de forma contable. Sustituyendo en X en Ecuación 1

*Y =  $\frac{\text{Precio de Venta} * \text{Costo Fijos}}{\text{Precio de Venta} - \text{Costo de Producción}}$  = \$81,983*

Con lo anterior nos dará las el dinero necesario a invertir para poder manufacturar las piezas necesarias

La forma de comprobarlo es mediante la forma grafica en la cual daremos valores a la X que es la cantidad; por lo que nos dará la facilidad de graficar cada una de las ecuaciones y así poder realizar las graficas del para visualizar el punto de equilibrio. Ver Ilustración 5

Función de Ingreso I= Precio de Venta * Cantidad			Función Costo Total CT=CF + Costo de Producción*Cantidad			
Función Ingreso	Precio de Venta	Cantidad	Costo Total	Costos Fijos	Costo de Producción	Cantidad
\$ 16,324	\$ 6.91	2,362	\$ 34,352	\$22,510	\$ 5	2,362
\$ 50,882	\$ 6.91	7,362	\$ 59,421	\$22,510	\$ 5	7,362
\$ 85,439	\$ 6.91	12,362	\$ 84,490	\$22,510	\$ 5	12,362
\$ 119,996	\$ 6.91	17,362	\$ 109,559	\$22,510	\$ 5	17,362
\$ 154,553	\$ 6.91	22,362	\$ 134,628	\$22,510	\$ 5	22,362
\$ 189,110	\$ 6.91	27,362	\$ 159,696	\$22,510	\$ 5	27,362
\$ 223,667	\$ 6.91	32,362	\$ 184,765	\$22,510	\$ 5	32,362

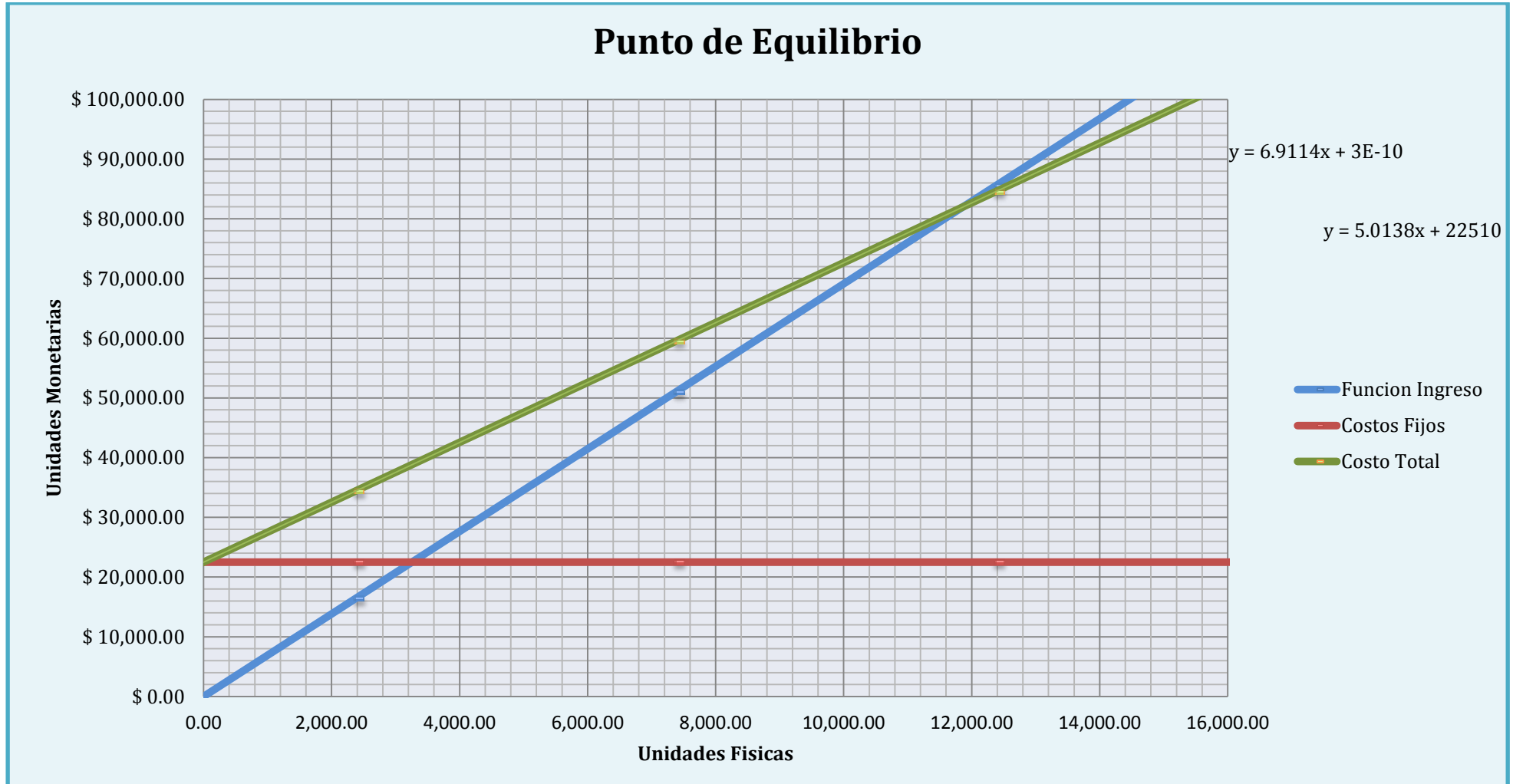


Ilustración 5. Punto de equilibrio para diafragma de empaque sustentable





## CONCLUSIONES

De manera puntual se concluye que:

- Se cumplió el diseño del sistema de producción, abarcando las etapas del proceso desde la llegada del material hasta el producto terminado.
- Se realizó la estimación del costo de producción del dispositivo, con los datos obtenidos hasta el mes de enero del 2012. El costo de producción estimado es de 5 pesos, lo que si bien puede considerarse como elevado para productos económicos con presentaciones austeras (por ejemplo, bolsa de arroz de 1 kg empacada en polietileno), para ciertos productos especializados puede ser aceptable (por ejemplo, alimentos congelados especializados, alimentos y golosinas tipo gourmet en presentaciones de 1 kg o más, empacados en polietileno o en presentaciones Doipack). Además, el costo del empaque depende en más de un 70% del precio de material de acuerdo a la tabla 27, por lo que reduciéndose al incrementar la demanda, éste disminuirá
- Como se vio en los antecedentes, el mercado de los bioplásticos va en ascenso en la industria del plástico principalmente en Europa, por lo que, el mercado en América Latina va en crecimiento también. Sin embargo, actualmente es difícil encontrar información sobre estos nuevos materiales y la escasa que está disponible son datos técnicos provenientes de experimentos en laboratorios. En esta tesis se concentró información relevante del PLA y PHA para la industria del envase, que fue empleada para seleccionar al ácido poliláctico como el material para el proyecto.
- Se realizaron propuestas de posibles formas de ensamble del dispositivo y unión con la película flexible, de acuerdo a los objetivos y alcances planteados para el proyecto. La selección de la propuesta a emplear en una aplicación comercial específica (combinación de producto con tipo





de empaque, por ejemplo cereal en una bolsa tipo almohada de PLA en presentación de 900 gr) dependerán de una evaluación económica de la empresa colaboradora elaborada a solicitud de un cliente.

- Se realizaron propuestas de control de calidad para el dispositivo resellable; los formatos para el control de calidad por diagramas de control de atributos pueden ser también aplicados para el empaque terminado si así lo desea la empresa colaboradora.
- La sustentabilidad del empaque, considerando sobre todo aspectos ambientales, se basó en la recolección de información de expertos y la bibliografía citada de grandes asociaciones como *Europe Bioplastics*, *Plástico*, *AMEE*, etc., en la que indican que los bioplásticos son compostables y biodegradables, y cumplen con varios requerimientos para ser un envase sustentable (puntos 2, 4, 5, 6, 7 y 8 de la sección 3.1). Con la información proporcionada en esta tesis, es factible definir las etapas relevantes del ciclo de vida del empaque y hacer un análisis de impacto ambiental basado en un LCA (Life Cycle Assessment), para tener una evaluación completa del impacto ecológico.



## **BIBLIOGRAFÍA**

- Árambula , I. (2011). Expo Pack, México 2011. *Tecnología de Envasado y Procesamiento para Latinoamérica* , 79-80.
- Averous, L. (Mayo de 2009). Bioplastics. *Biodegradable and Biobased Polymer, Biopolymer. Bioplastic, Biomaterial, Compostable Packaging*.
- Bastioli, C. (2000). Global status of production of biobased packaging materials;. *The food biopack conference, 2*, págs. 27-29. Copenhagen, Dinamarca .
- Bioplastic, E. (2011). *Market Development*. Alemania.
- Bioplastic, E. (2011). *Market Development*. Marketing. European Bioplastic.
- Bioplastic, E. (2011). Market Drivers. *European Bioplastic*.
- Bioplastic, E. (2011). *Market Drivers*.
- Borja Ramirez, V., & Ramirez, A. (2011). *Empaque resellable biodegradable*. UNAM, Division de Posgrado de la Facultad de Ingeniería , Mexico D.F.
- Briassolis , D. (2004). An overview on the mechanical behavior of biodegradable agricultural films. *Journal of Polymers and the environment*, 12(2), 65-82.
- Cervera Fantoni, Á. L. (2003). *Envase y Embalaje: La venta silenciosa* (2 ed.). Madrid, España: ESIC.
- Compañía32. (Fecha de consulta Abril 2011). Ingeo Biopolymer 3251D. *Compañía 32*, 1-3.
- Crank, M., & Patel, M. (2005). *Techno-economic feasibility of large-scale production of bio-based polymers in europe*. Utrcht University, Department of science, technology and society . España: European communities.
- De la O Ramos, R., Borja Ramirez , V., Ramirez Reivich, A., Corona Lira , M., & Lopez Parra, M. (Abril de 2004). Diseño conceptual de charolas termoformadoras para embalaje. *Sociedad Mexicana de Ingenieria Mecanica*, 271-278.
- DeLlano Marhx, Constantino;. (Septiembre de 2008). Sustentabilidad en los Envases. (AMEE, Ed.) *Organo Informativo AMEE*, 15(87), 6-8.
- Embolsadoras, M. (Ultimo dia de consulta Abril 2011). Guia de Proveedores. *El Empaque*.
- Figueroa, F., Agüera , F., & Carvajal, F. (2010). Tolerancias y grados de ajustes. En F. Figueroa, F. Agüera, & F. Carvajal, *Diseño mecanico* (págs. 145-148).
- Fredonia Groups. (Mayo de 2011). Global Demand fo Bioplastics. *Organo Informativo de Asociación Mexicana de Envase y Embalaje*, 18(102), 14-16.
- Garcia I., E., Gago Cabezas, L., & Fernandez Nuevo , J. (2006). Tecnologias de envasado en atmosfera protectora. *Informe de vigilancia tecnologica*, 35-38.



- Gaxiola Alcantar, B. (Abril-Mayo de 2011). Después de la crisis: Los bioplásticos buscan crecimiento. *Mundo Plástico*, 8(48), 26.
- Gordon L., R. (2006). *Food packaging. principles and practices*. USA: CRC; Taylor and Francis Group.
- Groover, M. (2009). *Fundamentos de manufactura moderna: Materiales, procesos y sistemas* (2 ed.). Distrito Federal : Pearson Prentice Hall.
- Guevara Hernandez, J. (2010). Apuntes de Procesos de Manufactura I. En J. C. Hernandez, & U. Marquez Amador , *Apuntes de Procesos de Manufactura I*. Mexico.
- Helén, H., Kantola, M., & Kotilainen, E. (2000). A finish study of biobased packaging materials for food applications. En C. Weber (Ed.), *The food pack conference*, 2, págs. 27-29. Copenhagen, Dinamarca.
- Hernández Ávila, C. A. (2008). *Tesis de Biopolímeros como materiales de empaque en alimentos. Alternativas, estructura y aplicaciones*. Distrito Federal, Mexico
- HIMPI. (2011). *Ajustes y tolerancias*. Uruguay, Diseño Mecánico. Facultad de Ingeniería.
- Medellin, T. N. (Mayo de 2010). Polihidroxilcanoatos (PHA). (T. N. Medellin, Ed.) *Biotecnología Empaque*, 1.
- Naranjo, A., Noriega, Sanz, Sierra, & Osswald. (2009). *Tecnología de los plásticos manual de bolsillo: Inyección 2*. Colombia: Guaduales Cacuta.
- Narayan, R. (2009). Biodegradabilidad: Mitos y realidades. *Tecnología del Plástico*, 32-37.
- Ortega Leyva , M. N. (2009). Bioplásticos con pie en América Latina. *Tecnología del plástico*, 26.
- Osswald, T., & Gimenez, E. (2008). *Procesos de Polímeros. Fundamentos*. Colombia: Guaduales.
- Pazes, S. (Junio de 2009). Bioplásticos- Materiales innovadores con potencial . *Tecnología de Plástico*, 15-16.
- Plástico. (Diciembre 2010 de 2011). Guía de Proveedores 2011. (B2Bportales, Ed.) *Tecnología del plástico*, 25(6), 34.
- Plástico, M. (Abril - Mayo de 2011). Composición y procesamiento de los bioplásticos. *Mundo Plástico*, 8(48).
- Plástico, M. (Junio-Julio de 2011). Los mercados del empaque y algunas cifras. *Mundo Plástico*, 9(49), 20-23.
- Plástico, T. d. (2008). Bioplásticos, biodegradables, compostables: ¿Que son y en que van? *Tecnología del Plástico*.



- Plástico, T. d. (Agosto de 2009). Compostables, bioplásticos y degradables: Como entendes las diferencias. *Tecnología del Plástico*.
- Plastiglas. (2011). *Manual Técnico. Termoformado*. Mexico: Desc.
- Plastimagen. (2010). *Lista de expositores*. Mexico.
- Quiñones James , I. (Diciembre de 2009). Vigilancia aplicada para identificar tendencias tecnologicas en los Biopolimeros y plasticos biodegradables. *Informador Técnico*(73), 54 - 62.
- Rodriguez Tarango, J. (2010). *Control de calidad en los materiales de envase y embalaje* (Vol. 6). Distrito Federal: IMPEE.
- T., A. R. (2008). "A Perspective of Compostability of biodegradable Polymers under Real and Simulated Conditions" (Vol. 57). EUA: Polymer International.
- TextosCientificos. (29 de 11 de 2009). Acido Polilactico (PLA). *Textos Cientificos*, 4.
- Tharanathan , R. (2003). Biodegradable films and composite coatin: past, present and future. *Critical review in food science and technology*(14), 71-78.
- Torres Benitez , N. I. (2012). Proceso de innovacion tecnológica para un empaque resellable biodegradable. En N. I. Torres Benitez, *Tesis: Proceso de innovacion tecnológica para un empaque resellable biodegradable* (págs. 1-181). Mexico.
- Vidales Giovanneti , M. (2007). *El mundo del envase: manual para diseño y produccion de envases y embalajes* (3ra ed.). Distrito Federal, Mexico : Gustavo Gil.
- Weber , C. (2000). *Biobased packaging Materials for the food industry*. European.



## ANEXOS

### **Anexo A: Clasificación de Envases**

**Envase Múltiple:** Cualquier recipiente o envoltura en el cual están contenidos dos o más variedades iguales de productos pre - envasados, destinados para su venta al consumidor

**Envase Colectivo:** Cualquier recipiente o envoltura en el cual están contenido dos o más variedades diferentes de productos previamente envasados, destinados para su venta al consumidor en dicha presentación

**Envase Rígidos:** Envase en forma definida no modificable y cuya rigidez permite colocar el producto estibado sobre el mismo, sin sufrir daños. Por ejemplo; envases de vidrio o latas metálica.

**Envase Semi – Rígido:** Envases cuya resistencia a la compresión es mejor a la de los envases rígidos, sin embargo, cuando no son sometidos a los esfuerzos de compresión su aspecto puede ser similar al los de el envase rígido. Por ejemplo: los envases de plástico.

**Envase Flexible:** Envases fabricados de películas plásticas, papel, hojas de aluminio, laminaciones u otros materiales flexibles como coextrucciones. Este tipo de envases no resiste producto estiba, sin embargo resulta práctico para productos de fácil manejo. (Vidales Giovanneti , 2007)



## Anexo B: Sistemas de Cierre

**Sistemas de cierre de diafragma sellado por inducción:** es una tapa revestida por dentro con un empaque o disco obturador, provisto de un recubrimiento termo - sellable de aluminio. En el proceso de elaboración la tapa una vez enroscada y el envase pasa a la bobina de inducción, donde se genera un campo magnético que induce corrientes térmicas en el aluminio. El calor reblandece el recubrimiento sellable y adhiere la hoja de aluminio a la boca del tarro. Al abrir el bote, la capa de cera se quiebra y el empaque de plástico queda enganchado en el interior del tapón, junto con el aluminio, ofreciendo así un indicador de inviolabilidad y un diafragma de antihumedad, resistente a la posible entrada de agentes externos.

**Tapón inviolable:** es un tapón de rosca que presenta un anillo de engranaje que se desgarran cuando se abre el envase por primera vez. El anillo permanece anclado a la botella, atrapado bajo un borde moldeado en el cuello de esta, mostrando que el envase ya ha sido abierto. Este tipo de tapón puede además ofrecer un doble sello de seguridad al agregar un diafragma de aluminio al gollete de la botella.

**Tapa bisagra:** tiene un dispositivo que permite abrir y cerrar la tapa con gran facilidad. La tapa queda unida al envase por medio de la bisagra. Este tipo de tapas conforman su estructura en dos partes. Una de ellas se adhiere al envase y permanece unido a él, mientras que la sección correspondiente a la tapa tiene la capacidad de ser movida hacia arriba y hacia abajo por medio de la bisagra para abrir y cerrar.

**Cierre resellable para bolsas flexibles:** es una cinta tipo cremallera de plástico que implica a las bolsas durante su fabricación, llenada y sellada. Funciona como un precinto de seguridad que al mismo tiempo es una marca de inviolabilidad. Este tipo de cierre ofrece la ventaja de que el envase puede abrirse en la primera vez rasgado o cortado el borde superior de la bolsa y, posteriormente puede resellarse encajado y presionando la cinta de cremallera. El dispositivo de resellado tiene un alto nivel de resistencia, tanto apertura como de contención del producto. (Vidales Giovanneti , 2007)



**Tapa abatible:** similar a la tapa de bisagra, este tipo de tapa ofrece un dispositivo automático para la apertura. Una pequeña tapa se levanta, emitiendo un sonido que avisa tanto la apertura como el cerrado. La apertura se lleva a cabo cuando se ejerce presión sobre un punto señalado en la estructura moldeada. Ello permite acceder al producto con una sola mano

**Surtidor resellable con bisagra:** es un tipo de cierre combinado que se adhiere a la superficie de los envases de cartón para bebidas. El dispositivo presenta una tapa bisagra que se abre para servir líquidos y puede volver a cerrarse para resellar el envase. El dispositivo de resellado permite agitar, inclinar y manipular el envase una vez que ha sido abierto sin que se derrame el contenido. Incluye un cierre con valvular de aire y tapa especialmente diseñadas para verter la bebida sin que se choree por los laterales. En algunos casos se incluye una lengüeta de plástico que se bloquea el cierre por lo que para abrirlo debe presionarse para perforar el cartón, un diafragma o simplemente desprenderse de las pestañas liner que lo sujeta.

**Tapa abre-fácil de plástico:** utilizado principalmente para envases de cartón para bebidas. La tapa de plástico se abre fácilmente dejando a la vista un gran orificio higiénico que permite beber directamente del envase. La sección superior de plástico se acopia al cuerpo del envase de cartón y se coloca inmediatamente antes del llenado.

**Pistola pulverizadora multi –usos:** además de funcionar como tapa es un sistema dosificador del producto. La pistola pulverizadora puede usarse en cualquier posición, incluso invertida, lo cual permite aplicar el producto directamente sobre las zonas de difícil acceso. Utiliza un mecanismo de presión que succiona el producto y su distribución puede ser aplicada a gusto del usuario.

**Dispensador accionable a presión:** Este dispositivo dispensador es un tipo de tapa que cierra herméticamente, se acopla al envase con objeto de dotarlo de estabilidad. Cuenta con un botón accionable que es fácil de presionar y dispensa una cantidad precisa del producto, mientras que el sistema hermético permite conservar el contenido de manera higiénica hasta su consumo. (Vidales Giovanneti , 2007)





**Tapón de presión y torsión resistente a los niños:** Es un dispositivo de cierre con disco o empaque de obturación. Está compuesto de un tapón de rosca interno y un recubrimiento exterior. Para poderlo extraer es necesario ejecutar dos acciones simultáneas que son presionar y girar. Al ejercer la presión sobre él, el recubrimiento se acopla al tapón interior para poder entonces desenroscarse.

**Tapón de rosca resellable:** Es un tipo de tapón que une además la función de dispensador a su dispositivo. Se sella mediante soldadura ultrasónica a uno de los lados de la cúspide piramidal de los cartones tipo Tetra-Rexz. El tapón presenta un anillo de plástico unido por un liner para marcar la inviolabilidad del producto. El anillo debe retirarse para desenroscar el tapón. El área de engrane del tapón hace las funciones de una vertedera que facilita el consumo del producto.

**Tapón dispensador con membrana de inviolabilidad:** Es una tapa dispensadora hecha de una sola pieza. Posee una capa exterior encajable a presión que, al levantarse, deja así descubierto una membrana que señala la inviolabilidad del envase. Para acceder al producto, la membrana debe retirarse, tirando de un anillo de plástico. El producto puede entonces dispensarse de manera controlada a través de la abertura, mediante la vertedera que en ocasiones puede incluir en su diseño forma de pico para evitar el derrame del producto.

**Tapón dispensador con membrana desprendible:** Es un cierre compuesto de dos piezas que se coloca a presión en botellas, ya sean de plástico o de vidrio. Tras desenroscar el tapón exterior aparece una membrana de inviolabilidad que debe eliminarse la primera vez que se abre. El vertido del producto se controla mediante un regulador interno y un surtidor formado por pequeños filamentos de plástico flexible.

**Dispensador de disco basculante giratorio:** Se le conoce también como tapón Twist Disc®. Presenta una pared doble y una rosca continua adecuada para acoplarse a las coronas de los envases normalizados. Con una suave rotación se eleva un disco que dispensa el producto. Al girarlo de nuevo el tapón bloquea el disco y cierra el envase. (Vidales Giovanneti , 2007)





**Tapón de disco basculante a presión:** Llamado también Disc Top®, es un tapón de rosca que permite abrir el envase con una sola mano ejerciendo presión en la parte superior, en una zona claramente identificable en la moldura. Al presionarlo, el disco basculante se eleva, dejando a la vista un orificio de salida por el que se dispensa el producto. Al bajar de nuevo el disco basculante el tapón se cierra con seguridad.

**Tapón Push-pull:** Este tipo de tapón funciona por medio de un sistema de dos piezas. Una de ellas es una sección enroscada que se adapta a las crestas de la corona del envase. Otra parte es un accesorio accionable a presión que hace que un pequeño popote salga como vertedera para el producto. Al tirar del dispositivo hacia arriba, se crea el espacio necesario para que el producto salga al presionar el envase.

**Cierre rosca con surtidor extensible:** Este sistema de cierre funciona de igual manera como dispensador por el diseño de su estructura, ya que ofrece un dispensador extensible que permite obtener el producto en áreas de difícil alcance.

**Surtidor resellable:** Es un dispositivo de cierres que combina las características de fácil apertura, fácil aplicación y resellado en un mismo molde de inyección. El sistema de cierre debe girarse para dejar así descubierto una boquilla que permite la salida fluida del líquido a través de un conducto de aire. Al volverse a colocar el surtidor en su posición original, el envase queda perfectamente cerrado.

**Tapa con aplicador:** Este tipo de tapa forma parte de la estructura misma del envase. Además de la tapa incluye un tapón. La boquilla se acopla al bote mediante una serie de rebordes. El tapón sella el orificio de la boquilla, facilita la exposición del cuerpo del envase y permite que este tenga estabilidad.

**Cierre con tapa abatible para productos en polvo:** es un dispositivo de cierre que incluye un botón fácil de accionar que levanta la tapa bisagra dejando al descubierto varios orificios por los que sale el producto en polvo. (Vidales Giovanneti , 2007)



**Cierre con boquillas extraíble para bebidas:** este tipo de sistema consta de 3 piezas, una de las cuales es un obturador interno que evita el derrame del producto. Otra parte es una boquilla extraíble para facilitar la operación de beber, incluso cuando el consumidor esta en movimiento. Por último, un tapón exterior que debe retirarse para poder mover la boquilla en posición axial y acceder al producto

**Tapón con dispensador de válvula:** se le conoce también como dispositivo Simpli Squezz. Este sistema incorpora una membrana flexible que permite la salida del producto únicamente cuando se aprieta el envase. La válvula permite la libre manipulación del envase sin que se vierta su contenido por accidente. (Vidales Giovanneti , 2007)



## **Anexo C: Normas de Compostabilidad**

### **Normas técnicas que evalúan la biodegradación de los plásticos**

Los Estándares que evalúan la biodegradación no tienen en cuenta la pérdida de propiedades físicas o mecánicas ni la pérdida de peso molecular, sino la evolución del dióxido de carbono en el plástico.

La biodegradación de los plásticos es medida a través de los estándares ASTM. El estándar requiere dos estancias:

- La primera especifica el método con el cual se realizan las pruebas
- La segunda especifica la interpretación de los resultados.

Para EUA, donde se encuentran establecidos los estándares de ASTM, se encuentran solo para el compostaje industrial y el compostaje en ambientes marinos.

Los Estándares que ya se tienen para las dos estancias son los siguientes:

#### **Ambientes de compostaje industrial.**

- Estándares ASTM D5338 para los métodos de prueba
- Estándares ASTM D6400 para el estándar de biodegradación.
- El estándar ASTM D6400 requiere que 90% del plástico se biodegrada en 6 meses, de acuerdo con la evolución del dióxido de carbono del plástico.

#### **Ambientes Marinos**

- La norma ASTM D6691 para los métodos de prueba
- La norma ASTM D7081 para el estándar de biodegradación. El estándar ASTM D7081 requiere que 30% del plástico se biodegrada en 6 meses, de acuerdo con la evolución de dióxido de carbono en el plásticos provee una medida directa del sustrato de carbono proveniente del



plástico que está siendo utilizado por los microorganismos (porcentaje de biodegradación).

Los métodos ASTM e ISO enseñan cada uno cómo medir el porcentaje de biodegradabilidad en diferentes medios de disposición final.

Actualmente compañías han usado aditivos convierten en biodegradable al 100% la cadena de carbono del polímero en ambientes aeróbicos (compostaje, suelo) y anaeróbicos (rellenos sanitarios). Esto significaría que el 100% del carbón polimérico se usa completamente por microorganismos para transformarlo en CO<sub>2</sub> o en CO<sub>2</sub>+CH<sub>4</sub>. Pero aun no existen datos que sustenten esta hipótesis.

Actualmente en el mercado existen dos clases de aditivos, los “oxo” y los “orgánicos”, que se venden como masterbatche concentrados.

Aditivo Oxo, es aquel donde un polímero de origen fósil se añade un catalizador para permitir su oxidación. La degradación es identificada como resultado del fenómeno de oxidación y biodegradación en simultáneo o sucesivamente. Los plásticos son consumidos por las bacterias y los hongos después de que el aditivo ha reducido la estructura molecular, y por tanto, han pasado a ser biodegradables. Los envases y embalajes plásticos con tales mecanismos de degradación no cumplen las normas de compostabilidad.

El aditivo “orgánico” inicia o promueve el ataque microbiano, y esto, de alguna forma, dispara la actividad de los microorganismos de romper los enlaces carbono-carbono de la cadena polimérica. Actualmente no se ha hecho nada por parte de empresa por venderlo, aunque se encuentra en proceso de desarrollo.



## **Anexo D: Crecimiento de los Bioplásticos**

Actualmente los Bioplásticos han tenido un crecimiento sustancial en el mercado, esto ha sido como se mencionado, por el número de aplicaciones que se han descubierto con estos materiales. Desde los envases, pasando por los coches, los juguetes o las alfombras, hasta los componentes electrónicos, que son susceptibles de ser producidos con Bioplásticos.

Mientras que la demanda de polímeros en emulsión históricamente ha estado concentrado en regiones desarrolladas de América del Norte y Europa. De hecho, según *European Bioplastics*, durante el primer semestre de 2011 la capacidad de producción será superior a las 900 mil toneladas. La región Pacífica de Asia ha crecido considerablemente hasta convertirse en el mayor consumidor, y gran parte de este crecimiento ha sido impulsado por el mercado chino, que casi se cuadruplicó en los últimos años y así lo seguirá haciendo en el futuro, y esto ha sido por su gran producción en masa que ha venido teniendo los últimos años, casi superando a EUA. (Gaxiola Alcantar, 2011)



## Anexo E: Impulsos de los Bioplásticos

Los factores que impulsan el desarrollo del mercado de los Bioplásticos/Biopolímeros son:

- La aceptación del consumidor,
- Los efectos ampliamente por el cambio climático
- Un drástico incremento de precios de las materias fósiles
- La creciente dependencia de los recursos fósiles.

Todo esto ha sido gracias a que Los Bioplásticos/ Biopolímeros es una innovación tecnológica que son capaces de mejorar el equilibrio entre los beneficios ambientales y el impacto ambiental de los plásticos. Análisis del ciclo de vida muestran que los Bioplásticos pueden reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 30-70 por ciento en comparación con los plásticos convencionales (dependiendo del material y la aplicación).

Dentro de la industria, los Bioplásticos, simplemente tiene sentido debido a sus propiedades técnicas avanzadas y funcionalidad, el potencial de reducción de costos mediante economías de escala, y la opción de reciclaje nuevos que representan.

Nuevos materiales Bioplásticos biodegradables y productos han sido en el mercado europeo desde hace más de dos décadas. Estos productos son bolsas de residuos orgánicos compostables.

El mercado de las películas de embalaje se ha desarrollado de forma dinámica desde alrededor de 2002, inicialmente para los productos alimenticios orgánicos y, posteriormente, para muchos otros productos. (Bioplastic, 2011)



## Anexo F: Envasadoras

Tipos de maquinas envasadoras de Formado, llenado y sellado actualmente en el mercado

- Envolvedoras de Estuches
- Envolvedoras Horizontales
- Estuchadoras Horizontales de Carga Final
- Estuchadoras Verticales
- Formadoras por Prensado de Bolsa en Caja (Bag-in-Box)
- Formadoras por Prensado, Llenadoras y Selladoras de Cajas
- Formadoras por Prensado, Llenadoras y Selladoras de Envases Flexibles
- Formadoras por Trazado Profundo, Llenadoras y Selladoras
- Formadoras, Encajadoras y Selladoras de Bandejas
- Formadoras, Llenadoras de Carga Superior y Selladoras de Cajas
- Formadoras, Llenadoras y Selladoras de Bolsas Tubulares
- Formadoras, Llenadoras y Selladoras de Cajas de Cartón
- Formadoras, Llenadoras y Selladoras de Multipacks
- Formadoras, Llenadoras y Selladoras Horizontales de Almohadillas (Sachets)
- Formadoras, Llenadoras y Selladoras Verticales de Almohadillas (Sachets)
- Formadoras, Llenadoras y Selladoras Verticales de Cartones
- Máquinas Cerradoras de Cajas de Tres Solapas
- Máquinas Cerradoras de Solapas de las Cajas de Cartón
- Máquinas de Llenado en Frío, Formado y Sellado
- Máquinas Formadoras de Cajas Tipo Cacerola
- Máquinas Formadoras de Cajas Vacías
- Máquinas para Envoltura Horizontal de Rollo desde la parte de abajo
- Máquinas Selladoras Horizontales de Bordes
- Máquinas Sopladoras, Formadoras, Llenadoras y Selladoras
- Termoformadoras, Llenadoras y Selladoras (Embolsadoras, Ultimo dia de consulta Abril 2011)



# Anexo G: Diseño de Dispositivo Biodegradable Sustentable

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

Uso exclusivo Delegaciones y Subdelegaciones de la Secretaría de Economía y Oficinas Regionales del IMPI

INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL  
Dirección Divisoria de Patentes

Solicitud de Patente  
 Solicitud de Registro de Modelo de Utilidad

Solicitud de Registro de Diseño Industrial, especifique cuál:  
 Modelo Industrial     Dibujo Industrial

Antes de llenar la forma lea las consideraciones generales al reverso

Señalo  
Folio de entrada  
Fecha y hora de recepción

Solicitud  
Expediente: MX/a/2011/010789  
Fecha: 12/OCT/2011 Hora: 15:23  
Folio: MX/E/2011/071875 36871

1) DATOS DEL (DE LOS) SOLICITANTE(S)  
El solicitante es el inventor  El solicitante es el causahabiente

1) Nombre (s): FLEXIBLE PACK N° PROCESS S.A. DE C.V.  
2) Nacionalidad (es): /  
3) Domicilio: calle, número, colonia y código postal: /  
Población, Estado y País: /  
4) Teléfono (clave): / 5) Fax (clave): /

2) DATOS DEL (DE LOS) INVENTOR(ES)  
6) Nombre (s): SANDRA SUSANA RUIZ PÉREZ PALACIOS, VICENTE BORJA RAMÍREZ, JULIO CÉSAR GUEVARA HERNÁNDEZ, NORMA IBETH TORRES BENÍTEZ, OMAR GILBERTO ZUMAYA GONZÁLEZ, OMAR ALEJANDRO MUÑOZ VELAZQUILLO, ALEJANDRO CUAUHTÉMOC RAMÍREZ REIVICH  
7) Nacionalidad (es): MEXICANA (todos)

Ilustración 1. Tramite de patente

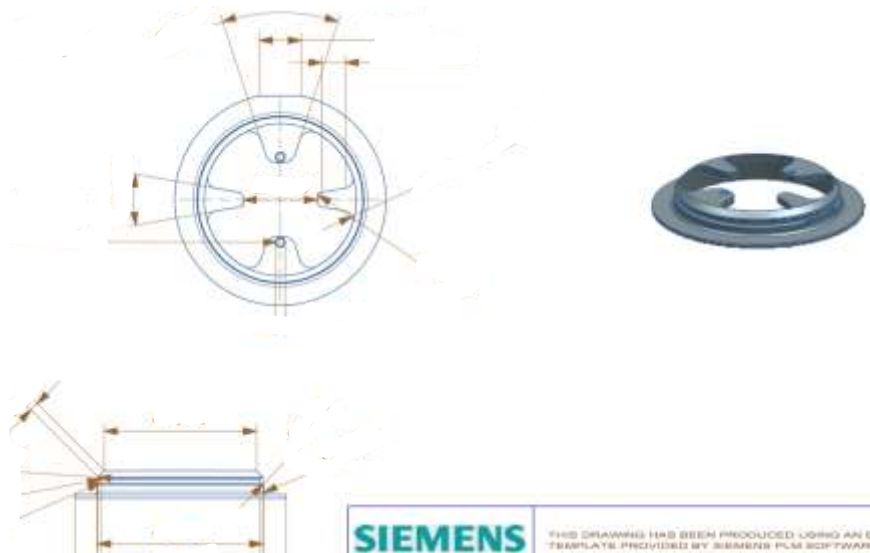


Ilustración 2. Base de diafragma



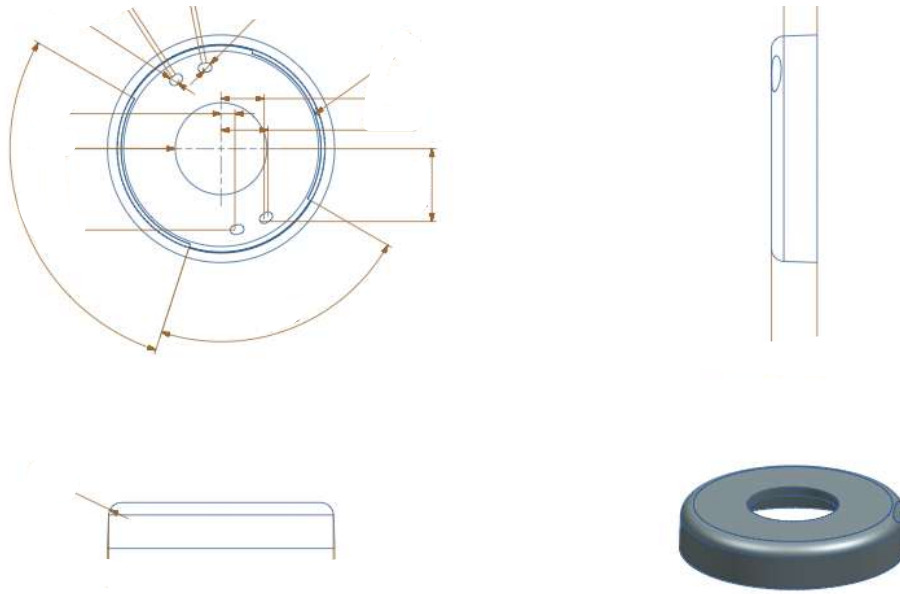


Ilustración 3. Actuador de diafragma

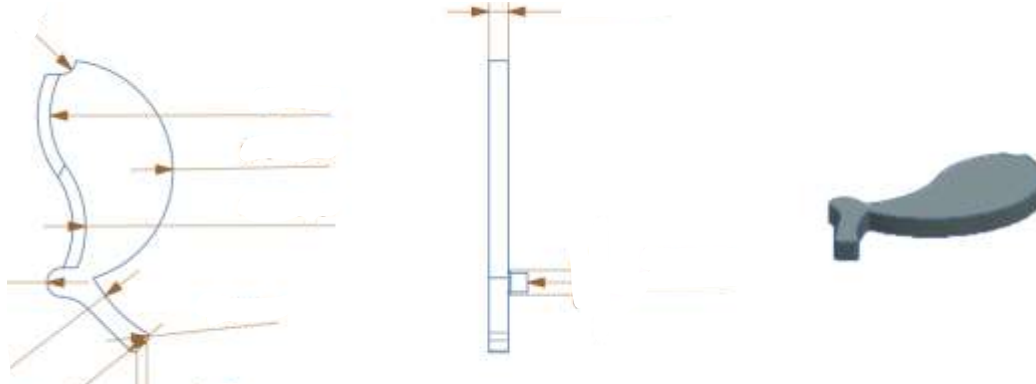


Ilustración 4. Paleta macho de diafragma

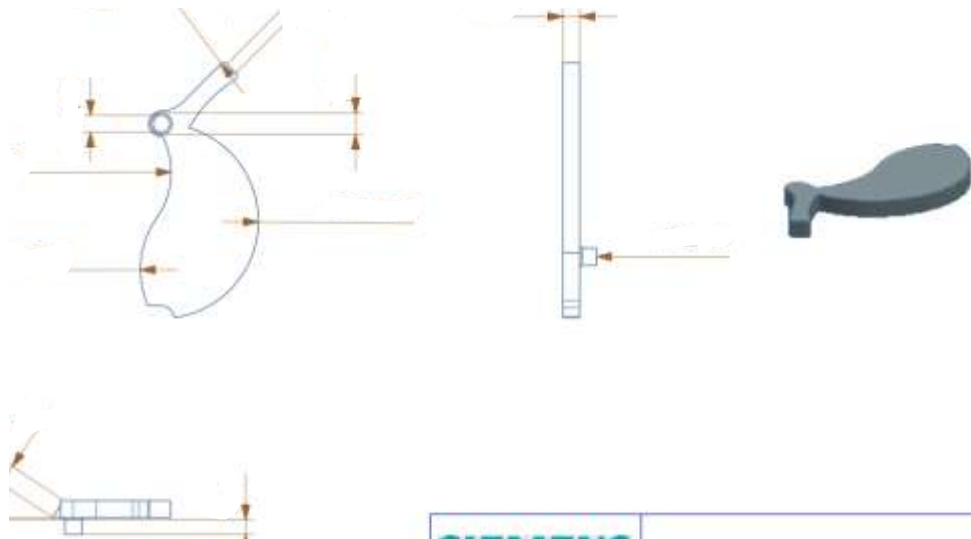


Ilustración 5. Paleta hembra de diafragma



## Anexo H: Estudio de Propiedades De Bioplásticos

### PHA

Propiedades:

- Compostable
- Biodegradable, se degrada el 80% en 15 semanas,
- Termoplastico
- Excelente permeabilidad al oxígeno
- Propiedades mecánicas de barrera y transmisión de luz, termoplásticos,
- Los PHA son termoplásticos y, dependiendo de su composición, dúctiles y elásticos. Varían sus propiedades de acuerdo con su composición química (homo o co-poliéster).
- Son estables ante los rayos UV,
- Pequeña permeabilidad al agua.
- Su temperatura de fusión parcial es superior a los 180°C.
- La cristalinidad puede alcanzar el 70%, aunque pueden obtenerse valores varias veces menores.
- La procesabilidad, resistencia al impacto y la flexibilidad mejoran con un mayor porcentaje de valerianatos (ésteres del ácido pentanoico) en el material.
- El PHB es similar en sus propiedades al polipropileno (PP), tiene buena resistencia a la humedad y funciona como barrera aromática. El PHB sintetizado desde ácido polihidroxibutírico puro es relativamente rígido y frágil, aunque también varía la elasticidad con derivados del ácido pentanoico (valerianatos). (Medellin, 2010)



## PLA

### Propiedades y Ventajas

Empresa	Ubicación	Producto	Nombre comercial
Metabolix/ADM	EE.UU.	P(3HB) (3HO) P(3HB-co-3HV)	Mirel
PHB Industrial	Brasil	P(3HB) P(3HB-co-3HV)	Biocycle
Tianan Biologic Material	China	PHBV	Ecogen
Biomer	Alemania	P(3HB)	Biomer
Mitsubishi Gas	Japón	P(3HB)	Biogreen
P&G & Kaneka	EE.UU./ Japón	P(3HB-co-3HHx)	Nodax
Bio-on	Italia	PHA	Minerv-PHA

#### Ilustración 6. Empresas productoras de bioplásticos

Una de las principales ventajas de estos copolímeros es que su punto de fusión es mucho más bajo, son menos cristalinos, más dúctiles, fáciles de moldear y duros, es por esto que, son posibles candidatos para componer materiales cómodos. Constituye un material quebradizo y propenso a romperse, lo cuál limita sus aplicaciones

Las propiedades físicas y mecánicas, farmacéuticas y de reabsorción dependen de la composición del polímero, de su peso molecular y de su cristalinidad. La cristalinidad puede ajustarse desde un valor de 0% a 40% en forma de homopolímeros lineales o ramificados, y como copolímeros al azar o de bloque.

La temperatura de procesamiento (Tg.) está entre 60 y 125°C y depende de la proporción de D o L ácido láctico en el polímero. Sin embargo el PLA puede ser plastificado con su monómero o alternativamente con ácido láctico oligomérico y esto permite disminuir Tg.

El PLA tiene propiedades mecánicas en el mismo rango de los polímeros petroquímicos, a excepción de una baja elongación. Sin embargo esta propiedad puede ser afinada durante la polimerización (por copolimerización) o por modificaciones post polimerización (por ejemplo plastificantes).



El PLA puede ser tan duro como el acrílico o tan blando como el polietileno, rígido como el poliestireno o flexible como un elastómero. Puede además ser formulado para dar una variedad de resistencias. Las resinas de PLA pueden ser sometidas a esterilización con rayos gama y es estable cuando se expone a los rayos ultravioleta. Al PLA se le atribuyen también propiedades de interés como la suavidad, resistencia al rayado y al desgaste. (TextosCientíficos, 2009)

Su importancia radica en que estos biopolímeros poseen una amplia gama de aplicaciones, en campos como la biomédica, la cosmetología y aplicaciones industriales; entre sus principales propiedades se encuentra la biodegradabilidad, además de una gran cantidad de ventajas:

- Bioreabsorbible
- Compostable
- Biocompatible (sin esta propiedad, sería imposible hablar de aplicaciones médicas)
- Endógenos
- Fotorresistentes
- Resistentes al calor.
- Termo-moldeables
- Barreras de oxígeno
- Hidrofóbicos
- Nanomerizable
- No tóxicos
- Resistentes a químicos
- En los procesos de separación y purificación no son necesarios solventes peligrosos
- El proceso de producción es continuo y escalable
- El proceso completo es amigable con el medio ambiente
- Bajas probabilidades de contaminación cruzada debido a organismos vivos modificados.



Empresa	Ubicación	Producto comercial
Cargill LCC	EE.UU.	NatureWorks
Mitsubishi	Japón	Ecoloju
Chronopol	EE.UU.	Heplon
Hycail	Holanda	Hycail HM, LM
Toyota	Japón	Toyota Eco-Plastic
Purac Biomaterials	Holanda	Purasorb*
Durect	EE.UU.	Lactel*
Shimadzu	Japón	Lacty*
Total & Galactic	Bélgica	Futero**
Treofan	Holanda	Treofan
Mitsui Chem	Japón	Lacea

Ilustración 7. Empresas productoras

A continuación se muestra un estudio donde se comparan los principales plásticos y bioplásticos de la industria

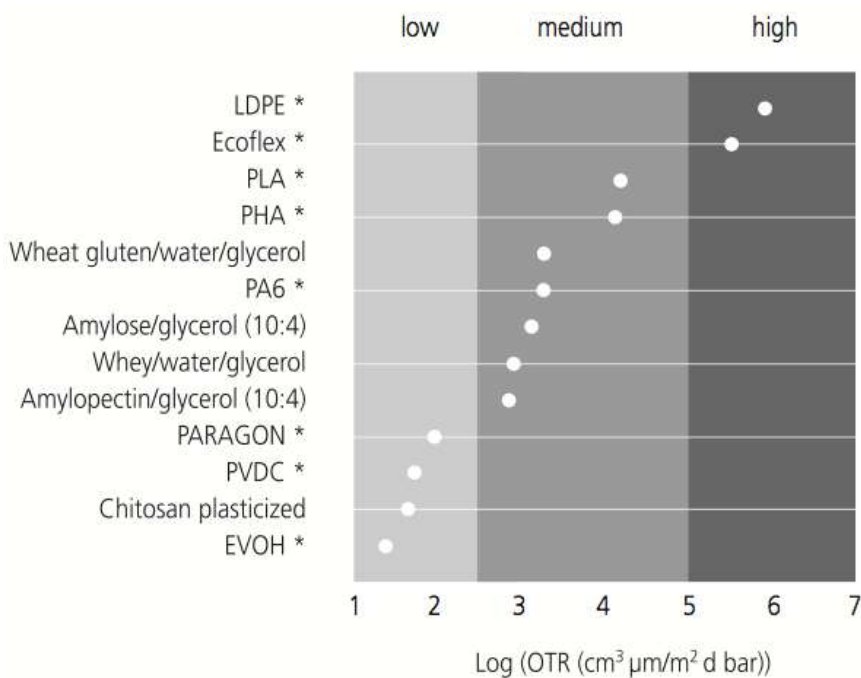
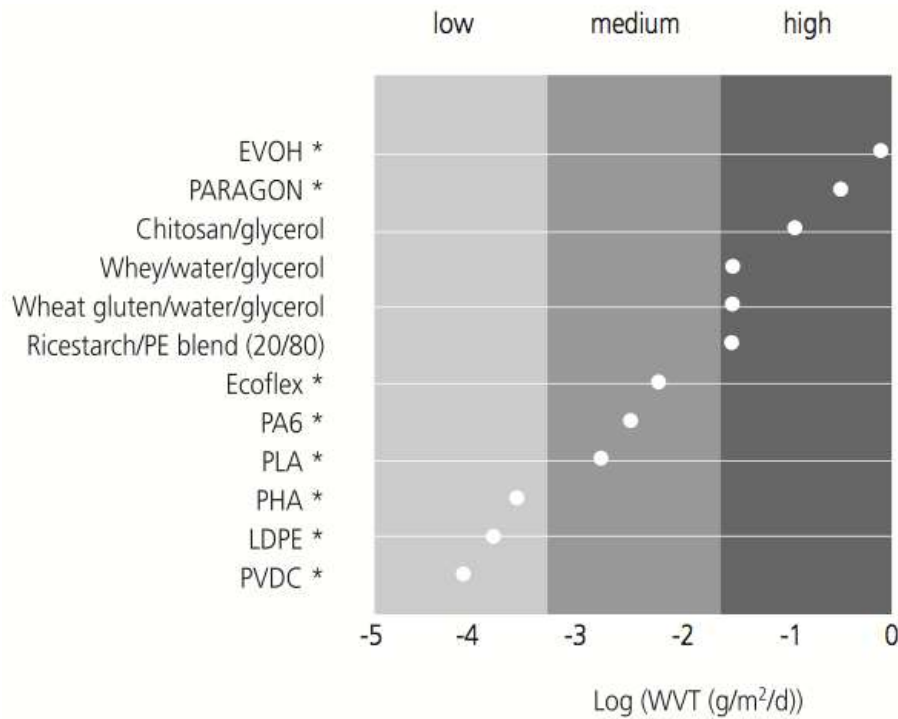


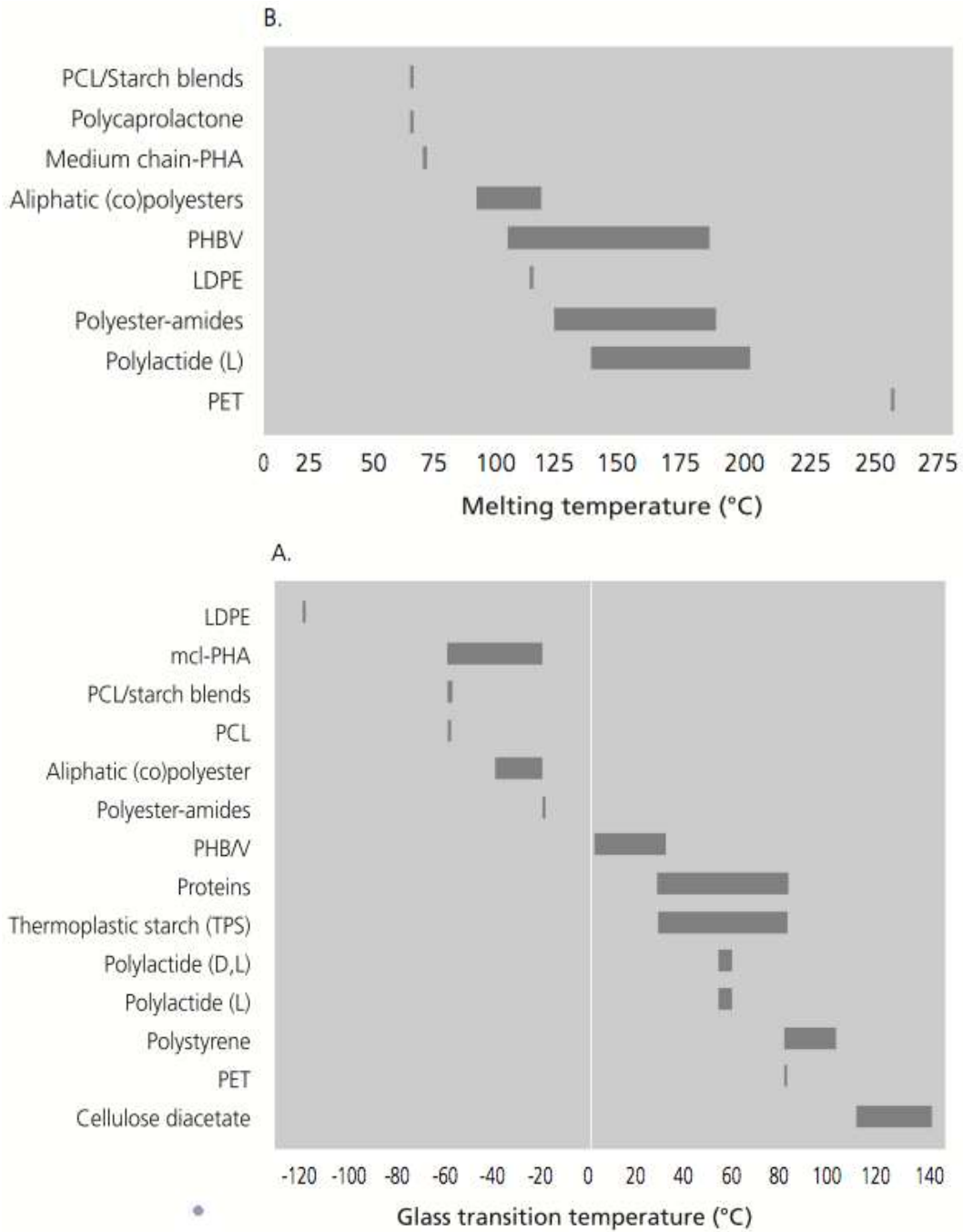
Ilustración 8. Comparison of oxygen permeability of biobased materials compared to conventional mineral-oil-based materials. Permeability of materials marked with \* was measured by ATO, Wageningen, NL (23°C, 50% RH), information on other materials is based on literature (Rindlav-Westling et al., 1998; Butler et al., 1996). (Weber , 2000)

En la ilustración 37 se observa otro estudio, este se trata de la transmisión de vapor de agua de los materiales, por lo que se observa que el PLA y el PHA, son de baja transmisión de vapor de agua.

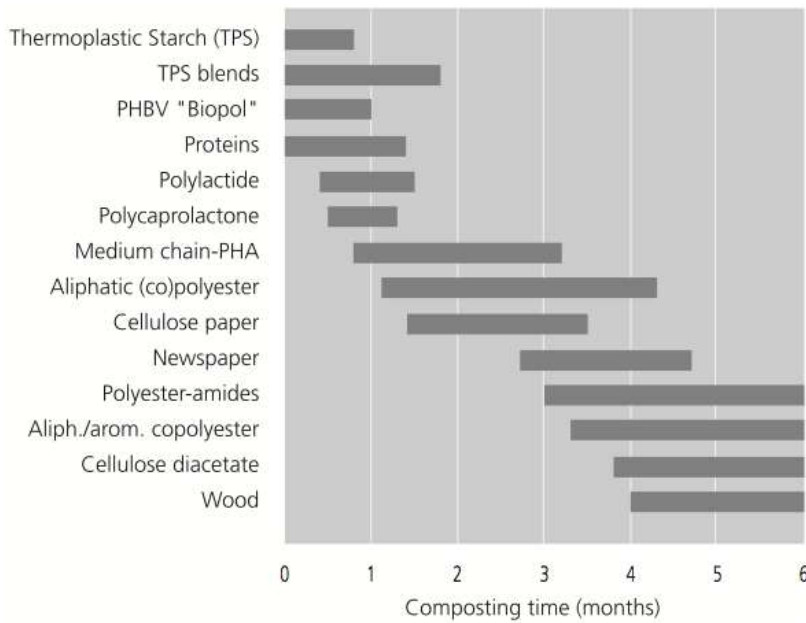


**Ilustración 9. Water vapour transmittance of biobased materials compared to conventional packaging materials based on mineral oil. Water vapour transmittance of materials marked with \* was measured by ATO (Wageningen, NL) at 23°C, 50% RH. Transmittance of other materials are based on literature and measured at same conditions (Rindlav-Westling et al., 1998; Butler et al., 1996). (Weber , 2000)**

En la ilustración 39 se muestran otras propiedades importantes para la selección del material que son las propiedades térmicas, como son la temperatura Tg y Temperatura de Fusión, muy importantes para la producción de estos empaques. De igual forma se muestra



**Ilustración 10. Comparison of the thermal properties of biobased polymers with conventional polymers. (All data is from company information) (Weber , 2000)**



**Ilustración 11. Indication of the time required for composting of various biobased and synthetic polymeric materials. Measurements of composting times were performed at ATO. The durations presented in this figure are based on an intermediate level of technology as observed in actively aerated and mechanically turned hall composting (Weber , 2000)**

A continuación se muestran más ilustraciones donde se muestran tablas de comparación de propiedades de PHA y PLA

	PLA Dow-Cargill (NatureWorks)	PHBV Monsanto (Biopol D400G) HV=7 mol%	PCL Solway (CAPA 680)	PEA Bayer (BAK 1095)	PBSA Showa (Bionolle 3000)	PBAT Eastman (eatar bio 14766)
Density.	1.25	1.25	1.11	1.07	1.23	1.21
Melting point, in °C (DSC)	152	153	65	112	114	110-115
Glass transition, in °C (DSC)	58	5	-61	-29	-45	-30
Cristallinity (in %)	0-1	51	67	33	41	20-35
Modulus, in MPa (NFT 51-035)	2050	900	190	262	249	52
Elongation at break, in % (NFT 51-035)	9	15	>500	420	>500	>500
Tensile stress at break or max., in MPa (NFT 51-035)	-	-	14	17	19	9
Biodegradation* Mineralization in %	100	100	100	100	90	100
Water permeability WVTR at 25 °C (g/m <sup>2</sup> /day)	172	21	177	680	330	550
Surface tension** (g) in mN/m. gd (Dispersive component) gp (Polar component)	50 37 13	- - -	51 41 11	59 37 22	56 43 14	53 43 11

(\*) At 60 days in controlled composting according to ASTM 5336.  
(\*\*) Determinations from contact angles measurements of probes liquids

**Ilustración 12. Propiedades de bioplásticos y plásticos de origen fósil (Averous, 2009)**





Table 2-20: Comparison of properties for PLA and branched PHA copolymers (P&G, 2002)

PLA	PHA (Nodax <sup>®</sup> )
<b>Physical properties</b>	
often amorphous	semicrystalline
transparent	usually opaque
brittle, hard, stiff	tough, ductile
use temperature <60 °C	use temperature <120 °C
<b>Degradation Mechanisms</b>	
hydrolytic attack	enzymatic digestion
not directly biodegradable	rapid biotic degradation
temperature, pH, and moisture effect	aerobic or anaerobic conditions
spontaneous degradation	relatively stable in ambient conditions
<b>Processability</b>	
quick quench	slow crystallisation
fibre spinning	films, fibres

Ilustración 13. Comparación de propiedades de PLA y PHA (Crank & Patel, 2005)

Table 2-8: Properties of PLA

	NatureWorks <sup>®</sup> PLA <sup>1</sup>	Biomer <sup>®</sup> L9000 <sup>2</sup>
<b>Physical properties</b>		
Melt flow rate (g/10 min)	- <sup>a</sup>	3-6
Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.25	1.25
Haze	2.2	
Yellowness index	20-60	
<b>Mechanical properties</b>		
Tensile strength at yield (MPa)	53 <sup>3</sup>	70
Elongation at yield (%)	10-100 <sup>3</sup>	2.4
Flexular Modulus (MPa)	350-450	3600
<b>Thermal properties</b>		
HDT (°C)	40-45, 135 <sup>d</sup>	
VICAT Softening point (°C)	- <sup>e</sup>	56
GTT (°C)	55-65	
Melting point (°C)	120-170 <sup>f</sup>	

<sup>1</sup>Data not otherwise referenced obtained from Cargill Dow (2003);

<sup>2</sup>Biomer (2003);

<sup>3</sup>Brandrup (1999), p.163;

<sup>4</sup>Woodings (2000).

<sup>5</sup>Due to PLA's moisture sensitivity, a more accurate test RV t-test method 4.3-2.4;

<sup>6</sup>Oriented and sheet respectively, non-blended;

<sup>c</sup> close to GTT;

<sup>d</sup>amorphous and crystalline respectively.

Ilustración 14. Propiedades de PLA dependiendo como la empresa 32 (Crank & Patel, 2005)



Table 2-19: Properties of PHAs

	P(3HB) (Biomer <sup>®</sup> P240) <sup>1</sup>	P(3HB) (Biomer <sup>®</sup> P226) <sup>1</sup>	P(3HB-co- 3HV) (Biopol <sup>®</sup> ) <sup>2</sup>	P(3HB-co-3HHx) (Kaneka, Nodax <sup>®</sup> ) <sup>3</sup>
<b>Physical properties</b>				
Melt flow rate (g/10 min)	5-7	9-13		0.1-100
Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.17	1.25	1.23-1.26	1.07-1.25
Transparency (%)			0.7	white powder / translucent film
<b>Mechanical properties</b>				
Tensile strength at yield (MPa)	18-20	24-27		10-20
Elongation at yield (%)	10-17	6-9		10-25
Flexular Modulus (MPa)	1000-1200	1700-2000	40	several orders of magnitude
<b>Thermal properties</b>				
HDT (°C)	-	-		60-100
VICAT Softening point (°C)	53	96		60-120

<sup>1</sup> (Biomer, 2003)

<sup>2</sup> (Metabolix, 2003); (Asrar, 2001);

<sup>3</sup> (P&G, 2003)

Ilustración 15. Propiedades de PHA dependiendo de su polimerización (Crank & Patel, 2005)



## Anexo I: Bioplásticos en América

A partir del 2009 en América se empezó a incrementar el mercado de bioplásticos, y se debió a que grandes proveedoras de bioplásticos han comenzado a incluir a América Latina en sus planes de comercialización. Por lo que esto beneficia al abasto de bioplásticos en la región de Latinoamérica

Al ser aplicados los bioplásticos principalmente en la parte Europea, se tenía pensado que este mercado lo tenía dominado por algunas compañías transformadoras en Europa y Estados Unidos, pero a partir del 2009, América Latina a entrado fuerte al mercado de bioplásticos teniendo como principales productores a Argentina, Colombia, Chile, México y Brasil son los mercados más dinámicos en la región, (Ortega Leyva , 2009)

Empresas como la consultora Fredonia Group realizaron un estudio de mercado en el 2008, Una proyección de mercado, publicada por la firma consultora Freedonia Group en noviembre de 2008, las mejores oportunidades de aplicación de los bioplásticos estarán en los empaques, gracias a la dm donde el resultado más disponibilidad y alta competitividad que han alcanzado polímeros como el ácido poli láctico (PLA). La consultora asegura que la demanda estadounidense de polímeros naturales crecerá 7,1 por ciento al año hasta 2012. En América Latina también comienza a ser evidente el interés en bioplásticos, biodegradables compostables por parte de los transformadores de plástico, de los consumidores finales de los envases y, sobre todo, de los productores de materias primas.

Actualmente, algunos de los proveedores que han entrado en el mercado de los bioplásticos siendo líder son empresas como la empresa 32, 33, 9 y 14, entre otras, a través de oficinas propias, representaciones o mediante la designación de un gerente encargado, permite que empresas transformadoras de plástico tengan la posibilidad de aplicar este nuevo Bioplásticos en sus productos comerciales, si no antes realizando pruebas y ensayos, como los que se ha realizado con la **E.C.**



Hablemos de proveedores: La empresa 32, en tres países

Con presencia en México desde hace cuatro años, en Colombia desde finales de 2008 y en Brasil oficialmente desde julio pasado, empresa32 le apuesta al mercado latinoamericano.

Actualmente, la empresa 32 atiende al mercado mexicano de forma directa y a través de su representante PromaPlast SA de CV, con sede en Ciudad de México.

La empresa 32 que actualmente tiene en venta su línea de productos Ingeo 3801X, para moldeo por inyección de productos de duración media. La nueva tecnología de resina compuesta permite la producción de piezas inyectadas con estabilidad dimensional térmica de hasta 120°C, resistencia al impacto Izod mayor a 106.8 J/m (2 ft-lb/in) y módulo de aproximadamente 3100 MPa (450000 psi). El tiempo de ciclo de inyección es comparable al de resinas de estireno, siendo Ingeo una opción competitiva en costos, baja en carbono y de buen desempeño. (Ortega Leyva , 2009)

La empresa 32 ofrece las resinas Ingeo para cubrir tres frentes principalmente: Extrusión de lámina rígida para termoformación; inyección-soplado y extrusión-soplado, e inyección en general. De lo anterior no permitirá seleccionar el mejor proceso de transformación para el empaque resellable, así como una mejor manipulación del Bioplásticos

En Brasil, el mercado comenzó a ser atendido por la empresa 8 de Brasil a mediados del 2009.

Algo importante de que hay que mencionar es que en Latinoamérica es un mercado con bastante sensibilidad al costo. Esto se ve reflejado ya que el costo del PLA puede tener una diferencia de precios de entre un 20% a un 30% del PET tradicional, esto en el 2009, se pronostica que para años posteriores con la alza en los precios de los derivados del petróleo hay llegado cambiar

Algo importante por lo que Los bioplásticos han incrementado su producción es por la parte de innovación y el beneficio ambiental que con el trae, aunque más adelante se detallara, se puede adelantar que los Bioplásticos son fabricados a



partir de recursos renovables y que durante su producción se consumen menos energía, se generan menos gases de efecto invernadero y que al final de su vida útil pueden ser transformados mediante la aplicación de una composta

Otros biodegradables de fuentes renovables tocan la puerta

"Existe una necesidad global que conduce a industrias y empresas a operar de modo cada vez más sustentable. Por medio de un empaque biodegradable unimos la característica saludable de la línea Cyclus con la responsabilidad ambiental", destaca Adalgiso Telles, director corporativo de la empresa 27. Antes de salir al mercado, el empaque fue certificado y evaluado por instituciones como ANVISA (Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria) y CETEA (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de embalagem) del Instituto de Tecnología de AlimentosITAL, según normas nacionales e internacionales de biodegradación y compostabilidad. (Ortega Leyva , 2009)

La empresa 14, de Alemania, ha desarrollado un amplio rango de plásticos biodegradables, fabricados a partir de recursos renovables. El grado Bioflex está dirigido a aplicaciones de extrusión y el grado biodegradable a aplicaciones de moldeo por inyección. "Varios clientes en América Latina han ensayado nuestros productos para diversas aplicaciones, desde bolsas hasta envases de alimentos, pero aún están en fase de ensayo y homologación", comentó Sandra Pazes, gerente de ventas para España, Portugal y América Latina. (Ortega Leyva , 2009)





## Anexo J: Ficha Técnica de PLA

### Injection Molding Process Guide

Ingeo biopolymer 3052D, a NatureWorks LLC product, is designed for injection molding applications where the requirements are clarity with heat deflection temperatures lower than 120°F (49°C). See table at right for typical properties.

#### Applications

The variety of products made with Ingeo 3052D continues to grow rapidly. Applications include cutlery, cups, plates and saucers, and outdoor novelties, and this is just the beginning.

#### Processing Information

3052D resin can be processed on conventional injection molding equipment. The material is stable in the molten state, provided that proper drying procedures are followed. Mold flow is highly dependent on melt temperature. It is recommended to balance screw speed, back pressure, and process temperature to control melt temperature. Injection speed should be medium to fast.

#### Process Details<sup>(1)</sup>

##### Startup and Shutdown

Ingeo biopolymer 3052D is not compatible with a wide variety of resins and special purging sequence should be followed:

1. Clean extruder and bring temperatures to steady state with low-viscosity, general-purpose polystyrene or polypropylene.
2. Vacuum and wipe out hopper system to avoid contamination.
3. Introduce 3052D biopolymer into the extruder at the operating conditions used in Step 1.
4. Once 3052D has completely purged the system, reduce barrel temperatures to desired set points.
5. At shutdown, purge machine with high-viscosity polystyrene or polypropylene.

#### Typical Material & Application Properties<sup>(1)</sup>

Physical Properties	Ingeo Resin	ASTM Method
Specific Gravity	1.24	D752
MFR, g/10 min (210°C, 2.16kg)	14	D1238
Relative Viscosity	3.3	
Crystalline Melt Temperature (°C)	145-160	D3418
Glass Transition Temperature (°C)	55-60	D3418
Clarity	Transparent	
Mechanical Properties		
Tensile Yield Strength, psi (MPa)	9,000 (62)	D638
Tensile Elongation, %	3.5	D638
Notched Izod Impact, ft-lb/in (J/m)	0.3 (16.0)	D256
Flexural Strength (MPa)	15,700 (108)	D790
Flexural Modulus (MPa)	515,000 (3600)	D790
Heat Distortion Temperature (°C)	55	E2092

(1) Typical properties; not to be construed as specifications.

(3) Detailed Purging recommendations available at [natureworksllc.com](http://natureworksllc.com)

#### Processing Temperature Profile<sup>(1)</sup>

Melt Temperature	390°F	200°C
Feed Throat	70°F	20°C
Feed Temperature	330°F	166°C
Compression Section	380°F	195°C
Metering Section	400°F	205°C
Nozzle	400°F	205°C
Mold	75°F	25°C
Screw Speed	100-175 rpm	
Back Pressure	50-100 psi	3.5-6.9 bar
Mold Shrinkage	.004 in/in	+/- .001

(1) These are starting points and may need to be optimized. For thin walled molding temperatures up to 450°F may be required.

1/3

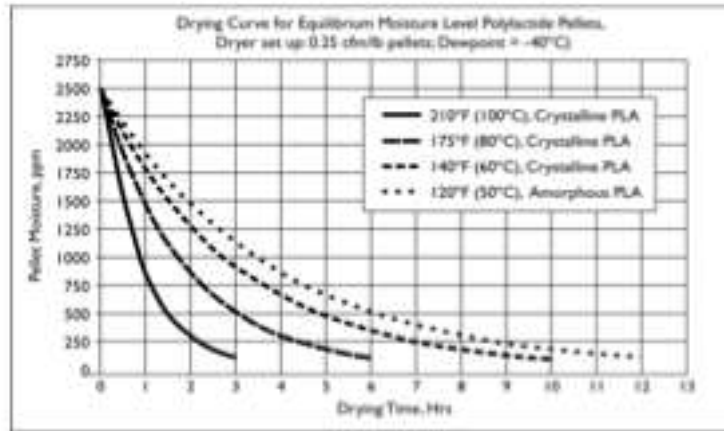
Ilustración 16. Ficha Técnica de PLA 1/3 (Compañía32, Fecha de consulta Abril 2011)



**Drying**

In-line drying is recommended for Ingeo resins. A moisture content of less than 0.025% (250 ppm) is recommended to prevent viscosity degradation. Polymer is supplied in foil-lined boxes or bags dried to <400 ppm when packaged. The resin should not be exposed to atmospheric conditions after drying. Keep the package sealed until ready to use and promptly dry and reseal any unused material. The drying curves for both amorphous and crystalline resins are shown to the right. It is important to consider accurate initial moisture, when calculating necessary drying time.

Note: Amorphous polymer must be dried below 120F (50C).



2/3

Ilustración 17. Ficha técnica 2/3 de PLA de INGENO 3152D (Compañía32, Fecha de consulta Abril 2011)

**Compostability**

Composting is a method of waste disposal that allows organic materials to be recycled into a product that can be used as a valuable soil amendment. Ingeo biopolymer is made of polylactic acid, a repeating chain of lactic acid, which undergoes a 2-step degradation process. First, the moisture and heat in the compost pile attack the polymer chains and split them apart, creating smaller polymers, and finally, lactic acid. Microorganisms in compost and soil consume the smaller polymer fragments and lactic acid as nutrients. Since lactic acid is widely found in nature, a large number of organisms metabolize lactic acid. At a minimum, fungi and bacteria participate in this degradation process. The end result of the process is carbon dioxide, water and also humus, a soil nutrient. This degradation process is temperature and humidity dependent. Regulatory guidelines and standards for composting revolve around four basic criteria: Material Characteristics, Biodegradation, Disintegration, and Ecotoxicity. Description of the requirements of these testing can be found in the appropriate geographical area: DIN V 54900-1 (Germany), EN 13432 (EU), ASTM D 6400 (USA), GreenPla (Japan). This grade of Ingeo biopolymer meets the requirements of these four standards with limitation of maximum thickness 3.2mm.

**Food Packaging Status**

**U.S. Status**

On January 3, 2002 FCN 000178 submitted by LLC to FDA became effective. This effective notification is part of list currently maintained on FDA's website at

<http://www.cfsan.fda.gov/~dms/opa-fcn.html>.

This grade of Ingeo biopolymer may therefore be used in food packaging materials and, as such, is a permitted component of such materials pursuant to section 201(s) of the Federal, Drug, and Cosmetic Act, and Parts 182, 184, and 186 of the Food Additive Regulations. All additives and adjuncts contained in the referenced Ingeo biopolymer formulation meet the applicable sections of the Federal Food, Drug, and Cosmetic Act. The finished polymer is approved for all food types and B-H use conditions. We urge all of our customers to perform GMP (Good Manufacturing Procedures) when constructing a package so that it is suitable for the end use. Again, for any application, should you need further clarification, please do not hesitate to contact LLC.

**European Status**

This grade of Ingeo biopolymer complies with Commission Directive 2002/72/EC as amended by 2004/19/EC, 2005/79/EC, 2007/19/EC, 2008/39/EC, and 2009/975/EC. No SML's for the above referenced grade exist in Commission Directive 2002/72/EC or as amended by 2004/19/EC, 2005/79/EC, 2007/19/EC, 2008/39/EC, and 2009/975/EC.

LLC would like to draw your attention to the fact that the EU-Directive 2002/72/EC, which applies to all EU-Member States, includes a limit of 10 mg/dm2 of the overall migration from finished plastic articles into food. In accordance with EU-Directive 2002/72/EC the migration should be measured on finished articles placed into contact with the foodstuff or appropriate food simulants for a period and at a temperature which are chosen by reference to the contact conditions in actual use, according to the rules laid down in EU-Directives 83/8/EEC (amending 82/711/EEC) and 85/572/EEC.

Please note that it is the responsibility of both the manufacturers of finished food contact articles as well as the industrial food packers to make sure that these articles in their actual use are in compliance with the imposed specific and overall migration requirements.

This grade as supplied meets European Parliament and Council Directive 94/62/EC of 20 December 1994 on packaging and packaging waste heavy metal content as described in Article 11. It is recoverable in the form of material recycling, energy recovery, composting, and biodegradable per Annex II point 3, subject to the standards of the local community. Again, for any application, should you need further clarification, please do not hesitate to contact LLC.

**Bulk Storage Recommendations**

The resin silos recommended and used by LLC are designed to maintain dry air in the silo and to be isolated from the outside air. This design would be in contrast to an open, vented to atmosphere system that we understand to be a typical polystyrene resin silo. Key features that are added to a typical (example: polystyrene) resin silo to achieve this objective include a cyclone and rotary valve loading system and pressure vessel relief valves. The dry air put to the system is sized to the resin flow rate out of the silo. Not too much dry air would be needed and there may be excess instrument air (-30°F dew point) available in the plant to meet the needs for dry air. Our estimate is 10 scfm for a 20,000 lb/hr rate resin usage. Typically, resin manufacturers specify aluminum or stainless steel silos for their own use and avoid epoxy-lined steel.

3/3

Ilustración 18. Ficha técnica 3/3 de PLA INGENO 3152D (Compañía32, Fecha de consulta Abril 2011)



## Anexo K: Metodología para la Obtención de Tolerancias y Ajustes

En la Ilustración 48 se muestran los valores fundamentales en micras para cada una de las dieciocho calidades y para cada uno de los trece grupos de dimensiones de la serie principal.

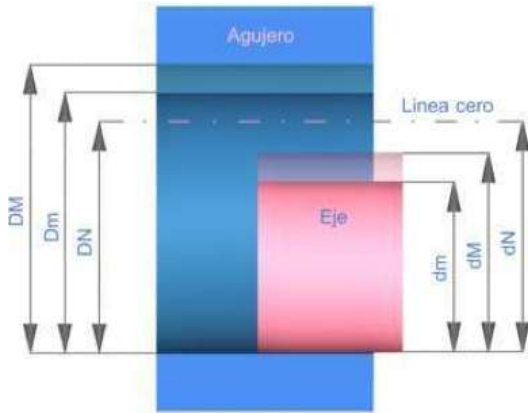
Grupos de Diámetros (mm)	CALIDADES																	
	IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
$d \leq 3$	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
$3 < d \leq 6$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
$6 < d \leq 10$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
$10 < d \leq 18$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
$18 < d \leq 30$	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
$30 < d \leq 50$	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
$50 < d \leq 80$	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
$80 < d \leq 120$	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
$120 < d \leq 180$	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
$180 < d \leq 250$	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
$250 < d \leq 315$	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
$315 < d \leq 400$	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
$400 < d \leq 500$	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000
	Ultraprecisión		Calibre y piezas de gran precisión			Piezas o elementos destinados a ajustar							Piezas o elementos que no han de ajustar					

Ilustración 19. Valores numéricos de amplitudes de zonas de tolerancia (IIMPI, 2011)

Con la tabla valores numéricos de amplitudes de zonas de tolerancias podremos obtener los valores para la calidad de las tolerancias, para esto se tomara una calidad de IT4, ya que se necesita que, que no sea de gran precisión pero tenga buena tolerancia para cumplir su función.

Para poder obtener estas tolerancias debemos tomar en cuenta las siguientes graficas de posición de zona de tolerancia, las cuales están respecto a la Línea Cero que se muestra en la Ilustración 49





**Ilustración 20. Diagramas de agujeros y ejes (IIMPI, 2011)**

Se definen mediante unas letras (mayúsculas para agujeros y minúsculas para ejes), según se muestra a continuación:

Agujeros: A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H, J, Js, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC

EJES : a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h, j, js, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc.

En la tabla I se muestran las diferencias fundamentales para ejes expresadas en micras. La diferencia fundamental es igual a la superior “ds” para las posiciones a hasta h, y la inferior para las posiciones j hasta zc. La otra diferencia fundamental se puede calcular a través de las relaciones:

$$di = ds - t \quad \text{ó} \quad ds = di + t$$

En la tabla II se muestran las diferencias fundamentales para agujeros expresadas en micras. La diferencia fundamental es la inferior “Di” para las posiciones A hasta H, y la superior para las posiciones J hasta ZC. La otra diferencia fundamental se puede calcular a través de las relaciones:

$$Ds = Di + T \quad \text{ó} \quad Di = Ds - T$$

En lo que son los agujeros se uso la letra **A** permitiendo un ajuste mayor al eje y el eje con un **h**.

Con lo anterior podemos mostrar las siguientes tablas



SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE UN EMPAQUE SUSTENTABLE



Posición	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	j	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc										
Calidad	Todas las calidades											5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Diferencia fundamental	Diferencia superior ds											Diferencia inferior di																									
053	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	-	+18	-	+20	-	+26	+32	+40	+60							
34510	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	-2	-4	-	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	-	+23	-	+28	-	+35	+42	+50	+80							
64510	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-16	-13	-8	-5	0	-2	-5	-	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	-	+28	-	+34	-	+42	+52	+67	+97							
104514	-290	-150	-95	-	-50	-32	-	-16	-	-6	0	-3	-6	-	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	-	+33	-	+40	-	+50	+64	+90	+130							
144518																																					
184524	-300	-160	-110	-	-65	-40	-	-20	-	-7	0	-4	-8	-	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	-	+41	+47	+54	+63	+73	+96	+136	+198							
244530																																					
304540	-310	-170	-120	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0	-5	-10	-	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	-	+48	+55	+64	+75	+88	+115	+160	+218							
404550	-320	-180	-130	-	-90	-60	-	-30	-	-10	0	-6	-12	-	+3	0	+11	+20	+30	+39	+49	-	+54	+62	+72	+84	+99	+129	+176	+244							
504565	-340	-190	-140	-	-100	-70	-	-35	-	-12	0	-7	-14	-	+4	0	+13	+24	+35	+45	+56	-	+60	+69	+80	+93	+111	+144	+192	+264							
654580	-360	-200	-150	-	-110	-80	-	-40	-	-14	0	-8	-16	-	+5	0	+15	+27	+39	+50	+62	-	+65	+75	+87	+101	+121	+156	+208	+288							
8045100	-380	-220	-170	-	-120	-92	-	-45	-	-16	0	-9	-18	-	+6	0	+17	+30	+43	+55	+68	-	+70	+81	+94	+110	+132	+168	+224	+304							
10045120	-410	-240	-180	-	-130	-104	-	-50	-	-18	0	-10	-20	-	+7	0	+19	+33	+47	+59	+72	-	+73	+85	+100	+120	+144	+180	+240	+320							
12045140	-460	-260	-200	-	-140	-116	-	-55	-	-20	0	-11	-22	-	+8	0	+21	+36	+51	+63	+76	-	+76	+89	+105	+126	+150	+180	+240	+320							
14045160	-520	-280	-210	-	-145	-95	-	-43	-	-14	0	-11	-18	-	+5	0	+15	+27	+43	+55	+68	-	+68	+81	+98	+118	+140	+170	+220	+290							
16045180	-580	-310	-230	-	-155	-105	-	-47	-	-16	0	-12	-20	-	+6	0	+17	+30	+47	+59	+72	-	+72	+85	+102	+120	+140	+170	+220	+290							
18045200	-660	-340	-240	-	-165	-115	-	-51	-	-18	0	-13	-22	-	+7	0	+19	+33	+51	+63	+76	-	+76	+89	+105	+126	+150	+180	+240	+320							
20045225	-740	-380	-260	-	-175	-125	-	-55	-	-20	0	-14	-24	-	+8	0	+21	+36	+55	+67	+80	-	+78	+91	+108	+126	+140	+170	+220	+290							
22545250	-820	-420	-280	-	-185	-135	-	-59	-	-22	0	-15	-26	-	+9	0	+23	+39	+59	+71	+84	-	+81	+94	+110	+126	+140	+170	+220	+290							
25045280	-920	-460	-300	-	-195	-145	-	-63	-	-24	0	-16	-28	-	+10	0	+25	+42	+63	+75	+88	-	+84	+97	+114	+130	+140	+170	+220	+290							
28045315	-1050	-540	-330	-	-205	-155	-	-67	-	-26	0	-17	-30	-	+11	0	+27	+45	+67	+79	+92	-	+87	+100	+118	+130	+140	+170	+220	+290							
31545355	-1200	-600	-360	-	-215	-165	-	-71	-	-28	0	-18	-32	-	+12	0	+29	+48	+71	+83	+96	-	+91	+104	+120	+130	+140	+170	+220	+290							
35545400	-1350	-680	-400	-	-225	-175	-	-75	-	-30	0	-19	-34	-	+13	0	+31	+51	+75	+87	+100	-	+95	+108	+126	+130	+140	+170	+220	+290							
40045450	-1500	-760	-440	-	-235	-185	-	-79	-	-32	0	-20	-36	-	+14	0	+33	+54	+79	+91	+104	-	+99	+112	+126	+130	+140	+170	+220	+290							
45045500	-1650	-840	-480	-	-245	-195	-	-83	-	-34	0	-21	-38	-	+15	0	+35	+57	+83	+95	+108	-	+103	+116	+130	+130	+140	+170	+220	+290							

Para la posición js, di = -IT/2 y ds = IT/2

Ilustración 21. Diferencias fundamentales para ejes (en micras)



Posición	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Js
Calidad	Todas las calidades											
Diámetro	Diferencia inferior Di											
d 3	270	140	80	34	20	14	10	6	4	2	0	
3 d 6	270	140	70	46	30	20	14	10	6	4	0	
6 d 10	280	150	80	56	40	25	18	13	8	5	0	
10 d 18	290	150	95		50	32		16		6	0	
18 d 30	300	160	110		65	40		20		7	0	
30 d 40	310	170	120		80	50		25		9	0	
40 d 50	320	180	130									
50 d 65	340	190	140		100	60		30		10	0	
65 d 80	360	200	150									
80 d 100	380	220	170		120	72		36		12	0	
100 d 120	410	240	180									
120 d 140	460	260	200									
140 d 160	520	280	210		145	85		43		14	0	
160 d 180	580	310	230									
180 d 200	660	340	240									
200 d 225	740	380	260		170	100		50		15	0	
225 d 250	820	420	280									
250 d 280	920	480	300		190	110		56		17	0	
280 d 315	1050	540	330									
315 d 335	1200	600	360		210	125		62		18	0	
335 d 400	1350	680	400									
400 d 450	1500	760	440		230	135		68		20	0	
450 d 500	1650	840	480									

Posición	J			K			M			N			P								
Calidad	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	9	5	6	7	8	9				
Diámetro	Diferencia superior Ds																				
d 3	2	4	6	0	0	0	0	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	6	6	6	6
3 d 6	5	6	10	0	2	3	5	3	1	0	2	4	7	5	4	2	0	11	9	8	12
6 d 10	5	8	12	1	2	5	6	4	3	0	1	6	8	7	4	3	0	13	12	9	15
10 d 18	6	10	15	2	2	6	8	4	4	0	2	7	9	9	5	3	0	15	15	11	18
18 d 30	8	12	20	1	2	6	10	5	4	0	4	8	12	11	7	3	0	19	18	14	22
30 d 40	10	14	24	2	3	7	12	5	4	0	5	9	13	12	8	3	0	22	21	17	26
40 d 50																					
50 d 65	13	18	28		4	9	14	6	5	0	5	11	15	14	9	4	0	27	26	21	32
65 d 80																					
80 d 100	16	22	34	2	4	10	16	8	6	0	6	13	18	16	10	4	0	32	30	24	37
100 d 120																					
120 d 140																					
140 d 160	18	26	41	3	4	12	20	9	8	0	8	15	21	20	12	4	0	37	36	28	43
160 d 180																					
180 d 200																					
200 d 225	22	30	47	2	5	13	22	11	8	0	9	17	25	22	14	5	0	44	41	33	50
225 d 250																					
250 d 280	25	36	55	3	5	16	25	13	9	0	9	20	27	25	14	5	0	49	47	36	56
280 d 315																					
315 d 335	29	39	60	3	7	17	28	14	10	0	11	21	30	26	16	5	0	55	51	41	62
335 d 400																					
400 d 450	33	43	66	2	8	18	29	16	10	0	11	23	33	27	17	6	0	61	55	45	68
450 d 500																					

Ilustración 22. Diferencias fundamentales para agujeros (en micras) (IIMPI, 2011)

El agujero que se uso son el agujero del anillo actuador que tiene 2.6[mm] de diámetro, por lo que si usamos la calidad de IT4 nos daría de 3  $\mu$  ósea T=0.003[mm]

En la tabla de tolerancia para agujeros, entramos con la cota nominal  $\varnothing$ 2.6, la letra A y se obtiene:



**$D_i = 270\mu = 0.270 \text{ mm.}$**

*Determinación de  $D_s$*

*Del esquema, se sabe:  $T = D_s - D_i$ , luego despejamos  $D_s$   $D_s = T + D_i$  y reemplazamos los valores obtenidos y tenemos:*

$D_s = 0.003 + 0.270 = 0.273 \text{ mm.}$

*Determinación del diámetro menor:*

*Del esquema se sabe:  $C_{mín} = CN + D_i$ , pero  $CN = 2.6$  y  $d_i = 0.270 \text{ mm.}$*

*Se tiene:  $C_{mín} = CN + D_i = 2.6 + 0.270 = 2.87 \text{ mm.}$*

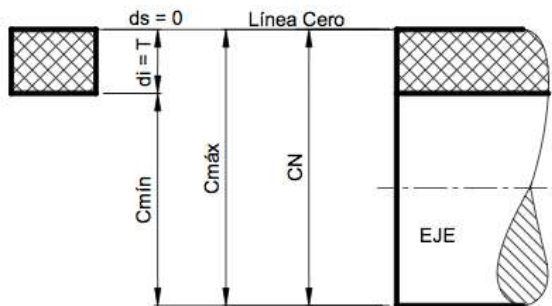
**$C_{mín} = C_m = 2.87 \text{ mm.}$**

*Determinación del diámetro mayor: Del esquema, tenemos:  $C_{máx} = CN + D_s$   
 $C_{máx} = CN + D_s = 2.6 + 0.273 \text{ mm} = 2.873 \text{ mm.}$*

**$C_{máx} = C_M = 2.873 \text{ mm.}$**

Para el Eje

Tomaremos una  $h$ , para la cual sea lo más uniforme, para lo cual se realiza la representación gráfica de ejes, para la posición de la letra  $h$ , se hace el siguiente esquema:



*Del esquema se obtiene:*

*Que  $ds = 0$ , entonces*

*$c_{máx} = c_M = CN$ .  $c_{mín} = c_m = CN - d_i$*



$$T = di$$

Determinando la tolerancia de la tabla de grados de calidad ISO, para IT4 y  $\varnothing 2.5$ , se obtiene:

*Del esquema se sabe:  $cm_{\text{máx}} = CN = 2.5 \text{ mm}$ .*

*Ya que  $ds = 0$*

$$**$cm_{\text{máx}} = CM = 2.6 \text{ mm}$**$$

$$cm_{\text{mín}} \quad di = T \quad cm_{\text{máx}}$$

$$CN_{cm_{\text{mín}}} = CN - di = 2.6 - 0.003 = 2.597 \text{ mm}.$$

$$**$cm_{\text{mín}} = cm = 2.597 \text{ mm}$**$$



## Anexo L: Control Estadístico del Proceso

### Tolerancias estadísticas para ensambles

En los procesos de manufactura cuando están en un control estadístico y se permite aceptar una tasa de defectos en fracciones pequeñas en dimensión general del ensamble, las tolerancias de los componentes como es el caso del diafragma pueden hacerse mucho más amplias bajo la filosofía de diseño del peor de los casos. Este enfoque estadístico es usado para establecer tolerancias para ensambles, el cual se basa en la siguiente relación entre la desviación estándar de las dimensiones del ensamble y las desviaciones estándar de las dimensiones de los componentes:

$$\sigma_a^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2$$

Donde n es el número de componentes

Si las tolerancias en los componentes individuales se establecen en determinado múltiplo de sus desviaciones estándar respectivamente (por ejemplo si usamos un  $6\sigma$ ) (Rodríguez Tarango, 2010) y es conveniente establecer la tolerancia en el ensamble usando el mismo múltiplo, entonces

$$T_a = \sqrt{\sum_{i=1}^n T_i^2}$$

en donde

$T_a =$  Tolerancias de las dimensiones del ensamble

$T_i =$  Tolerancias de las dimensiones de los componentes individuales

n= número de componentes

Las ecuaciones de tolerancias estadísticas bajo un control estadístico se basan en 3 supuestos que son :



- Su comportamiento es una distribución normal
- Las distribuciones son independientes
- La muestra es totalmente aleatoria

### Control Estadístico de Proceso

El proceso estadístico es una filosofía de la optimización referida a la mejora continua de proceso, implicando el uso de métodos estadísticos para valorar y analizar las variaciones en un proceso. Los métodos del CEP incluyen mantener registros de los datos de la producción, histogramas, análisis de capacidad de proceso y gráficas de control, estas últimas de mayor uso. (Rodríguez Tarango, 2010)

Existen dos tipos básicos de diagramas de control

Graficas de control por variables: requieren UNA medición de la característica de calidad que interesa

Graficas de control por atributos: son requeridas cuando se quiere la determinación de si una pieza tiene defectos o cuantos defectos hay en la muestra

En el caso de este proyecto lo que nos interesa no es una sola una medición si no es son varias mediciones, como es el caso en que tuviera defectos en medidas o algun defectos por en la producción

Algunos de los posibles diagramas de control pueden ser tales como la fracción o porcentaje de unidades defectuosas en la producción (P), el número de unidades defectuosas en la producción (NP), el número de defectos por unidad producida (U), y el número de defectos de todas las unidades producidas (C). (Rodríguez Tarango, 2010)

Tenemos dos opciones a la hora de realizar un gráfico de control por atributos:

1. Podemos comparar un producto con un estándar y clasificarlo como defectuoso o no (gráficos P y NP)



2. En el caso de productos complejos, la existencia de un defecto no necesariamente conlleva a que el producto sea defectuoso. En tales casos, puede resultar conveniente clasificar un producto según el número de defectos que presenta (gráficos C y U).

Es importante notar que los gráficos P, NP, y U permiten trabajar con muestras de tamaños diferentes, mientras que los gráficos C están diseñados para muestras de igual tamaño.

A continuación se muestran las formulas de calculo para medias y limites de variabilidad como se ve en la ilustracion 51

	UNIDADES NO CONFORMES	INCONFORMIDADES
NÚMERO subgrupos del mismo tamaño	Gráfica 'np' $\bar{n}\bar{p} = \frac{\sum np}{k}$ $LV = \bar{n}\bar{p} \pm 3\sqrt{\bar{n}\bar{p}\left(1 - \frac{\bar{n}\bar{p}}{n}\right)}$	Gráfica 'c' $\bar{c} = \frac{\sum c}{k}$ $LV = \bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$
PROPORCIÓN subgrupos de diferente tamaño	Gráfica 'p' $\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}$ $LV = \bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{\bar{n}}}$	Gráfica 'u' $\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n}$ $LV = \bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}}$

Ilustración 23. Formulas para gráficos por atributos (Rodriguez Tarango, 2010)





## Anexo M: Prueba en Envases

Actualmente existen empresas certificadoras de calidad de envases, en las cuales comprueban si el envase es realmente idóneo para el producto o si responderá a diferentes aplicaciones de uso y consumo. (Vidales Giovanneti , 2007)

A continuación se mencionan algunas de las pruebas más importantes y los principales materiales a los que se aplican.

NOMBRE DE LA PRUEBA	MATERIALES A SER APLICADOS
Dimensiones	Todos los envases
Resistencia al impacto	Todos los envases
Resistencia al impacto para corrugados y cajas plegadizas	Cartón y Plástico
Tensión y elongación para películas flexibles y laminaciones	Papel, películas plásticas, Polipropileno, PET, Aluminio, Polietileno de Alta y Baja Densidad
Compresión	Cartón, envases de plástico, latas de aluminio, algunos frascos y botellas de vidrio
Rasgado	Papel, plásticos, películas flexibles
Rigidez	Cartón, envases de aluminio, envases rígidos y semirrígidos de plástico
Transmisión de vapor de agua	Cartón para alimentos secos y congelados



Transmisión de gases	Laminaciones y coextrusiones plásticas, vidrio y metales
Compresión para corrugados y envases de plástico	Cartón y plásticos
Resistencia al plegado para laminados, papeles y películas flexibles	Laminaciones de películas flexibles, papeles y aluminio
Permeabilidad a la grada para películas flexibles, laminados y papeles	
Transparencia para películas flexibles	Solo materiales flexibles a la luz
Dirección del material para papel, etiquetas y cajas plegadizas	Todos los materiales
Absorción de agua para etiquetas y cajas plegadizas o corrugados	Todos los materiales
Monómero residual para envases de plástico que contendrán bebidas o alimentos	Todos los materiales
Vacío y colapsamiento para envases de plástico	Todos los materiales
Coefficiente de fricción para laminación	Todos los materiales
Porosidad para papel y etiquetas	Todos los materiales
Color para etiquetas, cajas plegadizas, tapas, envases de plástico y laminaciones	Todos los materiales
Torque	Todos los materiales



Viscosidad	Todos los materiales
Abrasión	Todos los materiales
Choque térmico para envases de vidrio	Todos los materiales
Recocido para envases de vidrio	Todos los materiales
Pruebas de transporte	Todos los materiales
Acondicionamiento	Todos los materiales
Caída	Todos los materiales
Filtración	Todos los materiales
Resistencia a la humedad	Todos los materiales
Presión hidrostática	Todos los materiales
Compresión y apilamiento	Todos los materiales
Vibración	Todos los materiales
Consideraciones generales para la realización de pruebas con envases	Todos los materiales

**Tabla 1. Listas de pruebas a envases (Vidales Giovanneti , 2007)**