

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN EQUIPO DE
MEDICIÓN DE PERMEABILIDAD AL OXÍGENO PARA
ENVASES FLEXIBLES”**

TESIS

PRESENTADA POR:

**DANTE ANTONIO CANAHUA SAGUA
RONALD ROJAS MACHACA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

PROMOCIÓN: 2010 – II

PUNO – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE PERMEABILIDAD AL OXÍGENO PARA ENVASES FLEXIBLES”

TESIS PRESENTADA POR:
DANTE ANTONIO CANAHUA SAGUA
RONALD ROJAS MACHACA



PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 26-07-2017

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE : [Signature]
M. Sc. Pablo PARLHUARCA

PRIMER MIEMBRO : [Signature]
M. Sc. Florentino V. CHOQUEHUANCA CACERES

SEGUNDO MIEMBRO : [Signature]
Ing. Marienela CALSIN CUTIMBO

DIRECTOR : [Signature]
Dr. Alejandro COLOMA PAXI

Área: Ingeniería y tecnología
Tema: Propiedades físicas y estructurales

DEDICATORIA

A nuestros queridos padres por su sacrificio y apoyo incondicional durante el proceso de formación profesional.

A todos los lectores quienes difunden el conocimiento.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos de todo corazón a nuestros padres por este logro personal y por todo el sacrificio.

A nuestra alma mater la Universidad Nacional del Altiplano, a la Facultad de Ciencias Agrarias y a nuestra Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por habernos acogido en sus aulas, laboratorios, centros de elaboración y producción.

A todos los catedráticos de la Universidad Nacional del Altiplano, quienes compartieron sus valiosos conocimientos, experiencias y valores humanos en nuestra formación profesional.

A todos nuestros compañeros de estudios y amigos, con quienes compartimos nuestra vida universitaria, quienes nos alentaron, acompañaron en momentos difíciles y gratos, a las personas q nos inspiraron a ser mejor persona.

Nuestra sincera gratitud al director de la presente tesis de investigación al Dr. Alejandro COLOMA PAXI, por su apoyo incondicional en el proceso de elaboración del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	12
I. INTRODUCCIÓN.....	14
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO	15
2.2. SECTORES DE APLICACIÓN	16
2.3. LOS ENVASES	17
2.3.1. IMPORTANCIA DEL ENVASE	18
2.3.2. CARACTERÍSTICAS DEL ENVASE	19
2.3.3. FUNCIONES DEL ENVASE	19
2.3.4. TIPOS DE ENVASES	21
2.3.5. INTERACCIÓN ALIMENTO/ ENVASE	26
2.3.6. ENVASES PARA ALIMENTOS.....	26
2.4. PRINCIPALES MATERIALES PLÁSTICOS UTILIZADOS EN LA AGROINDUSTRIA	28
2.4.1. Polietileno	28
2.4.2. Polipropileno.....	31
2.4.3. Poliestireno	32
2.4.4. Celulosa Regenerada	33

2.5. PROPIEDADES GENERALES DE LOS PLÁSTICOS EN LA

AGROINDUSTRIA 33

2.5.1. Resistencia a la tensión 33

2.5.2. Resistencia al rasgado 33

2.5.3. Resistencia al impacto 34

2.5.4. Rigidez 34

2.5.5. Estabilidad térmica 34

2.5.6. Resistencia a la humedad 35

2.5.7. Elongación 35

2.5.8. Dureza 35

2.5.9. Elasticidad 35

2.5.10. Estabilidad dimensional 36

2.5.11. Deslizamiento 36

2.5.12. Permeabilidad al aceite y la grasa 37

2.5.13. Opacidad y brillo de la superficie 37

2.5.14. Inflamabilidad 37

2.5.15. Propiedades de Barrera 38

2.6. PERMEABILIDAD DE MATERIALES DE ENVASES UTILIZADOS

EN LA AGROINDUSTRIA 39

2.6.1. Mecanismos de Permeabilidad 39

2.6.2. Factores que afectan la permeabilidad 42

2.6.3. Métodos para determinación de la permeabilidad 46

III. MATERIALES Y MÉTODOS	48
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	48
3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	48
3.3. MATERIALES, EQUIPO Y SOFTWARES	48
3.3.1. Materiales:	48
3.3.2. Equipo:.....	49
3.3.3. Software:.....	49
3.4. METODOLOGÍA DEL PROCESO EXPERIMENTAL	49
3.4.1. PROCESO	50
3.5. FACTORES DE ESTUDIO	52
3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS	55
Concentración de Oxígeno (ppm)	55
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	55
Para todos los análisis de Varianza:.....	56
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	57
4.1. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO	57
4.2. EFECTO DEL TIEMPO Y MATERIAL EN LA TRANSMISIÓN DE OXÍGENO.....	57
4.3. EFECTO DE LA TEMPERATURA Y MATERIAL EN LA TRANSMISION DE OXÍGENO.....	60

4.4. EFECTO DE LA PRESIÓN Y EL MATERIAL EN LA TRANSMISION DE OXÍGENO	61
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES.....	64
BIBLIOGRAFÍAS	65
ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades de los polímeros.....	30
Tabla 2. Propiedades mecánicas de los materiales plásticos.....	38
Tabla 3. Permeabilidad de los principales polímeros comerciales.	47
Tabla 4. Prueba de concentración de oxígeno para los tiempos.	58
Tabla 5. Prueba de concentración de oxígeno para los materiales con respecto al tiempo.....	59
Tabla 6. Prueba de concentración de oxígeno para los materiales con respecto a la temperatura.	60
Tabla 7. Prueba de concentración de oxígeno para las presiones.	61
Tabla 8. Prueba de concentración de oxígeno para los materiales con respecto a la presión.	62
Tabla 9. Característica del polietileno de baja densidad.....	69
Tabla 10. Característica del polietileno de alta densidad.....	69
Tabla 11. Característica del polipropileno.	69
Tabla 12. Concentración de oxígeno (ppm) con el factor tiempo y tipo de material.....	70
Tabla 13. Concentración de oxígeno (ppm) con el factor temperatura y tipo de material.....	70
Tabla 14. Concentración de oxígeno (ppm) con el factor Presión y tipo de material.....	70
Tabla 15. Análisis de varianza. Variable dependiente: concentración de oxígeno (ppm).	71

Tabla 16. Análisis de varianza. Variable dependiente: concentración de oxígeno (ppm).	71
Tabla 17. Análisis de varianza. Variable dependiente: concentración de oxígeno (ppm).	71
Tabla 18. Resultados de la tasa de permeabilidad de los distintos materiales.	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de plásticos.	16
Figura 2. Principales sectores de aplicación de plásticos.....	16
Figura 3. Principales plásticos en la industria del envasado y embalaje.....	19
Figura 4. Polímeros utilizados en la fabricación de envases.....	24
Figura 5. Consumo de mercado de los materiales envasados.	27
Figura 6. Plásticos empleados en el sector envasado y embalaje de alimentos.	28
Figura 7. Envases de PEBD para productos congelados.....	29
Figura 8. Envases de leche fabricados con PEAD.	30
Figura 9. Principales aplicaciones del polietileno.....	31
Figura 10. Envases de PP para alimentos.....	32
Figura 11. Transporte de masa de moléculas a través de un film plástico	41
Figura 12. Efectos de las interacciones en los caminos de difusión.	44
Figura 13. Permeabilidad al oxígeno en función de la T°.	45
Figura 14. Permeabilidad al oxígeno en función de la humedad.	46
Figura 15. Diagrama de flujo para la construcción y evaluación del equipo de medición de permeabilidad al oxígeno.....	50
Figura 16. Diagrama del equipo para determinar los valores de permeabilidad en envases flexibles.....	51
Figura 17. Incremento de la concentración de O ₂ con respecto a los tiempos y los tipos de materiales.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. CARACTERÍSTICAS DE LAS PELÍCULAS EVALUADAS.....	69
ANEXO 2. DATOS RECOLECTADOS CON EL EQUIPO DE PERMEABILIDAD	70
ANEXO 3. TABLAS DE ANÁLISIS DE VARIANZA	71
ANEXO 4. DETERMINACIÓN DE LA TASA DE PERMEABILIDAD Y PERMEABILIDAD	72
ANEXO 5. PANEL FOTOGRAFICO	73
ANEXO 6. MANUAL DEL SENSOR ME2-O2.....	76
ANEXO 7. HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL NITRÓGENO	79
ANEXO 8. MANUAL DE MANEJO DEL EQUIPO DE PERMEABILIDAD	86
ANEXO 9. PLANOS DE LA CÁMARA DEL EQUIPO DE PERMEABILIDAD	88

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de permeabilidad en envases flexibles (Polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad y el polipropileno), con respecto al tiempo, temperatura y presión. En todas las evaluaciones se utilizó tres variables experimentales: El tiempo (60, 180, y 360 minutos), la temperatura (12, 17 y 22 ° C) y la presión (640, 645 y 650 milibares). Los resultados con respecto al tiempo, afectaron significativamente en el nivel de permeabilidad del oxígeno, en los tres tipos de materiales, resultando que a menor tiempo (60 minutos) el nivel de permeabilidad es baja y el material menos permeable es el polipropileno con un nivel de permeabilidad de 3.72 (ppm), mientras que el PEBD tiene un valor de 6.30 (ppm) y el PEAD con un valor de 4.69 (ppm) respectivamente. Los resultados con respecto a la temperatura son similares en comparación al tiempo en donde a medida que aumenta la temperatura el nivel de permeabilidad se incrementa en los tres tipos de materiales, el Polipropileno es menos permeable con un valor de 0.02 (ppm) mientras el PEAD tiene un valor de 0.14 (ppm) y el PEBD con un valor de 0.19 (ppm), respectivamente. Los resultados con respecto a la Presión tienen un comportamiento similar a los otros factores (tiempo y temperatura), donde a medida que aumenta la presión el nivel de permeabilidad se incrementa en los tres tipos de materiales, el Polipropileno es menos permeable con un valor de 0.01 (ppm) mientras el PEAD tiene un valor de 0.09 (ppm) y el PEBD con un valor de 0.16 (ppm), respectivamente. En conclusión, los niveles de permeabilidad de los tres tipos de envases son directamente dependientes del tiempo, la temperatura y la presión.

Palabra clave: permeabilidad, tiempo, temperatura y presión.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effects of permeability in flexible containers (low-density polyethylene, high-density polyethylene and polypropylene), with respect to time, temperature and pressure. In all evaluations, three experimental variables were used: time (60, 180, and 360 minutes), temperature (12, 17 and 22 ° C) and pressure (640, 645 and 650 millibars). The results with respect to time significantly affected the oxygen permeability level in all three types of materials, resulting in a lower permeability level (60 minutes) and the less permeable material being polypropylene with one level Of permeability of 3.72 (ppm), while LDPE has a value of 6.30 (ppm) and HDPE with a value of 4.69 (ppm) respectively. The results with respect to temperature are similar in comparison to the time in which as the temperature increases the permeability level increases in all three types of materials, Polypropylene is less permeable with a value of 0.02 (ppm) while HDPE has a value of 0.14 (ppm) and LDPE with a value of 0.19 (ppm), respectively. The results with respect to Pressure have a similar behavior to the other factors (time and temperature), where as the pressure increases the level of permeability increases in all three types of materials, Polypropylene is less permeable with a value of 0.01 (ppm) while the HDPE has a value of 0.09 (ppm) and the LDPE with a value of 0.16 (ppm), respectively. In conclusion, the permeability levels of the three types of containers are directly dependent on time, temperature and pressure.

Key words: permeability, time, temperature and pressure.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años el consumidor ha desarrollado una tendencia marcada por los productos envasados, y en consecuencia es importante conocer la estimación de la permeabilidad del oxígeno en un envase fabricado a partir de un material homogéneo en composición y espesor, ya que estas determinan la calidad y vida útil del producto envasado. El envase juega múltiples roles respecto del producto que contiene, lo protege de roturas, derrames, contaminación con microorganismos, permite su transporte y distribución.

En la región Puno el consumo de productos procesados y envasados se incrementa, y es importante mencionar que, debido al auge del internet y el desarrollo de nuevas tecnologías, el envase se ha convertido en una plataforma más para acercarse al consumidor. Por lo que es necesario determinar la permeabilidad del oxígeno en los envases utilizados en la industria alimentaria.

Por lo tanto, en la investigación se han trazado los siguientes objetivos:

- Construir un equipo de medición de permeabilidad al oxígeno O_2 para envases flexibles.
- Evaluar el efecto del tiempo en los valores de permeabilidad al oxígeno O_2 de envases flexibles en un equipo con sistema LabView.
- Evaluar el efecto de la temperatura en los valores de permeabilidad al oxígeno O_2 de envases flexibles en un equipo con sistema LabView.
- Evaluar el efecto de la presión en los tipos de envases flexibles en los valores de permeabilidad al oxígeno O_2 en un equipo con sistema LabView.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO

Los plásticos se han convertido en parte esencial de nuestra vida moderna. En la segunda mitad del siglo XX los plásticos se convirtieron en uno de los materiales universalmente utilizados con múltiples propósitos, influyendo de manera directa en la economía mundial.

La industria del plástico ha experimentado una gran expansión desde el año 1950 hasta la actualidad. Su crecimiento ha sido continuo durante más de 50 años. De 2009 a 2011, la producción mundial de plásticos aumentó en 15 millones de toneladas (6%), desde 250 hasta 265 millones, lo que confirmó la tendencia a largo plazo del crecimiento de la fabricación de plásticos, casi un 5% anual durante las dos últimas décadas. A partir del 2012 el crecimiento fue más modesto comparado con los años anteriores, debido un decrecimiento del 3% en Europa provocado por la crisis económica, además de la competencia de una industria que está en constante crecimiento e inclinada hacia los países asiáticos (Yam, 2009).

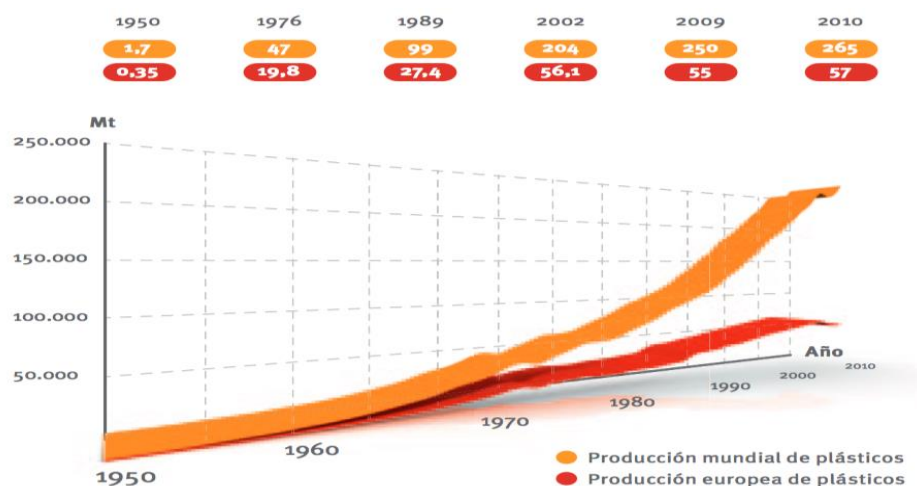


Figura 1. Producción mundial de plásticos (PEMRG, 2012).

2.2. SECTORES DE APLICACIÓN

La mayor demanda de plástico proviene del sector de envasado y embalaje representando 39.4 % de la demanda total, seguido por el sector construcción con un 20.3%, automoción 8.2%, eléctrica y electrónica 5.5%, agricultura 4.2% y otros 22.4% (deporte, ocio, seguridad, salud, industria mecánica, electrónica e industria del mueble) (Yam, 2009).

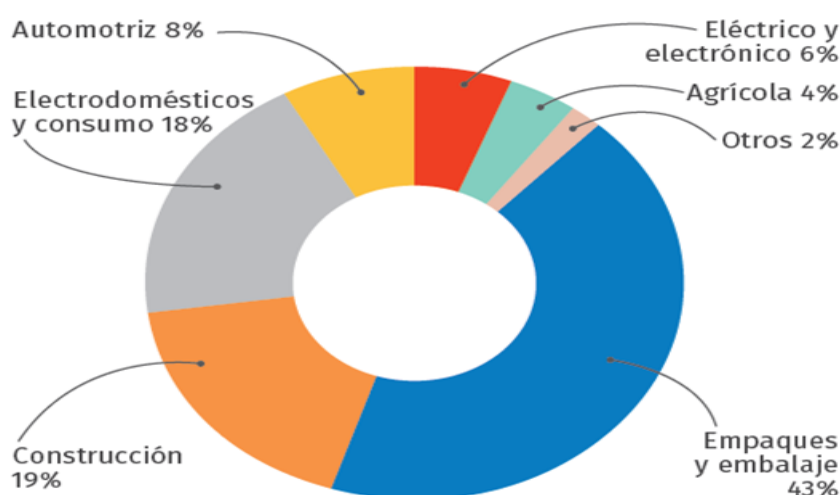


Figura 2. Principales sectores de aplicación de plásticos (PEMRG, 2012).

2.3. LOS ENVASES

Un envase es un producto que puede estar fabricado con una gran cantidad de materiales y que sirve para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías en cualquier fase de su proceso productivo, de distribución o de venta. Otra acepción lo señala como un sistema de protección fundamental de las mercancías que facilita su distribución, uso o consumo, y que al mismo tiempo hace posible su venta. Se podría decir que “el envase protege lo que vende y vende lo que protege”, además se le denomina el “vendedor silencioso”, por lo tanto el envase es un mensaje directo que el producto envía al consumidor (MINCETUR, 2009).

A continuación, varios autores definen al envase como:

- Un envase es un producto que puede estar fabricado de una gran cantidad de materiales y que sirve para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías en cualquier fase de su proceso productivo, de distribución o de venta (Leon, 2013).
- Se denomina envase al contenedor que está en contacto directo con el producto mismo. Su función es guardar, proteger, conservar e identificar el producto; también facilita su manejo y comercialización (INTI, 1012).
- La definición general de un envase corresponde a todo producto fabricado con diversos materiales, el cual es utilizado para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar en cualquier fase de la cadena de fabricación, distribución y consumo del producto. Son la única forma de contacto directo entre el productor y

el consumidor, permitiendo hacer llegar el producto en perfectas condiciones al consumidor (Quezada, 2013).

2.3.1. IMPORTANCIA DEL ENVASE

El envase es de suma importancia ya que es el artículo o materia que se encuentra en contacto directo con el producto. Es lo que el consumidor tendrá en sus manos antes de estar en contacto directo con el artículo que ha comprado. Se ve entonces que las propiedades de los envases están directamente relacionadas con aspectos mercadológicos y que a través de los envases se incrementa o no las posibilidades de que los productos se vendan (Leon, 2013).

Los plásticos han experimentado un gran crecimiento en la industria del envasado y embalaje. Actualmente predominan en el mercado frente a sus principales competidores: el vidrio, papel y metal, debido a que son menos costosos de fabricar y más ligeros, reduciendo costes en el transporte. Como ya se ha expuesto, los plásticos más utilizados en este sector industrial son: polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), polietiléntereftalato (PET), polipropileno (PP), poliestireno (PS) y policloruro de vinilo (PVC). En la siguiente figura, se exponen los porcentajes de uso de cada uno de ellos (Yam, 2009).

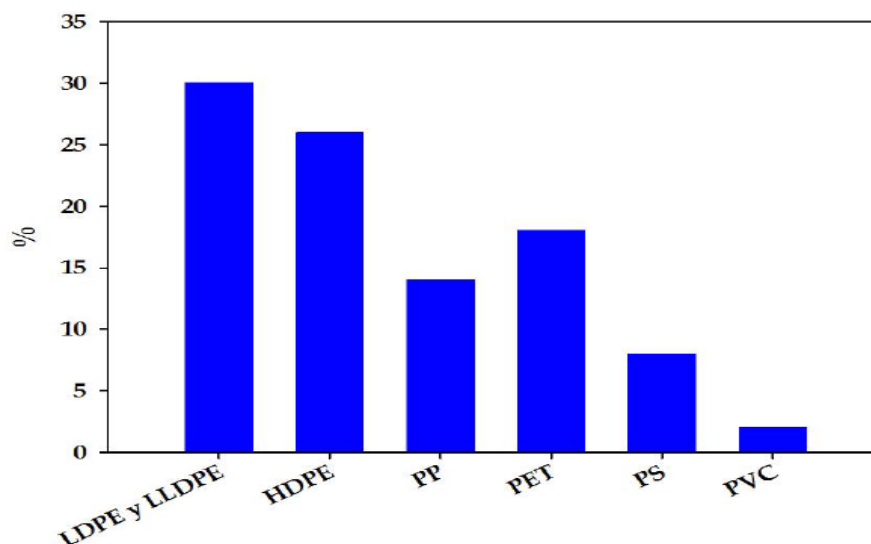


Figura 3. Principales plásticos en la industria del envasado y embalaje (PEMRG, 2008)

2.3.2. CARACTERÍSTICAS DEL ENVASE

Practicidad, beneficios saludables para el organismo y protección contra enfermedades, estos son los factores primordiales que el consumidor actual busca en los alimentos; y de esos mismos principios se nutren las últimas tendencias para el desarrollo de envases y embalajes orientados a los productos de consumo humano. En general, un envase debe contar con características como ser identificable, informativo, responsable, inmediato, funcional y confiable (Rodríguez, 2006).

2.3.3. FUNCIONES DEL ENVASE

Por la diversificación y nuestro sistema de vida, cada vez se buscan diferentes materiales de envasado. Pero además, la industria ha visto que el envase puede ser un elemento más que facilite la conservación del alimento, a esto se une el interés que suscita la seguridad alimentaria, lo que ha hecho que en el momento actual este tema sea centro de atención tanto de científicos como de industriales, administraciones y consumidores (Rodríguez, 2006).

Los envases de los alimentos tienen funciones importantes, como se muestra en la Figura 1, entre ellas están el contener y proteger a los alimentos, mantener la calidad sensorial y la seguridad de los mismos y dar información a los consumidores acerca de la composición del alimento (Robertson, 1993).

Según Cruz (2007), Finalmente, algo que poco a poco se ha convertido en exigencia por parte de los consumidores al recorrer los pasillos de los supermercados, es el constante cambio y renovación de los envases, ya que actualmente, para que un producto sea atractivo, el envase debe:

- Ser ligero pero a la vez resistente.
- Proteger el contenido pero este a su vez, debe ser visible.
- Tener impacto visual pero a bajo costo.
- Fácil acomodo en el anaquel pero innovativo.
- Seguro pero de fácil apertura.
- Ser de larga duración pero reciclable.
- De diseño sofisticado pero ergonómico.
- Tomar en cuenta que la imagen del envase refleja la calidad del producto.
- Tomar en cuenta que la imagen del envase, refleja la imagen de la compañía.
- El envase de calidad debe ser un envase ecológico.
- Proteger el alimento de las acciones físicas, químicas y microbiológicas

a. Función estructural

La función estructural es aquella característica que permite que el envase cumpla aspectos de durabilidad y resistencia a la manipulación. Se trata entonces de que el envase proporcione al producto la seguridad de que podrá llegar a destino sin ningún tipo de alteración física o química (Leon, 2013).

Todos los envases flexibles deben ser cerrados de alguna manera, y la gran mayoría lo son por termosellado. Este es el proceso en la cual una de las capas o laminas que forman el envase, se funde con la otra capa para producir la unión de sellado (Hoover, 2002).

b. Función Mercadológica o de comunicación

Es aquella característica del producto dispuesta de la manera más llamativa en el envase que permite establecer una diferencia en la compra, herramienta que ayuda a generar identidad de marca. Y la función más importante de los envases es la comunicación, a través de ella las empresas ofrecen a sus clientes las características de sus productos, de manera tal que hacen atractiva su compra (Leon, 2013).

2.3.4. TIPOS DE ENVASES

El incremento sistemático del consumo en los países causa el aumento de la cantidad de envases utilizados, lo que supone un peligro para el medio ambiente. El número de vertederos aumenta y los residuos que los llenan no se desintegran espontáneamente. Una significativa cantidad de estos residuos son envases de alimentos. Así pues, para una correcta selección de los mismos es necesario conocer

los diferentes tipos de materiales de envase utilizados actualmente. Los envases para alimentos y bebidas, en relación con las materias primas utilizadas para su producción, pueden clasificarse de la siguiente manera: metal, vidrio, plástico, papel y cartón y compuestos. Según Kaczmarek (2003), los tipos de materiales son:

a) *Envase de Vidrio*

Puede reciclarse múltiples veces sin perjuicio en sus propiedades mecánicas. Sin embargo, el procesado de vidrio necesita altas temperaturas, lo que supone un alto coste energético.

b) *Envases de metal (acero y aluminio)*

Es de alta barrera a los gases y al vapor de agua. Es un material relativamente caro. Puede reciclarse, pero con un elevado coste energético. Se emplea principalmente para la fabricación de latas, ya que el alimento contenido puede ser pasteurizado o esterilizado en su interior. Como es resistente a altas y bajas temperaturas, se utiliza como bandejas para platos preparados congelados, que posteriormente son calentados para su consumo.

c) *Envases de papel y cartón*

Son materiales baratos a base de celulosa, procedente de la madera. Los residuos de papel se pueden incinerar, con recuperación de energía. Son reciclados o biodegradados durante compostaje en el medio ambiente.

d) Envases de plástico

Los plásticos representan en la actualidad unos de los principales materiales para envase y embalaje, utilizados principalmente en forma de bolsas, botellas, frascos, tubos y cajas. Los plásticos tienen también otras aplicaciones en materia de envase y embalaje de transporte. Entonces se deduce que los plásticos son productos sintéticos hechos a partir del petróleo, carbón o gas natural. A pesar de las fluctuaciones en el precio del petróleo y, consecuentemente en las materias primas hechas a base de éste, que sirven como base en la conversión de plásticos, existirán otras aperturas al futuro, en cuestión de envasado y embalado. Gracias a su flexibilidad, plegabilidad, adaptabilidad y facilidad de manejo, los plásticos continuarán expandiéndose en el mercado.

d.1. Características

- Son baratos, tienen un bajo costo en el mercado.
- Tienen baja densidad.
- Existen plásticos permeables e impermeables.
- Son aislantes térmicos, aunque algunos no resisten temperaturas demasiado elevadas.
- Resistentes a la corrosión.
- No son biodegradables, su quema es muy contaminante.
- Son flexibles.

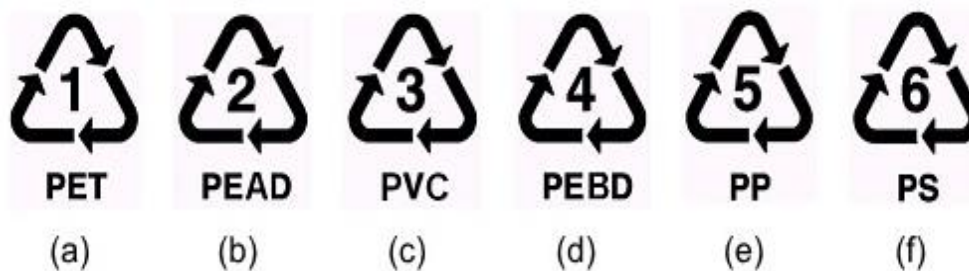


Figura 4. Polímeros utilizados en la fabricación de envases (Zalamea, 2003).

- | | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| (a) Polietilentereftalato. | (b) Polietileno de alta densidad. |
| (c) Policloruro de vinilo. | (d) Polietileno de baja densidad. |
| (e) Polipropileno. | (f) Poliestireno. |

d.2. Clasificación

Según la “*Guía de Envases y Embalajes*” del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2009); puede clasificarse a los materiales plásticos en varias categorías.

- Según el manómetro base; En esta clasificación se considera el origen del manómetro del cual parte la producción del polímero.
 - Naturales: Son los polímeros cuyos manómetros son derivados de productos de origen natural con ciertas características como, por ejemplo, la celulosa, la caseína y el caucho.
 - Sintéticos: Son aquellos que tiene origen en productos elaborados por el hombre principalmente derivados del petróleo.

- Según su comportamiento frente al calor.
 - Termoplásticos: Un termoplástico es un plástico el cual, a temperatura ambiente es plástico deformable, se derrite a un líquido cuando es calentado y se endurece en un estado vítreo cuando es suficientemente

enfriado. Sus propiedades físicas cambian gradualmente si se funden y se moldean varias veces.

- Termoestables: Los plásticos termoestables son materiales que una vez que han sufrido el proceso de calentamiento, fusión y formación-solidificación, se convierten en materiales rígidos que no vuelven a fundirse generalmente para su obtención se parte de un aldehído.

d.3. Denominación de los plásticos

Con la finalidad de facilitar el entendimiento de todos los plásticos, se han desarrollado abreviaturas estandarizadas, las más comunes son las siguientes (MINCETUR, 2009).

- PE: Polietileno.
- PEBD: Polietileno de baja densidad.
- PEMD: Polietileno de densidad media.
- PEAD: Polietileno de alta densidad.
- PET: Poliéster.
- PP: Polipropileno.
- PPO: Polipropileno orientado.
- PS: Poliestireno.
- PSO: Poliestireno orientado.
- PSE: Poliestireno expandido.
- SAN: Copolímero estireno acrilonitrilo.
- ABS: Copolímero acronitrilobutadeno estireno.
- PA: Poliamida.
- PVC: Policloruro de vinilo.

- PVDC: Policloruro de vinilideno (“Saran”).
- PVA: Poli acetato de vinilo (también denominado PVAC).
- PVAL: Poli alcohol vinílico.
- CMC: Carboxi metal celulosa.
- CA: Acetato de celulosa.
- EVA: Acetato de etileno y vinilo.
- TPX: Poli penteno.
- CAB: Butinato de celulosa y acetato.
- EC: Celulosa etílica.

2.3.5. INTERACCIÓN ALIMENTO/ ENVASE

La vida útil de los alimentos envasados en envases de materiales plásticos, está limitada básicamente por los fenómenos de transferencia de masa que pueden afectar la calidad y/o inocuidad del producto. La principal fuerza que dirige la transferencia de moléculas a través de un sistema de envasado es la tendencia del sistema al equilibrio de potencial químico (Hernández y Gavara, 1999).

2.3.6. ENVASES PARA ALIMENTOS

El envasado de alimentos hace nuestra vida más fácil; y para ello necesitamos envases que puedan contener los alimentos, protegerlos del medio ambiente externo y que permitan comunicar información a los consumidores sobre el contenido del envase. Siendo la contención la función más básica de un envase, cuya principal función es la de proteger el alimentos de la contaminación, de reacciones químicas indeseables, como también del daño físico (Brody, 2000).

Según estudios realizados por REXAM, empresa británica con presencia mundial dedicada a la fabricación de embalajes de consumo, la mayoría de los envases para alimentos son de materiales plásticos, debido a que presentan mayores ventajas, al ser comparados con otros tipos materiales empleados como el cartón, vidrio y metales (Figura 5). Esto se debe a que los plásticos son materiales muy versátiles, ya que son moldeables, permitiendo la fabricación de envases con diferentes formas, tamaños o incluso diseños, además de ser duraderos, resistentes a la corrosión, económicos, seguros y livianos (Marsh y Bugusu, 2007).

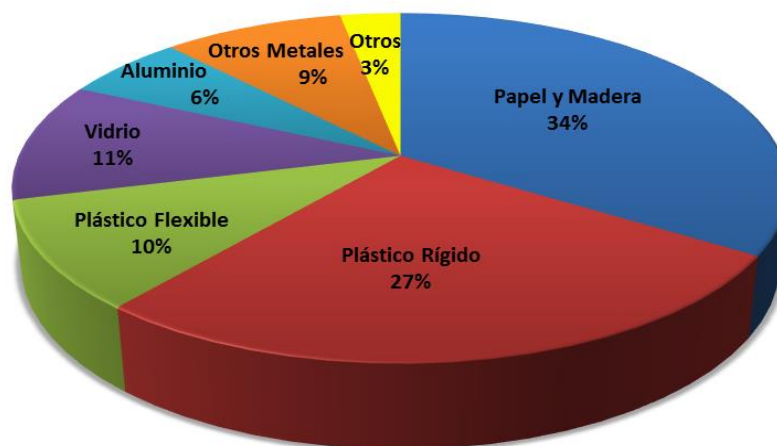


Figura 5. Consumo de mercado de los materiales envasados (REXAM, 2012).

Los materiales poliméricos más empleados en el sector envase y embalaje son en su gran mayoría: Polietileno de Baja Densidad (LDPE) (33%), Polietileno de Alta Densidad (HDPE) (22%), Polipropileno (PP) (19%), Tereftalato de Polietileno (PET) (11%), Poliestireno (PS) (8%), Policloruro de vinilo (PVC) (5%) y otros que se presentan en la Figura 6 (Piringer y Baner, 2008).

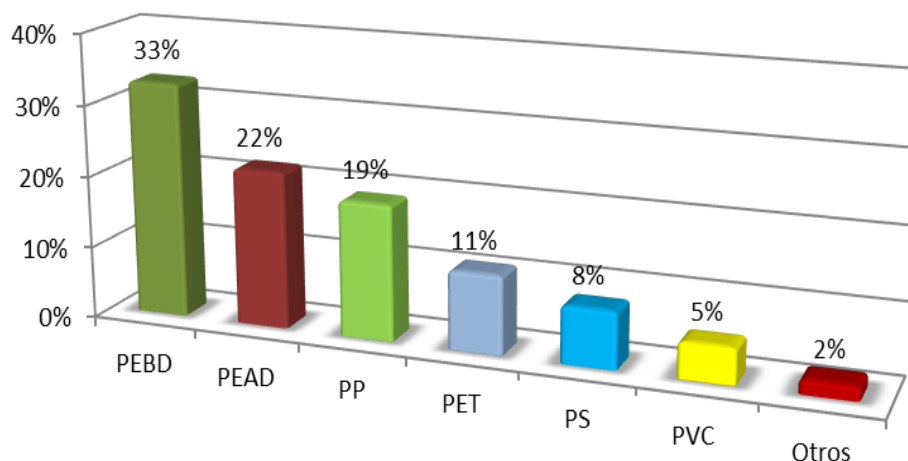


Figura 6. Plásticos empleados en el sector envasado y embalaje de alimentos (Piringer y Baner, 2008).

2.4. PRINCIPALES MATERIALES PLÁSTICOS UTILIZADOS EN LA AGROINDUSTRIA

2.4.1. Polietileno

Los polietilenos (PE) son polímeros termoplásticos, formados por la polimerización de etileno, y es el plástico más importante usado en envases y embalajes. Se clasifica en tres grupos principales:

- PEBD (polietileno de baja densidad): 0,910 a 0,925 g/cm³.
- PEMD (polietileno de densidad media): 0,926 a 0,940 g/cm³.
- PEAD (polietileno de alta densidad): 0,941 a 0,965 g/cm³.

El polietileno de baja densidad tiene una estructura ramificada, parcialmente cristalina y es termoplástico, es fabricado bajo altas condiciones de presión y temperatura mediante un proceso de polimerización por radical libre. El LDPE tiene

una baja cristalinidad entre 40 a 60% y consecuentemente una baja densidad entre 0.91 a 0.94 g/cm³. Las ramificación de las cadenas en el homopolímero de LDPE le brinda características deseables como: claridad, flexibilidad, sellabilidad, y fácil procesado. El real valor de todas estas propiedades depende del balance entre su peso molecular, su distribución del peso molecular y ramificaciones. El LDPE es muy versátil, se adapta a todo tipo de procesamiento de extrusión, inyección, etc.; siendo su mayor aplicación y el más utilizado en la producción de películas para empaques, bolsas, fundas, etc. El LDPE se caracteriza por su excelente flexibilidad, buena resistencia al impacto, maquinabilidad, resistencia a aceites, resistencia a químicos, sellabilidad al calor (Quintana et al., 2007).



Figura 7. Envases de PEBD para productos congelados (Galotto y Guarda, 2003).

El polietileno de alta densidad (PEAD) es más rígido y duro que el polietileno de baja densidad; posee alta resistencia al impacto. Es muy favorable al comportamiento de desgaste y frotamiento. Su punto de fusión es más alto que el PEBD. Tiene alto contenido cristalino.

Mayores propiedades de barrera a la humedad y gases que los otros polietilenos. Posee baja transparencia y menor resistencia a la luz solar. Es resistente a bajas

temperaturas. Liviano y no tóxico. Se utiliza en bolsas de asas, para basureros industriales, en sacos industriales, para cereales, envoltorios individuales de cajas de productos, cajas para transporte de botellas, botellas para leche, jugo y yogurt (Quezada, 2013).



Figura 8. Envases de leche fabricados con PEAD (Galotto y Guarda, 2003).

Las propiedades del PE varían de un fabricante a otro. Esas propiedades también varían con la clase del PE, según lo indica la tabla siguiente:

Tabla 1.
Propiedades de los polímeros.

Tipo de polietilenos (PE)	Humedad, índice de transmisión (g/100pulg ² / 24 h/ 1ml)	Transmisión de gases (cc/100 pulg ² / 24 h/ 1ml)		Resistencia a la ruptura (lb/pulg ² / 1ml)
		O ₂	CO ₂	
PEBD	1.4	500	1,350	1,700
PEMD	0.6	225	500	2,500
PEAD	0.3	125	350	4,000

Fuente: (ENVAPACK, 2000)

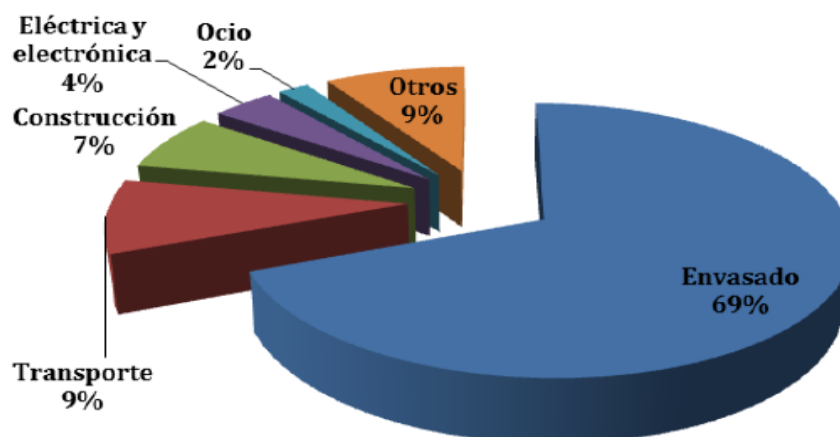


Figura 9. Principales aplicaciones del polietileno (PEMRG, 2012).

2.4.2. Polipropileno

El polipropileno (PP): Presenta excelente resistencia a las grasas. Es termosellable, Posee buenas propiedades mecánicas ya que es flexible y resistente a la fatiga cuando es flexionado. Tiene baja resistencia al impacto a bajas temperaturas. Alta propiedad de barrera frente a la humedad y aromas, pero permeable a los gases. Se esteriliza por calor (121-135°C). Es brillante y transparente en películas. No es tóxico. Posee excelentes propiedades eléctricas. Es químicamente inerte. Tiene poca resistencia a la radiación ultravioleta. Se utiliza en bolsas para cereales, snacks, pan, quesos, etiquetas para botellas; en envases para alimentos. La película de PPO puede manejarse con facilidad por numerosas máquinas de envasado, gracias a su estabilidad. Es perfectamente transparente e impermeable a la humedad y a la mayoría de los aromas (Quezada, 2013).

Cuando todos los grupos metilo están del mismo lado de la cadena se habla de "polipropileno isotáctico"; cuando están alternados a uno u otro lado, de "polipropileno sindiotáctico"; cuando no tienen un orden aparente, de "polipropileno atáctico". Las

propiedades del PP dependen enormemente de la tacticidad que presenten sus moléculas (Hernandez et al., 2000).



Figura 10. Envases de PP para alimentos (Galotto y Guarda, 2003).

2.4.3. Poliestireno

Posee brillo y transparencia. Es fácilmente moldeable por calor. Tiene elasticidad, cierta resistencia al ataque químico. Posee buena resistencia mecánica, térmica y eléctrica. Se utiliza ampliamente en productos refrigerados, bandejas para carnes, envases de productos lácteos, platos y vasos desechables (Quezada, 2013).

El poliestireno expandido (PSE) se produce mediante un tratamiento calorífico, especial sobre gránulos de PS. El vapor caliente causa que el pentano presente en el material se expanda y forme una estructura celular. El PSE sirve como material de relleno en el interior de embalajes que contienen objetivos delicados, el PSE se moldea alrededor del producto, para ajustarlo dentro del embalaje. También se usa ampliamente para la manufactura de charola para fruta, carne fresca, pescado húmedo, pasteles, galletas, huevos y otros (MINCETUR, 2009).

2.4.4. Celulosa Regenerada

La celulosa regenerada (celofán), conserva el liderazgo, entre los productos de materiales celulósicos utilizados con fines de envasado. El celofán fue, durante mucho tiempo, la película más usada para envase y explotada comercialmente en grandes cantidades (MINCETUR, 2009).

2.5. PROPIEDADES GENERALES DE LOS PLÁSTICOS EN LA AGROINDUSTRIA

2.5.1. Resistencia a la tensión

La resistencia a la tensión expresa la fuerza necesaria para la ruptura de un material al estirar una sección transversal dada del mismo. Las películas de poliéster o PPO tienen una resistencia a la tensión muy elevada, que normalmente excede los 400 kp/cm², el celofán puede alcanzar valores de más de 600 kp/cm², mientras que el PEBD ofrece una resistencia que oscila entre 100 kp/cm² y 200 kp/cm² (Guarda et al., 2009).

2.5.2. Resistencia al rasgado

La resistencia al rasgado constituye un factor importante, que determina directamente la utilización final de numerosas películas para envase y embalaje.

Ésta indica la facilidad de manejo de las películas en operaciones automáticas de máquina. Una baja resistencia al rasgado, algunas veces, resulta necesaria para ciertos embalajes como las bolsas de papas fritas. El PE ofrece una buena resistencia al rasgado, mientras que el acetato de celulosa y las películas de poliéster tienen una resistencia muy baja (Jenkins y Harrington, 1991).

2.5.3. Resistencia al impacto

La resistencia al impacto es una propiedad cuya determinación resulta útil, sobre todo en la fabricación de embalajes para productos pesados o de grandes contenedores que están sujetos a sufrir golpes durante las operaciones de transporte. El método de medición consiste en dejar caer un peso de una altura determinada sobre la película plástica y registrar la fuerza relativa necesaria para atravesar o rasgar el material (MINCETUR, 2009).

2.5.4. Rigidez

La rigidez es una propiedad significativa cuando se trata de películas plásticas que son manejadas en máquinas automáticas. También es importante en botellas y cualquier otro contenedor que requiera máxima resistencia a la compresión con un espesor mínimo de sus paredes. La rigidez se determina aplicando un peso a la película estirada y midiendo la tasa de deformación (Davies, 1996).

2.5.5. Estabilidad térmica

Una serie de factores están involucrados en la estabilidad térmica de los plásticos: El punto de ablandamiento, el cual corresponde a la temperatura a la que la estructura rígida de los termoplásticos empieza a romperse, se determina por una pequeña pieza de prueba, sometida a un calentamiento controlado, seguido por la medición de la temperatura a la cual, una aguja de un determinado peso, penetra en dicha pieza a la profundidad de un milímetro. La estabilidad física implica que la película conserva sus propiedades cuando es expuesta a cambios ambientales (Brown, 1992).

2.5.6. Resistencia a la humedad

La resistencia a la humedad es un factor de gran importancia en la elección del tipo de plástico que ha de utilizarse para el embalaje de numerosos productos. Algunos exigen una protección contra la humedad del aire, mientras que otros requieren envases y embalajes que impidan la evaporación de la humedad que contienen. Se utilizan varios métodos para calcular esa resistencia (Cruz, 2007).

2.5.7. Elongación

Elongación es la cantidad que puede estirarse de un material plástico sin que se fracture. Cuanto mayor sea el estiramiento del material antes de fallar, mayor será su absorción de impactos y menor la posibilidad de ruptura antes esfuerzos de tensión. Esta propiedad tiene importancia para numerosas aplicaciones, como por ejemplo, en bolsas y sacos de gran contenido (MINCETUR, 2009).

2.5.8. Dureza

La dureza del material plástico se mide por la profundidad de la marca que se forma en el material, al utilizar el aparato de pruebas de Rockwell. Cuanto mayor es el valor de Rockwell, más duro es el material ensayado (Cruz, 2007).

2.5.9. Elasticidad

La elasticidad es un factor importante en la elección de qué material plástico usar. Esta propiedad expresa la facultad de un material de recuperar su forma original, después de haberse sometido a un esfuerzo.

Esto se llama “memoria plástica”. El límite de elasticidad es el grado de estiramiento en el que más allá de ese valor, el plástico estirado no vuelve a recuperar

su forma. Este punto puede verse como el “límite de memoria”. La elasticidad se expresa en función del módulo de elasticidad del material. El PVC plastificado presenta un bajo módulo de elasticidad y se estira muy bien. Otros materiales, como el PS, tienen una elasticidad elevada y se estiran con dificultad (MINCETUR, 2009).

2.5.10. Estabilidad dimensional

La estabilidad dimensional es una propiedad que depende, en gran medida, de los cambios de la humedad relativa. Bajo el efecto de estos cambios, los envases y embalajes de material plástico pueden alargarse, retraerse o no reaccionar en forma alguna, dependiendo de su estabilidad dimensional (Brown, 1992).

2.5.11. Deslizamiento

El deslizamiento de la película plástica es el frotamiento que resulta de su contacto con la superficie de otro plástico o con las superficies que toca en la máquina de envasado. El deslizamiento puede medirse por la utilización de un plano inclinado y se determina la resistencia al deslizamiento. La utilización de aditivos en la película puede mejorar esta propiedad, o atenuarla (Coma, 2006).

Existen tres categorías principales de deslizamiento de las películas de PE.

- Deslizamiento elevado (coeficiente de fricción: 0,1 a 0,3).
- Deslizamiento medio (coeficiente de fricción: 0,3 a 0,5).
- Deslizamiento bajo (coeficiente de fricción: superior a 0,5).

2.5.12. Permeabilidad al aceite y la grasa

Es importante cuando el producto envasado contiene materias grasas. La apariencia del envase se deteriora por el paso de ésta a la superficie exterior del material.

El procedimiento que permite medir la permeabilidad consiste en distribuir una delgada capa de arena mezclada con determinada cantidad de aceite o trementina en la superficie de la película colocada sobre un papel absorbente. Se calcula a continuación el tiempo necesario para que el aceite atraviese la película y se manifieste en el papel. En el tiempo que toma que el aceite pase a través de la película y aparezca en el papel queda determinada la medición (Brown, 1992).

2.5.13. Opacidad y brillo de la superficie

La opacidad y el brillo son dos propiedades de suma importancia en los envases de plástico. Muchos usuarios exigen materiales transparentes y de aspecto brillante. La opacidad da lugar a un aspecto blancuzco de la película reduciendo su transparencia.

Ello puede determinarse midiendo la cantidad de luz que difunde o atraviesa la película. El brillo, por su parte, se mide por la cantidad de luz reflejada por la muestra (Coma, 2006).

2.5.14. Inflamabilidad

La inflamabilidad, o facilidad de ignición, puede ser una propiedad de gran importancia para ciertos empleos de plásticos. Algunas películas arden con facilidad, como el celofán. Otras, como los ionómeros, arden lentamente, pero se funden mientras arden y forman gotas flameantes. El PVDC se apaga por sí solo; y el PVC rígido, en cambio, es muy difícil de encender (Quintana et al., 2007).

2.5.15. Propiedades de Barrera

Utilizando diferentes plásticos y aditivos se logran diferentes tipos de barrera, consiguiendo por ejemplo que entre el oxígeno del aire pero que no salga la humedad de un producto envasado en plástico. También puede obtenerse un envase que sea absolutamente hermético, como el embalaje de la carne que, al adherirse a ésta, impide la entrada de oxígeno y humedad, lo cual evita su degradación y la preserva por más tiempo. El procedimiento de medición de la permeabilidad a los gases es, en principio, idéntico al método de medición del índice de permeabilidad al vapor de agua: se trata de determinar la cantidad de un gas determinado que se transmite a través del material durante cierto período. Los valores así obtenidos se expresan en centímetros cúbicos de gas por metro cuadrado en 24 horas. El transporte de gases o vapores a través de envases, o films alimentarios, puede influir bastante en la calidad del alimento (MINCETUR, 2009).

Tabla 2.
Propiedades mecánicas de los materiales plásticos.

PLÁSTICOS	RESISTENCIA	RESISTENCIA	RESISTENCIA	RIGIDEZ	ELONGACIÓN
	A LA TRACCIÓN (g/cm ²)	AL IMPACTO (g/cm)	AL RASGADO (g/U)		
PEBD	70 - 245	7 - 16	4 - 16	3 - 5	225 - 625
PEAD	210 - 525	1 - 3	1 - 12	8 - 16	10 - 500
PP	210 - 420	1 - 3	2 - 13	11 - 27	400 - 800

Fuente: (ENVAPACK, 2000)

- PEBD = Polietileno de baja densidad.
- PEAD = Polietileno de alta densidad.
- PP = Polipropileno.

2.6. PERMEABILIDAD DE MATERIALES DE ENVASES UTILIZADOS EN LA AGROINDUSTRIA

La determinación de la permeabilidad de los materiales y de los envases es de gran importancia en el desarrollo y adecuación de sistemas de envases, bajo el aspecto de protección. La vida útil (*shelf-life*) de los alimentos acondicionados depende del grado de protección del producto, en función de los cambios gaseosos que ocurren entre el micro ambiente interno de los envases y el macro ambiente externo que compone el sistema. La permeabilidad es una propiedad física de los materiales y, por lo tanto, considerada como parámetro de calidad y de especificación del envase. La transferencia de masa a través de un material ocurre debido a defectos, como microporos, cortes y hendiduras, generalmente poco visibles, y por los espacios inter e intramoleculares de dimensiones microscópicas. Por lo tanto, no existen envases plásticos impermeables por el hecho de que los espacios moleculares son características específicas de los materiales poliméricos. Por lo tanto, la permeabilidad es una propiedad de cada material, mientras que la transferencia de masa por los defectos del envase puede ser evitada o minimizada a través de la optimización de la hermeticidad (Espinoza et al., 2003).

2.6.1. Mecanismos de Permeabilidad

La permeabilidad se ve afectada por las propiedades intrínsecas al polímero como son: la estructura química del polímero, el método de la preparación de los polímeros, el volumen libre del polímero, el porcentaje de cristalinidad, polaridad, la reticulación e impresión, orientación, presencia de aditivos (Jasse et al., 1994).

Permeabilidad es el proceso de transferencia de masa y/o energía en el cual se produce el paso de moléculas a través del material polimérico. Este proceso por tanto puede ser descrito por dos mecanismos, por un lado el flujo capilar, que implica el paso de moléculas a través de poros o bien defectos propios del material de envase, y el proceso de permeabilidad por difusión (Guarda et al., 2001).

La difusión por su parte, es el proceso resultante de tres mecanismos (Willige, 2002).

- Adsorción de las moléculas permeantes desde/entre la atmósfera interna/externa.
- Difusión de las moléculas permeadas a través del material plástico.
- y Desorción de las moléculas permeadas desde/entre la atmósfera interna/externa.

El coeficiente de permeabilidad (P) de una molécula a través de un material polimérico se define como el producto de los coeficientes de solubilidad (S) y de difusión (D) (Ecuación 1):

$$P = D * S \quad (1)$$

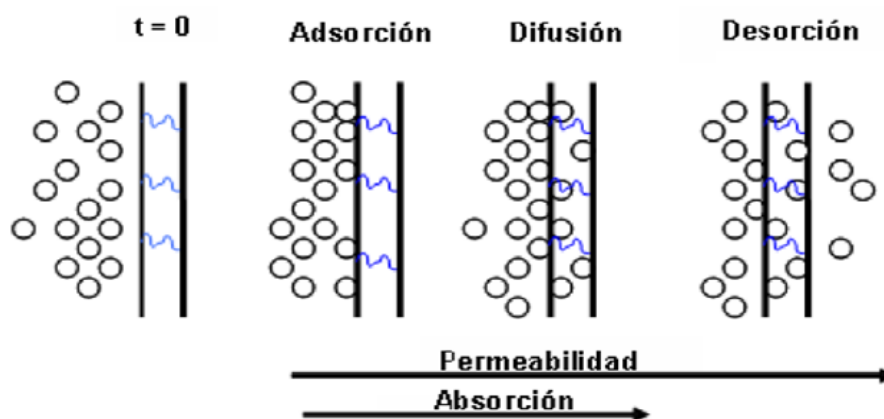


Figura 11. Transporte de masa de moléculas a través de un film plástico (Garcia et al., 1989).

El movimiento de partículas a través del material plástico es producido por un gradiente de potencial químico que tiende al estado de equilibrio, por lo cual una molécula puede ser adsorbida, difundida y desorbida con el fin de lograr un estado estacionario (equilibrio). La difusión del permeante se produce a favor de un gradiente de concentración a través de los espacios libres, o zonas amorfas, entre las cadenas macromoleculares. Los procesos de adsorción y desorción dependen principalmente de la solubilidad del permeante en el polímero, es decir, de la compatibilidad termodinámica y química, regida por las fuerzas de Van der Waals y puentes de hidrógeno (Varsani, 1986).

La permeabilidad se ve afectada por las propiedades intrínsecas al polímero como son: la estructura química del polímero, el método de la preparación de los polímeros, el volumen libre del polímero, el porcentaje de cristalinidad, polaridad, la reticulación e impresión, orientación, presencia de aditivos (Jasse et al., 1994).

En estudios anteriores, (Crack y Park, 1968; Hopfenberg y Stannettl, 1973; Boersma et al., 2003) han descrito que la solubilidad y el movimiento de partículas en polímeros cristalinos dependen del volumen libre presentes en estos. Las moléculas podrían ser más fácilmente absorbidas y tener más movilidad en la matriz polimérica mientras más volumen libre tenga el polímero. El volumen libre de un polímero depende de la naturaleza del polímero y también del estado físico en el que se encuentre, incluyendo la orientación molecular.

2.6.2. Factores que afectan la permeabilidad.

La permeabilidad, por ser una constante física características de cada material, no depende de la concentración del permeante. Sin embargo, como es el producto de la difusión y de la solubilidad, su valor puede variar en función de la variación de estos parámetros (Espinoza et al., 2003).

Los factores relacionados con el polímero y el permeante, afectando la permeabilidad, son los siguientes:

- a.** En materiales homogéneos, la permeabilidad no depende del espesor.
- b.** La permeabilidad disminuye con el aumento de la polaridad del polímero.
- c.** La permeabilidad ocurre en las regiones amorfas de los polímeros, mientras en las áreas cristalinas el valor es relativamente despreciable.
- d.** Aditivos plastificantes aumentan la permeabilidad.
- e.** Características del permeante afecta la permeabilidad.
- f.** La pigmentación con material inorgánico aumenta permeabilidad después de un cierto valor crítico.

1. Naturaleza del polímero

Normalmente los polímeros usados como barrera disminuyen su permeabilidad aumentando su polaridad, ya que al aumentar ésta se incrementa la energía cohesiva entre las cadenas del polímero y, en consecuencia, disminuye su permeabilidad. Grupos funcionales como OH-, Cl- y CN-, disminuyen las permeabilidades al O_2 debido a las fuertes interacciones que se crean en las cadenas poliméricas.

La fuerza de las interacciones entre los enlaces, lógicamente influye en el camino que sigue el permeante a través de la matriz:

- Cuando no hay, o hay una muy débil interacción entre las cadenas del polímero, como es el caso del polietileno, el permeante se difunde siguiendo el camino más corto.

- Cuando existen fuertes interacciones moleculares entre las cadenas del polímero, como es el caso del etilvinilalcohol (EVOH), éstas bloquean el paso del permeante, lo que le hace tomar un camino más largo, Figura 13. Este aumento en la longitud del camino disminuye la permeabilidad (Fernandez, 2014).

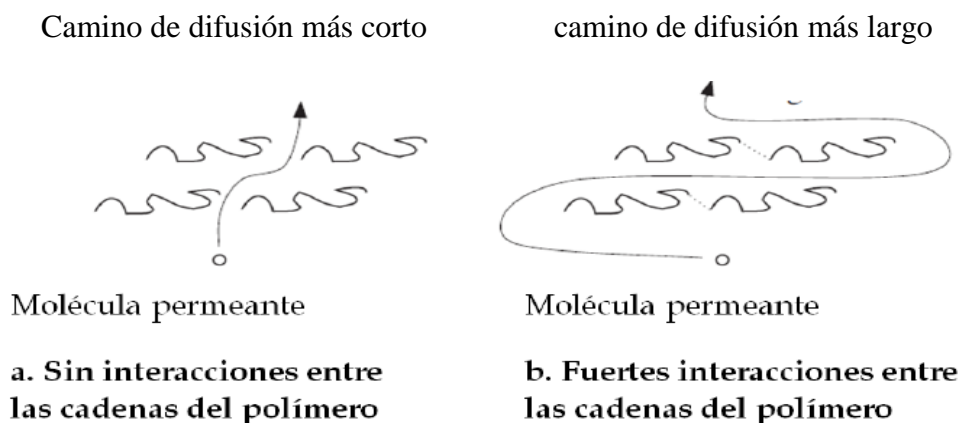


Figura 12. Efectos de las interacciones en los caminos de difusión (Garcia et al., 1989).

2. Naturaleza del permeante

La permeabilidad también depende del tamaño de las moléculas del permeante y de su afinidad química con la matriz polimérica. Las moléculas de mayor tamaño generalmente poseen menor difusividad, pero mayor solubilidad que las más pequeñas (Fernandez, 2014).

3. Condiciones ambientales

La permeabilidad a los gases y a los líquidos en el polímero aumenta con la temperatura. Dentro de las posibles razones en la cual la temperatura afecta la permeabilidad están el incremento de la movilidad molecular; cambio en la estructura del polímero (disminución de la cristalinidad); cambio en la solubilidad.

Al aumentar la temperatura la permeabilidad a los gases también suele aumentar. A continuación se puede observar la evolución de la permeabilidad al oxígeno de diferentes materiales barrera frente a la temperatura, Figura 14 (Duncan et al., 2005).

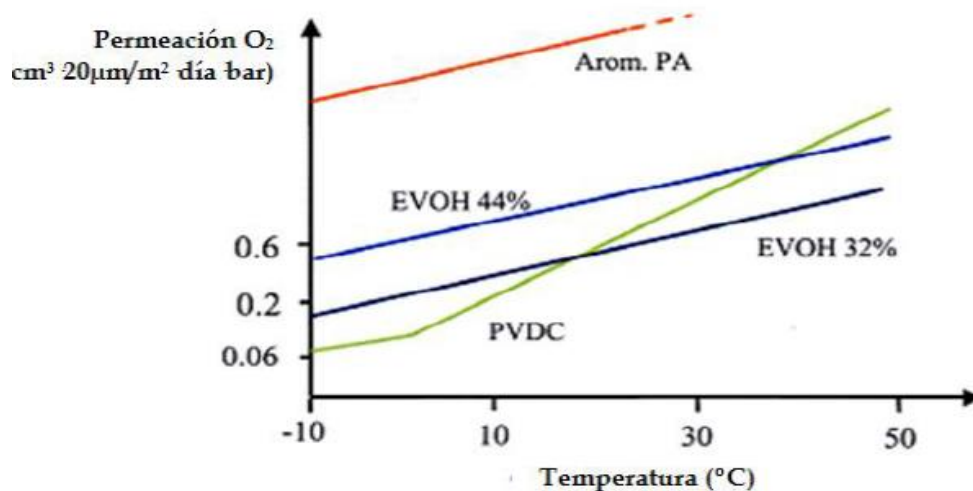


Figura 13. Permeabilidad al oxígeno en función de la T° (Hellerich, 1992).

La humedad actúa de distinta forma en diferentes tipos de polímeros:

- Es absorbida en polivinilalcohol (PVOH), etilvinilalcohol (EVOH) y Nylon 6,6.

Cuando el agua es absorbida en el polímero e interacciona con los grupos polares deshace la estructura del polímero, aumentando su permeabilidad.

- Es poco absorbida en polímeros no polares como PP y algunos tipos de polímeros polares, como cloruro de polivinilideno (PVdC) y poliacrilonitrilo (Fernandez, 2014).

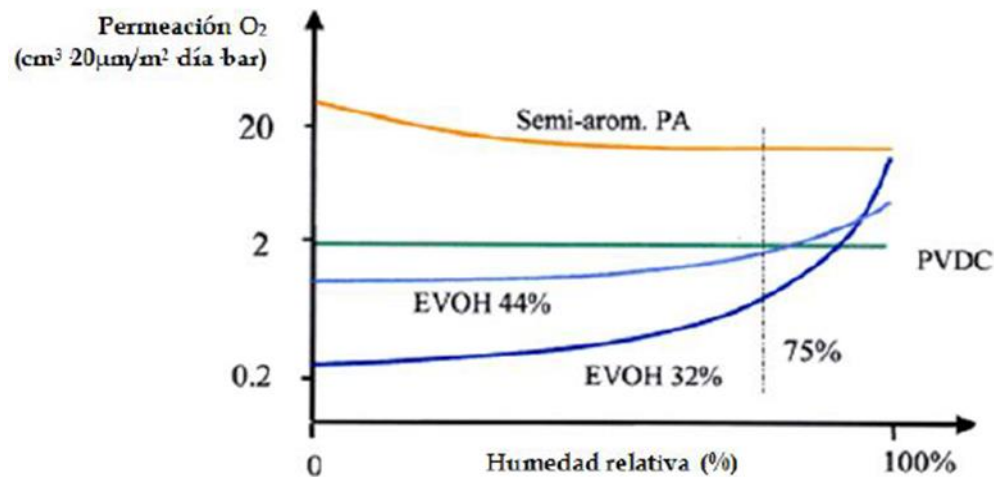


Figura 14. Permeabilidad al oxígeno en función de la humedad (Hellerich, 1992).

2.6.3. Métodos para determinación de la permeabilidad

Los métodos para la determinar la permeabilidad de los materiales de envases se basan en la medida del flujo del permeante, conforme a la ecuación de los gases ideales:

$$PV = nRT$$

Se puede determinar midiendo la variación de la presión, del volumen o de la concentración (Espinoza et al., 2003).

Tabla 3.
Permeabilidad de los principales polímeros comerciales.

Polímeros	Transmisión de vapor de agua, (38°C/90°C HR). (g/m ² .dia).	Permeabilidad a los gases, (film 25 micras a 25°C). (cm ³ /m ² .atm.dia)	
		O ₂	CO ₂
LDPE	18	7800	42000
HDPE	7 - 10	2600	7600
Nylon 6	84 - 3100	40	150 - 190
Nylon 6,6	45 - 90	78	140
Nylon 11	5 - 13	500	2000
Poliéster orientado	25 - 30	50 - 130	180 - 390
Poliéster orientado recubierto de PVdC	1 - 2	9 - 15	20 - 30
PET	40 - 50	90 - 100	-
EVOH	16 - 18	3 - 5	-
PVC rígido	30 - 40	150 - 350	450 - 1000
PVC plastificado	15 - 40	500 - 30000	1500 - 4600
Polipropileno fundido	10 - 12	3700	10000
Polipropileno orientado	6 - 7	2000	8000
Polibutileno	8 - 10	5000	-
Etileno-Acetato de vinilo	40 - 60	12500	50000

Fuente: (Hellerich, 1992).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en un ambiente del Laboratorio de Microbiología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno.

3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

Los materiales poliméricos utilizados en el presente trabajo de investigación fueron:

Film 1: Polietileno de baja densidad (PEBD). En anexo 1, tabla 9.

Film 2: Polietileno de alta densidad (PEAD). En anexo 1, tabla 10.

Film 3: Polipropileno (PP o OPP). En anexo 1, tabla 11.

3.3. MATERIALES, EQUIPO Y SOFTWARES

3.3.1. Materiales:

- Compresora de aire: el que proporciona el oxígeno.
- Balón con nitrógeno: NITRÓGENO (HSDP N° P-4631-H).
- Equipo de nitrógeno: Marca WES*XL-2022.
- Cámara hermética: Acero Inoxidable de 1.5 mm. de espesor.
- Sensor de oxígeno: ME2-O2.
- Sensor de temperatura: DIGITAL DS18B20.
- Sensor de presión: BMP180 DIGITAL.
- 4 Válvulas esféricas de paso de acero inoxidable: 1/4 pulgada.
- Tarjeta electrónica: Mega 2560 R3.

3.3.2. Equipo:

- Laptop Compaq Presario cq43.

3.3.3. Software:

- Arduino V.1.6.5.
- LabVIEW 2014.
- InfoStat 2016.
- SPSS 22.
- Microsoft Office 2016.
- AutoCAD 2015.
- End Note Basic.

3.4. METODOLOGÍA DEL PROCESO EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación, se realizó de acuerdo a la Metodología Aumento de la Concentración, desarrollado por Gilberto y Pegaz (1969).

3.4.1. PROCESO

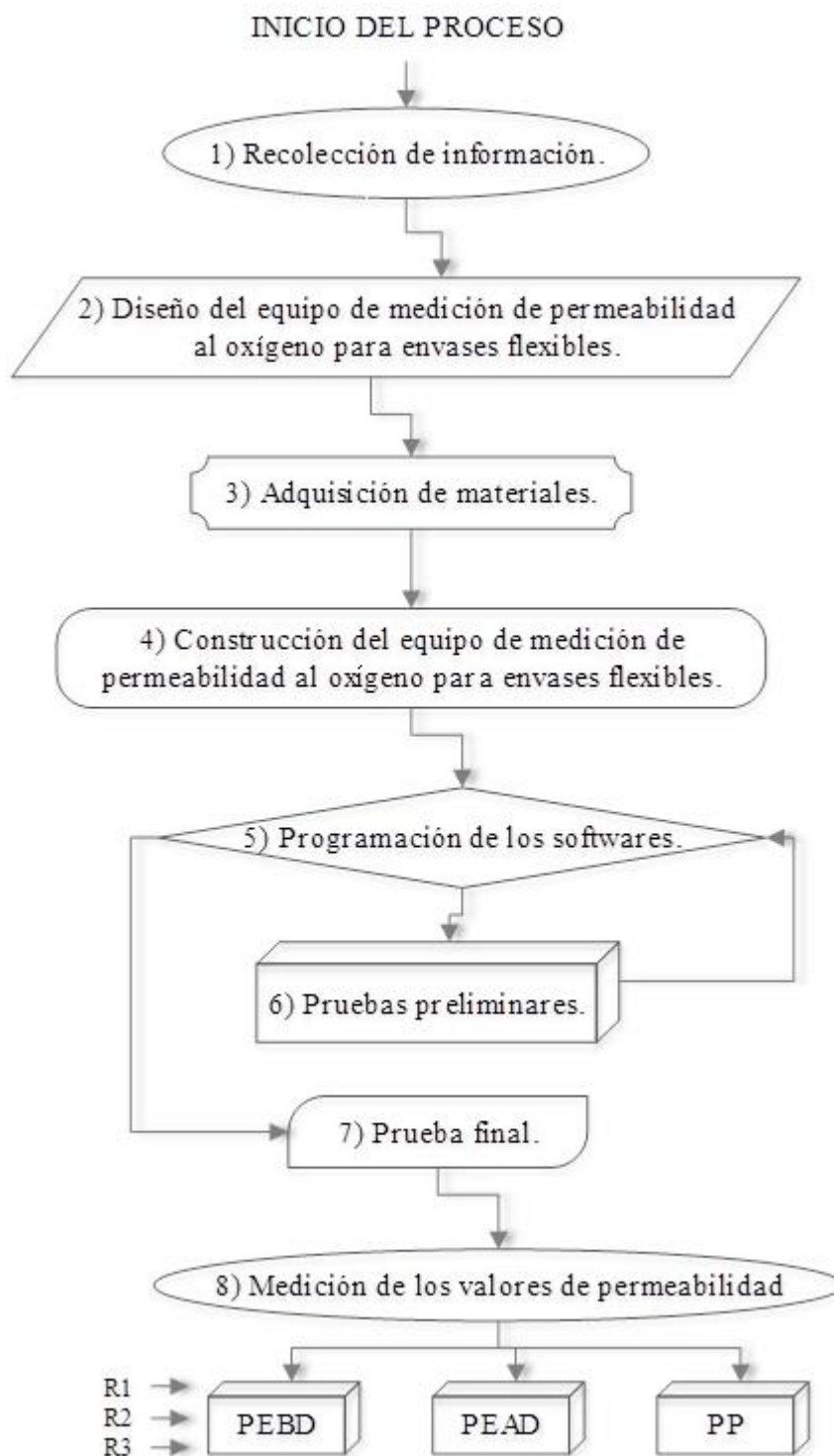


Figura 15. Diagrama de flujo para la construcción y evaluación del equipo de medición de permeabilidad al oxígeno (Elaboración propia, 2015).

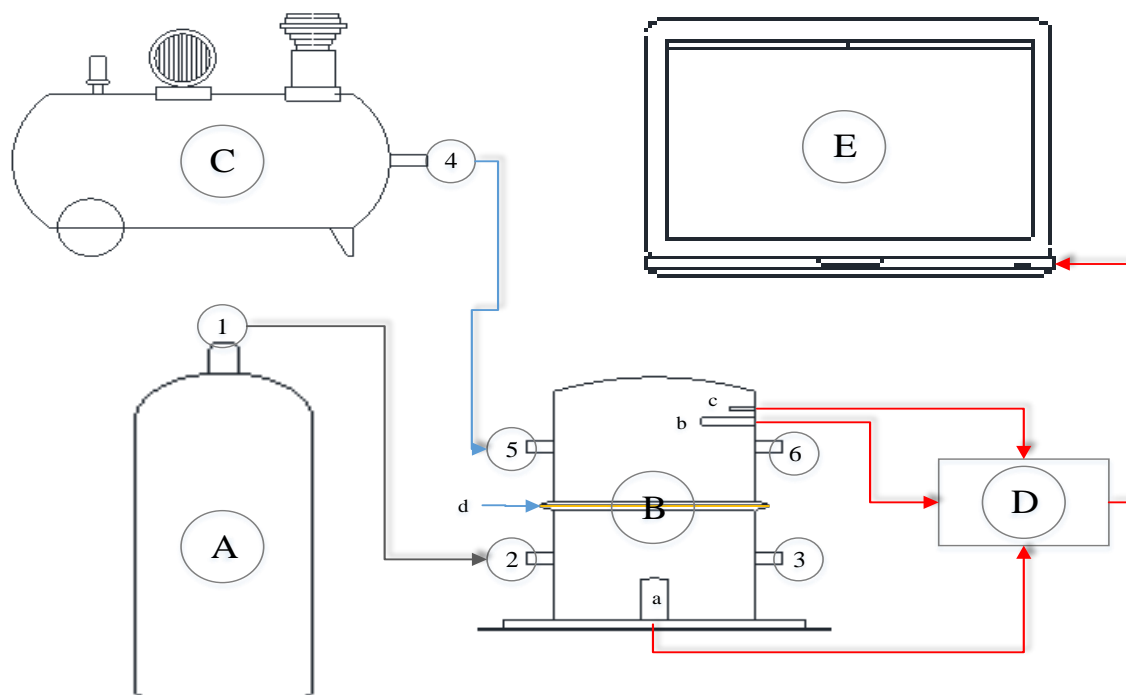


Figura 16. Diagrama del equipo para determinar los valores de permeabilidad en envases flexibles (Elaboración propia, 2015).

Descripción:

- A. Balón con nitrógeno; utilizado para realizar el barrido del oxígeno que se encuentra en la cámara hermética de la parte inferior.
 - B. Cámara hermética; en donde se colocará la muestra film.
 - C. Compresora con oxígeno; utilizado para realizar la permeación de la cámara superior a la cámara inferior atravesando el film.
 - D. Tarjeta electrónica; es un recolector de datos del sensor de oxígeno.
 - E. Laptop; equipado con el software LAB VIEW para procesar la información recolectada por la tarjeta electrónica.
1. Equipo de nitrógeno; ubicado en la salida del balón de nitrógeno, que se utiliza para el control del flujo del nitrógeno a suministrar.

3, 6. Válvulas purga; utilizado para el control de la expulsión de los gases se lo requerido.

2, 5. Válvulas de paso de entrada de los gases.

4. Equipo de oxígeno; ubicado en la salida del balón de oxígeno, que se utiliza para el control del flujo del nitrógeno a suministrar.

a. Sensor de oxígeno: se ubicará dentro de la cámara hermética en la parte inferior, para determinar la tasa de permeabilidad.

b. sensor de presión: BMP180 DIGITAL.

c. sensor de temperatura: DIGITAL DS18B20.

d. Film de estudio; es la muestra en estudio.

3.5. FACTORES DE ESTUDIO

Para el objetivo 01: Construir un equipo de medición de permeabilidad al oxígeno O_2 para envases flexibles. El proceso seguido para la construcción del equipo de permeabilidad al oxígeno es tal como se muestra en la figura 15, y el equipo terminado se muestra en la figura 16.

Para el objetivo 02: Evaluar el efecto del tiempo en los valores de permeabilidad al oxígeno O_2 de envases flexibles en un equipo con sistema LabView.

TIEMPO (minutos):

❖ T = 60 min.

❖ T = 180 min.

❖ T = 300 min.

MATERIALES PLÁSTICOS:

- ❖ PEBD (polietileno de baja densidad): 0,850 g/cm³.
- ❖ PEAD (polietileno de alta densidad): 0,965 g/cm³.
- ❖ PP (Polipropileno): 0.92 g/cm³.

VARIABLE DE RESPUESTA:

- ❖ Concentración de Oxígeno en la cámara inferior (ppm).

Para el primer análisis de varianza, donde se analizó la permeabilidad en tres tiempos diferentes y con tres tipos de material.

Para el objetivo 03: Evaluar el efecto de la temperatura en los valores de permeabilidad al oxígeno O_2 de envases flexibles en un equipo con sistema LabView.

TEMPERATURA (grados centígrados):

- ❖ $T^\circ = 10^\circ \text{C}$.
- ❖ $T^\circ = 15^\circ \text{C}$.
- ❖ $T^\circ = 20^\circ \text{C}$.

MATERIALES PLÁSTICOS:

- ❖ PEBD (polietileno de baja densidad): 0,850 g/cm³.
- ❖ PEAD (polietileno de alta densidad): 0,965 g/cm³.
- ❖ PP (Polipropileno): 0.92 g/cm³.

VARIABLE DE RESPUESTA:

- ❖ Concentración de Oxígeno en la cámara inferior (ppm).

Para el segundo análisis de varianza, donde se analizó la permeabilidad a tres tipos de temperaturas y con tres tipos de material.

Para el objetivo 04: Evaluar el efecto de la presión en los tipos de envases flexibles en los valores de permeabilidad al oxígeno O_2 en un equipo con sistema LabView.

PRESIÓN (milibares):

- ❖ $P= 640$ mbar.
- ❖ $P= 645$ mbar.
- ❖ $P= 650$ mbar.

MATERIALES PLÁSTICOS:

- ❖ PEBD (polietileno de baja densidad): $0,850$ g/cm³.
- ❖ PEAD (polietileno de alta densidad): $0,965$ g/cm³.
- ❖ PP (Polipropileno): 0.92 g/cm³.

VARIABLE DE RESPUESTA:

- ❖ Concentración de Oxígeno en la cámara inferior (ppm).

Para el tercer análisis de varianza, se analizó la permeabilidad a tres tipos de temperaturas diferentes y con tres tipos de material.

3.6. METODO DE ANÁLISIS

Concentración de Oxígeno (ppm)

Primero; la película es fijada en medio de la cámara hermética, en el cual se forman dos cámaras: una superior en donde hay un flujo constante y presión conocida del gas permeante y una inferior donde se acumulará el gas permeante que logre pasar la película.

Segundo; se abre las válvulas de entrada y salida de la cámara inferior de la cámara hermética.

Tercero: abrir la válvula del balón, para soltar el gas nitrógeno para hacer un barrido de la cámara inferior, por un tiempo aproximado de tres minutos. Luego del barrido se cierra las válvulas de entrada y salida de la cámara inferior.

Cuarto; soltar el gas permeante y regular las válvulas de entrada y salida de la cámara superior para obtener un flujo constante y presión del gas permeante.

Quinto; luego hacer clic sobre el icono play en el programa LabView, luego de seis horas transcurrido hacer clic en el icono stop.

Sexto; automáticamente recolectará los datos exportando en una hoja Excel, esta operación se realiza para cada muestra (PEBD, PEAD y PP).

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para todos los factores en estudio el diseño experimental empleado en el presente trabajo de investigación fue completamente aleatorio con arreglo factorial con un experimento de 3 X 3 con 3 repeticiones cada uno teniendo un total de 27 unidades

experimentales y se analizó mediante tres análisis de varianza, uno que fue para ver la permeabilidad frente al tipo de material y el tiempo, el segundo análisis de varianza fue para ver la permeabilidad frente a el tipo de material y la temperatura y finalmente se realizó un tercer análisis de varianza para ver la permeabilidad frente al tipo de material y presión, cada una de estas con sus respectivas pruebas posteriores (DUNCAN) que estuvieron estructuradas de la siguiente manera:

Para todos los análisis de Varianza

EL Modelo estadístico Lineal aditivo con 2 factores es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, 3 \text{ (tiempo de } i \text{)}$$

$$j = 1, 2, 3 \text{ (material de } j \text{)}$$

$$k = 1, 2, 3 \text{ (repeticiones de } k \text{)}$$

Donde:

Y_{ijk} : Es el nivel de permeabilidad del k-ésimo repetición bajo el j-ésimo material, sujeto al i-ésimo tiempo.

μ : Constante, media de la permeabilidad analizada en el tiempo y tipo de material.

α_i : Efecto del del i-ésimo tiempo en minutos.

β_j : Efecto del j-ésimo tipo de material.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción del i-ésimo tiempo, en el j-ésimo tipo de material.

ε_{ijk} : Efecto del error experimental, que está distribuido como $\varepsilon_{ijk} \sim DNI(0, \sigma_e^2)$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

El equipo de medición de permeabilidad al oxígeno para envases flexibles consta de las siguientes características:

- Es eficiente, recolección de datos en menor tiempo.
- Es eficaz, resultado confiables.
- Es liviano, porque el peso del equipo (laptops, cámara hermética, tarjeta mega y sensores) tiene un peso de 5 kg aproximado.
- Es didáctico, porque no se requiere un conocimiento especializado para poder operarlo.
- Es semiautomático. Porque solo se requiere la intervención de un operador en la colocación de los film.
- El costo de construcción es accesible, en comparación con los equipos existentes en el mercado para realizar estos tipos de evaluaciones.

Los componentes del equipo se describen en la figura 16, “diagrama del equipo para determinar los valores de permeabilidad en envases flexibles”

4.2. EFECTO DEL TIEMPO Y MATERIAL EN LA TRANSMISIÓN DE OXÍGENO

En la tabla 4, se presenta los resultados de la prueba de concentración de oxígeno para los tiempos. En donde se observa que la concentración de oxígeno en los tres tiempos son diferentes, el tiempo donde la concentración de oxígeno es mínima es en 60 minutos ya que nos da la menor concentración de oxígeno, por lo tanto, se puede concluir que a mayor

tiempo se incrementa la transmisión de oxígeno, esto debido a que esta transmisión está relacionado directamente con el tiempo, así como (Guarda et al., 2001), sostiene que la velocidad de transmisión se define como la cantidad de una sustancia (en masa o en volumen) que atraviesa una película de área, por unidad tiempo.

Tabla 4.

Prueba de concentración de oxígeno para los tiempos.

TIEMPO	Medias	n	Significancia
T= 60 min	2.64	9	A
T= 180 min	5.49	9	B
T= 300 min	6.58	9	C

Diferentes letras (A, B, C), indican que son diferentes significativamente entre medias al nivel de 0.05.

En la tabla 5, se presenta la Prueba de concentración de oxígeno para los materiales con respecto al tiempo. En donde se observa que la concentración de oxígeno en los tres tipos de materiales son diferentes y el material con alta barrera al oxígeno es el polipropileno (0.85 g/cm^3) que tiene una concentración de oxígeno de 3.72 ppm., esto en comparación con la propiedad de barrera de oxígeno del polietileno de baja densidad y alta densidad (0.965 g/cm^3 y 0.920 g/cm^3) con una concentración de oxígeno de 4.69 ppm y 6.30 ppm respectivamente. Esto se debe a la diferente composición de cada material (Jasse et al., 1994), sostiene que la permeabilidad se ve afectada por las propiedades intrínsecas al polímero como son: la estructura química del polímero, el método de la preparación de los polímeros, el volumen libre del polímero, el porcentaje de cristalinidad, polaridad, la reticulación e impresión, orientación, presencia de aditivos.

Tabla 5.
Prueba de concentración de oxígeno para los materiales con respecto al tiempo.

MATERIAL	Medias	n	Significancia
PP	3.72	9	A
PEAD	4.69	9	B
PEBD	6.30	9	C

Diferentes letras (A, B, C), indican que son diferentes significativamente entre medias al nivel de 0.05.

En la figura 17 se representa gráficamente los valores de la tabla 12 anexo 2; en donde se observa que a medida que pasa el tiempo la concentración del oxígeno aumenta, como también se observa que el PEBD es el que tiene mayor concentración de oxígeno con respecto al PEAD y esto al PP.

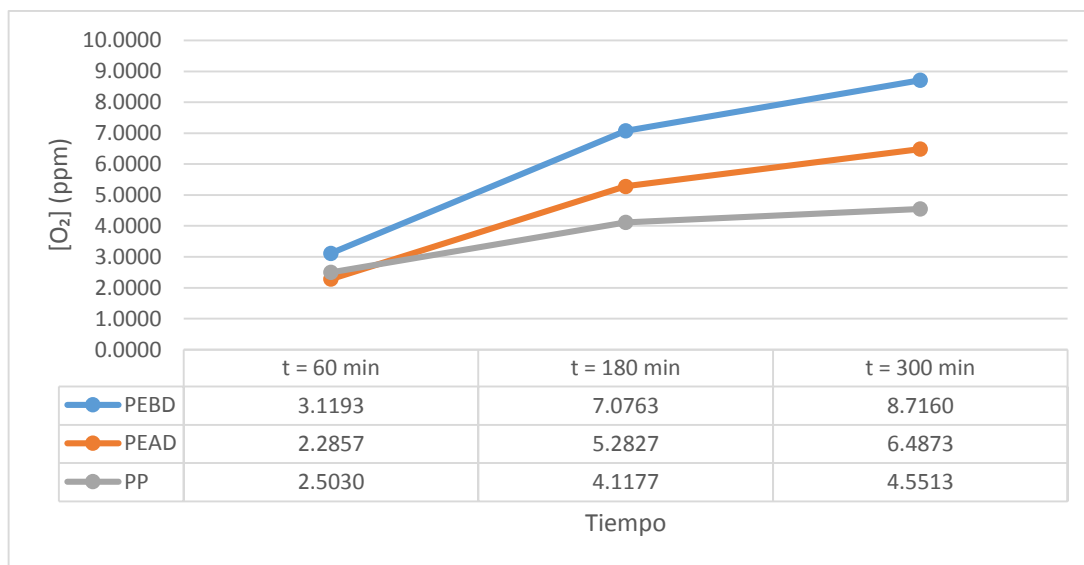


Figura 17. Incremento de la concentración de O₂ con respecto a los tiempos y los tipos de materiales.

4.3. EFECTO DE LA TEMPERATURA Y MATERIAL EN LA TRANSMISION DE OXÍGENO

En la tabla 6, se presenta la Prueba de concentración de oxígeno para los materiales con respecto a la temperatura. En donde se observa la concentración de oxígeno en los materiales PEAD y PEBD tienen una concentración de 0.14 ppm y 0.19 ppm respectivamente, también se observa que el PEBD es más permeable al oxígeno que el PP, independiente a la temperatura a la cual se compare. Los valores obtenidos del coeficiente de permeabilidad, concuerdan con los valores obtenidos en literatura para sistemas similares de determinación de permeabilidad a 22° C, con aromas que presentan igual polaridad al oxígeno (Franz, 1993), como también (Duncan et al., 2005) menciona que la permeabilidad a los gases en el polímero aumenta con la temperatura. Dentro de las posibles razones en la cual la temperatura afecta la permeabilidad están el incremento de la movilidad molecular; cambio en la estructura del polímero (disminución de la cristalinidad); cambio en la solubilidad. Al aumentar la temperatura la permeabilidad a los gases también suele aumentar.

Tabla 6.

Prueba de concentración de oxígeno para los materiales con respecto a la temperatura.

MATERIAL	Medias	n	Significancia
PP	0.02	9	A
PEAD	0.14	9	B
PEBD	0.19	9	B

Diferentes letras (A, B, C), indican que son diferentes significativamente entre medias al nivel de 0.05.

4.4. EFECTO DE LA PRESIÓN Y EL MATERIAL EN LA TRANSMISIÓN DE OXÍGENO

En la tabla 7, se presenta los resultados de la prueba de concentración de oxígeno para las presiones (640 mb, 645 mb y 650 mb). En donde se observa que la concentración de oxígeno en las tres presiones fue diferentes, la presión donde la concentración de oxígeno es mínima es en 640 mb. Ya que nos da la menor concentración de oxígeno, por lo tanto, se puede concluir que a mayor presión se incrementa la transmisión de oxígeno, esto debido a que esta transmisión está relacionada directamente con la variación de la presión, así como (Bita, 2009) menciona que la permeabilidad de los films depende de: el tamaño de los huecos libres, grado de polimerización y de las interacciones polímero-polímero y polímero gas. Todos estos factores, a su vez, pueden verse afectados por la química intrínseca del polímero, la temperatura y la presión. Además, la difusión del gas es directamente dependiente del espesor del film.

Tabla 7.

Prueba de concentración de oxígeno para las presiones.

PRESIÓN	Medias	n	Significancia
640 mb	0.04	9	A
645 mb	0.09	9	B
650 mb	0.13	9	B

Diferentes letras (A, B, C), indican que son diferentes significativamente entre medias al nivel de 0.05.

En la tabla 8, se presenta la prueba de concentración de oxígeno para los materiales con respecto a la presión. En donde se presenta que los tipos de materiales responden de diferente manera a la variación de la presión, asimismo se puede afirmar que el material con propiedad de alta barrera al oxígeno es el PP con una transmisión de oxígeno de 0.01 ppm esto en comparación con PEBD y PEAD con una transmisión de oxígeno de 0.16

ppm y 0,09 ppm y así como (Jasse et al., 1994) sostiene que la permeabilidad se ve afectada por las propiedades intrínsecas al polímero como son: la estructura química del polímero, el método de la preparación de los polímeros, el volumen libre del polímero, el porcentaje de cristalinidad, polaridad, la reticulación e impresión, orientación, presencia de aditivos.

Tabla 8.

Prueba de concentración de oxígeno para los materiales con respecto a la presión.

MATERIAL	Medias	n	Significancia
PP	0.01	9	A
PEAD	0.09	9	B
PEBD	0.16	9	C

Diferentes letras (A, B, C), indican que son diferentes significativamente entre medias al nivel de 0.05.

CONCLUSIONES

1. La permeabilidad al oxígeno en los envases flexibles se evaluó construyendo un equipo de medición con sistema labView.
2. El tiempo de transmisión afecta significativamente en los valores de permeabilidad de oxígeno en los tres tipos de material, el material con mayor valor de concentración de oxígeno en la cámara inferior de la celda es PEBD con un valor de 6.30 (ppm) seguido por PEAD con un valor de 4.69 (ppm) y finalmente PP con un valor de 3.72 (ppm).
3. La temperatura afecta significativamente en la transmisión de los valores de permeabilidad de oxígeno en los tres tipos de material el material con mayor valor de concentración de oxígeno en la cámara inferior de la celda es PEBD con un valor de 0.19 (ppm) seguido por PEAD con un valor de 0.14 (ppm) y finalmente PP con un valor de 0.02 (ppm).
4. La presión afecta significativamente en la transmisión de los valores de permeabilidad de oxígeno en los tres tipos de material con mayor valor de concentración de oxígeno en la cámara inferior de la celda es PEBD con un valor de 0.16 (ppm) seguido por PEAD con un valor de 0.09 (ppm) y finalmente PP con un valor de 0.01 (ppm).

RECOMENDACIONES

Realizar investigaciones relacionadas con otros tipos, marcas y espesores de envases que son utilizados en la industria alimentaria de la región.

Se recomienda elaborar nuevos tipos de envases flexibles y determinar su permeabilidad utilizando el equipo diseñado y construido en la presente investigación.

Realizar las pruebas en un ambiente con temperatura controlada y presión constante para obtener datos más precisos.

BIBLIOGRAFÍAS

- Bitá, F, « Nanotechnology and applications in food safety», Chapter 22, pp. 401-410, Global Issues in Food Science and Technology, Academic Press, San Diego, 2009.
- Brody, A. L. (2000). Packaging, Food Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology: John Wiley & Sons, Inc.
- Brown, W. E. (1992). Plastics in food packaging. Properties, desing and fabrications. Nueva York. Ed. Marcel Dekker.
- Boersma, A; Cangioalosi, D; Picken, SJ. (2003). Mobility and solubility of antioxidants and oxygen in glassy polymers. III Influence of deformation and orientation on oxygen permeability. Polymer (44:2463-2471).
- Coma, V. (2006). Perspective for the act ive packaging of meat products. En Advanced Technologies For Meat Products. Ed. Nollet, L.M. & Toldrá, F.: 449 - 472.
- Crack, J; Park, (1968). GS Difusión in polymers. Academia Press, London.
- Cruz, C. H. (2007). Tendencias e innovaciones en el diseño de envases y embalajes. Mundo Alimentario Mayo – Junio: 28 – 30.
- Davies, J. (1996). Food contac of packaging materials. Ed. Leatherhead.
- Duncan, B., Urquhart, J., & Roberts, S. (2005). Review of mesurement and modelling of permeation and diffusion in polymers. NPL Report DEPC.
- ENVAPACK. (2000). Envases embalajes para alimentos. Boletin electronico N° 3 (Murcia-España), 5 p.
- Espinoza, E., Fonseca, J., & Soto, D. (2003). Control de calidad de envases y embalajes de alimentos. Edit. Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna - Perú.

- Fernandez, C. (2014). Materiales de barrera, Nanoestructura basadas en polietileno y nanoarcilla. Tesis Doctoral, Murcia - España.
- Franz, R. Permeation of volatile organic compounds across polymer film-Part I: Development of a sensitive test method suitable for high-barrier packaging films at very low permeant vapour pressures. *Packaging Technology and Science* (6,91-102) 1993.
- Galotto, M y Guarda, A. (2003). Envases para alimentos. Situación Legislativa. *Revista Enfasis Packaging Latinoamérica*. Ed. 1:8 - 12.
- Garcia, E.E.C., Padula, M., Sarantópoulos, C.I.G.L. (1989). Embalagens plásticas: propriedades de Barreira. Campinas: ITAL, 44 p.
- Guarda, A., Galotto, M. J., Alvarado, J., & Aguilera, J. M. (2001). Propiedades físicas de materiales plásticos. España, Acribia, S.A. 2001.pp 285 - 308.
- Hellerich, W. (1992). Guía de materiales plásticos. Primera Edición. Ed. Hanser. España.
- Hernández, R. J., & Gavara, R. (1999). Plastic packaging methods for studying mass transfer interactions. Pira International, *Leatherhead, UK*, (pp 53).
- Hernandez, R., Selke, S., & Culter, J. (2000). *Plastics packaging: properties, processing, applications and regulations*. Alemania, Hanser Publisher, 2000. 425p.
- Hooper, L. (2002). Tendencias en empaques para alimentos. *Revista conversion* vol. 11, Ed. 5: 39 - 45.
- Hopfenberg, HB; Stannett, V. (1973). The difusión and sorption of gases and vapours in glassy polymers. *The Physics of Glassy Polymers*, edited by RH Harward, Applied Science Publishers, London 1st edition.
- INTI. (1012). *Revista Envases y envalajes*. Apoyo al trabajador popular, 1 (Argentina), 24.

- Jasse, B., Seuvre, A. M., & Mathlouthi, M. (1994). Permeability and structure in polymeric packaging materials. *Food Packaging and Preservation Mathlouthi Med*, (1 - 22).
- Jenkins, W. A., & Harrington, J. P. (1991). *Packaging food with plastics lancaster*. Ed. Technomic. Chicago.
- Kaczmarek, H. (2003). *Materials for food packaging*. Polym Sci (Torun - Polonia).
- Leon, J. F. (2013). *Envases, empaques y embalajes*. Escuela Superior de Comercio Internacional (Mexico), 35.
- Marsh, K., & Bugusu, B. (2007). Food Packaging - Roles, Materials, and Environmental Issues. *Journal of Food Science*, 72(3), R39 - R55.
- MINCETUR. (2009). *Guía de envases y embalajes*. PENX, 1(Lima - Perú), 51.
- PEMRG. (2008) The plastics. An analysis of the production, demand and recovery of plastics In Europe in 2007. Posted in October. Disponible en: <http://www.plasticseurope.es>.
- PEMRG. (2012) The plastics. Analysis of production, demand and recovery of plastic in Europe in 2011. Posted in October. Disponible en: <http://www.plasticseurope.es>.
- Piringer, Otto. G., & Baner, Albert. L. (2008). *Plastic Packaging Materials for Food*. Piringer and A. L. Baner (pp. 606).
- Quezada, M. J. (2013). *Permeabilidad de gases en laminas ultradelgadas*. Usach Santiago de Chile, 1 - 102.
- Quintana, J., Cornejo, F., & Rigail-Cedeño, A. (2007). Análisis y diseño de empaques flexibles para alimentos. *Revista Tecnológica ESPOL*, 20 (Guaaquil - Ecuador), 1 - 18.
- REXAM. (2012). *Annual report december 2012*. Disponible en: <http://www.rexam.com>

- Robertson, G. L. (1993). Food packaging principles and practice. Marcel Dekker, New York.
- Rodríguez, J. J. J. (2004). Camino al envasado inteligente. Obtenido de Seguridad Alimentaria Abril. Disponible en: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-yconsumo/2004/04/28/12053.php>.
- Rodríguez, J. J. J. (2006). Envases para alimentos y migración de materiales . Obtenido de Consumer eroski Agosto. Disponible en: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-ytecnologia/2006/08/02/24513.php>.
- Varsani, J. (1986). Permeability of polymer. In: Food Packaging and Preservation. Theory and Practice. Matholouthi M (Ed.). 1986. Elsevier Aplied Science Publishers.
- Willige V.; RVG. (2002). Effects of flavour absorption on foods and their packaging materials. PhD thesis, Wageningen University. (ISBN 90-5808-640-2).
- Yam, K. L. (2009). The Wiley encyclopedia of packaging technology. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, United States.
- Zalamea, L. (2003). Nuevas tendencias en aditivos para industrias plásticas. Revista Tecnología del Plástico. N°137 Julio 2003.

ANEXOS

ANEXO 1. CARACTERÍSTICAS DE LAS PELÍCULAS EVALUADAS

Tabla 9.

Característica del polietileno de baja densidad.

Características:	
Nombre.	SAN JUAN.
Origen.	Perú.
Espesor.	
Densidad.	0.850 g/cm ³ .
Elongación.	100 – 685 %.
Absorción de agua.	< 0.01 %.

Tabla 10.

Característica del polietileno de alta densidad.

Características:	
Nombre.	GORRIONCITO.
Origen.	Perú.
Espesor	
Densidad	0.965 g/cm ³ .
Elongación	10 – 900 %.
Absorción de agua	< 0.01 %.

Tabla 11.

Característica del polipropileno.

Características:	
Nombre.	FULL PACK.
Origen.	Perú.
Espesor	
Densidad	0.92 g/cm ³ .
Elongación	100 – 965 %
Absorción de agua	< 0.01 %.

ANEXO 2. DATOS RECOLECTADOS CON EL EQUIPO DE PERMEABILIDAD

Tabla 12.

Concentración de oxígeno (ppm) con el factor tiempo y tipo de material.

MATERIAL	PEBD			PEAD			PP			
	Rep.	T= 60 min	T= 180 min	T= 300 min	T= 60 min	T= 180 min	T= 300 min	T= 60 min	T= 180 min	T= 300 min
1		3.254	7.218	8.804	2.332	5.251	6.547	2.474	4.011	4.441
2		2.892	7.116	8.645	2.211	5.21	6.411	2.421	4.102	4.612
3		3.212	6.895	8.699	2.314	5.387	6.504	2.614	4.24	4.601

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13.

Concentración de oxígeno (ppm) con el factor temperatura y tipo de material.

MATERIAL	PEBD			PEAD			PP			
	Rep.	T°= 12 °C	T°= 17 °C	T°= 22 °C	T°= 12 °C	T°= 17 °C	T°= 22 °C	T°= 12 °C	T°= 17 °C	T°= 22 °C
1		0.101	0.050	0.122	0.015	0.126	0.205	0.001	0.001	0.005
2		0.221	0.028	0.098	0.031	0.109	0.197	0.009	0.012	0.025
3		0.281	0.291	0.524	0.053	0.200	0.298	0.020	0.027	0.041

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14.

Concentración de oxígeno (ppm) con el factor Presión y tipo de material.

MATERIAL	PEBD			PEAD			PP			
	Rep.	P= 640 mb	P= 645 mb	P= 650 mb	P= 640 mb	P= 645 mb	P= 650 mb	P= 640 mb	P= 645 mb	P= 650 mb
1		0.101	0.221	0.209	0.005	0.054	0.061	0.001	0.002	0.02
2		0.05	0.028	0.235	0.05	0.178	0.178	0.001	0.004	0.027
3		0.121	0.257	0.252	0.009	0.102	0.131	0.005	0.008	0.041

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3. TABLAS DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla 15.

Análisis de varianza. Variable dependiente: concentración de oxígeno (ppm).

Origen	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	P
TIEMPO (T)	74.837	2	37.418	2736.217	0.000
MATERIAL (M)	30.600	2	15.300	1118.793	0.000
T * M	9.910	4	2.478	181.170	0.000
Error	0.246	18	0.014		
Total	115.593	26			

Tabla 16.

Análisis de varianza. Variable dependiente: concentración de oxígeno (ppm).

Origen	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	P
MATERIAL (M)	0.145	2	0.072	6.972	0.006
TEMPERATURA (T°)	0.040	2	0.020	1.920	0.176
M * T°	0.045	4	0.011	1.080	0.395
Error	0.187	18	0.010		
Total	0.417	26			

Tabla 17.

Análisis de varianza. Variable dependiente: concentración de oxígeno (ppm).

Origen	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	P
MATERIAL (M)	0.104	2	0.052	18.566	0.000
PRESIÓN (P)	0.037	2	0.019	6.699	0.007
M * P	0.013	4	0.003	1.138	0.370
Error	0.050	18	0.003		
Total	0.204	26			

ANEXO 4. DETERMINACIÓN DE LA TASA DE PERMEABILIDAD Y PERMEABILIDAD

Fórmula para hallar la tasa de permeabilidad al oxígeno

$$TPO = \frac{S}{A}$$

Donde:

TPO: tasa de permeabilidad al oxígeno (masa / área * tiempo).

S: la pendiente (ppm / t).

A: área de contacto (m²).

Fórmula para hallar la permeabilidad al oxígeno

$$P = TPO * \frac{e}{\Delta P}$$

Donde:

P: permeabilidad al oxígeno (masa * espesor / área * presión * tiempo)

TPO: tasa de permeabilidad al oxígeno (mg / m² * min).

e: espesor de la película (μm).

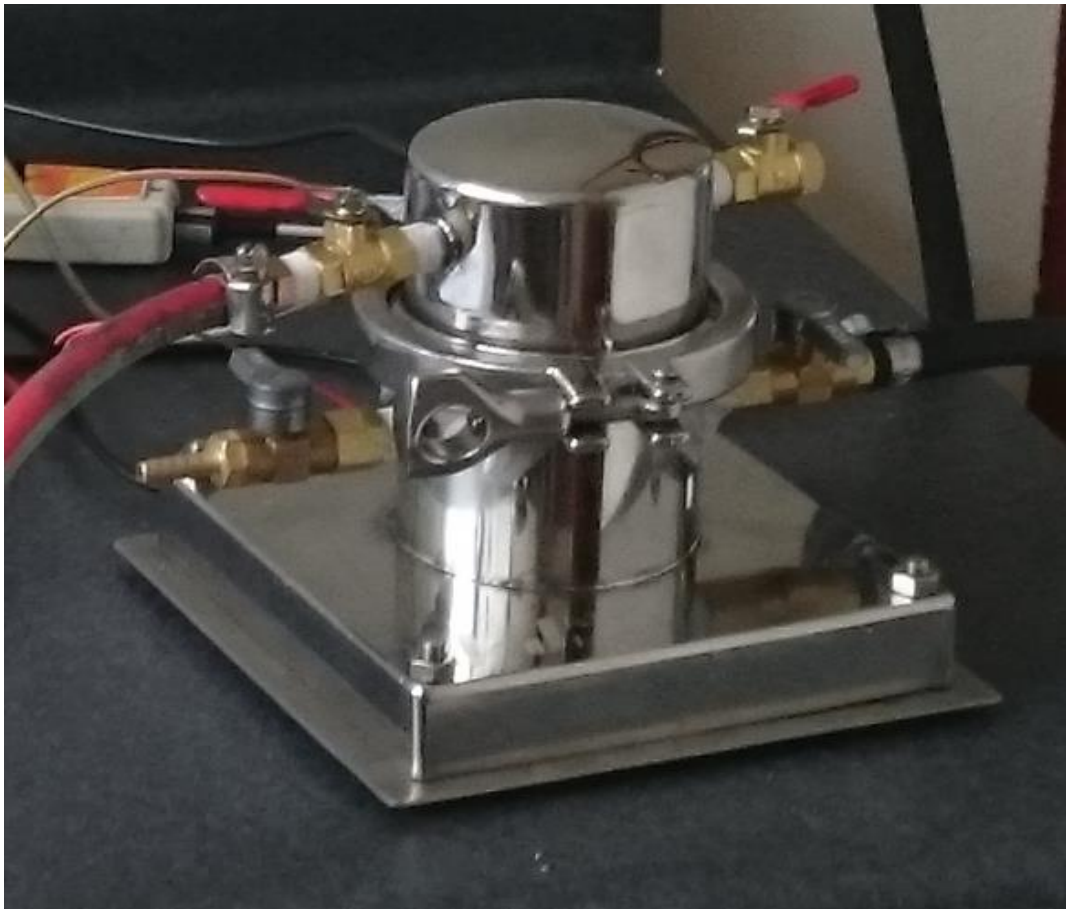
ΔP: gradiente de presión (atm).

Tabla 18.

Resultados de la tasa de permeabilidad de los distintos materiales.

MATERIALES	REPETICIONES			PROM.
	1	2	3	
PEBD	1.5180	1.5840	1.5180	1.5400
PEAD	0.0112	0.0119	0.0119	0.0117
PP	0.0063	0.0064	0.0063	0.0063

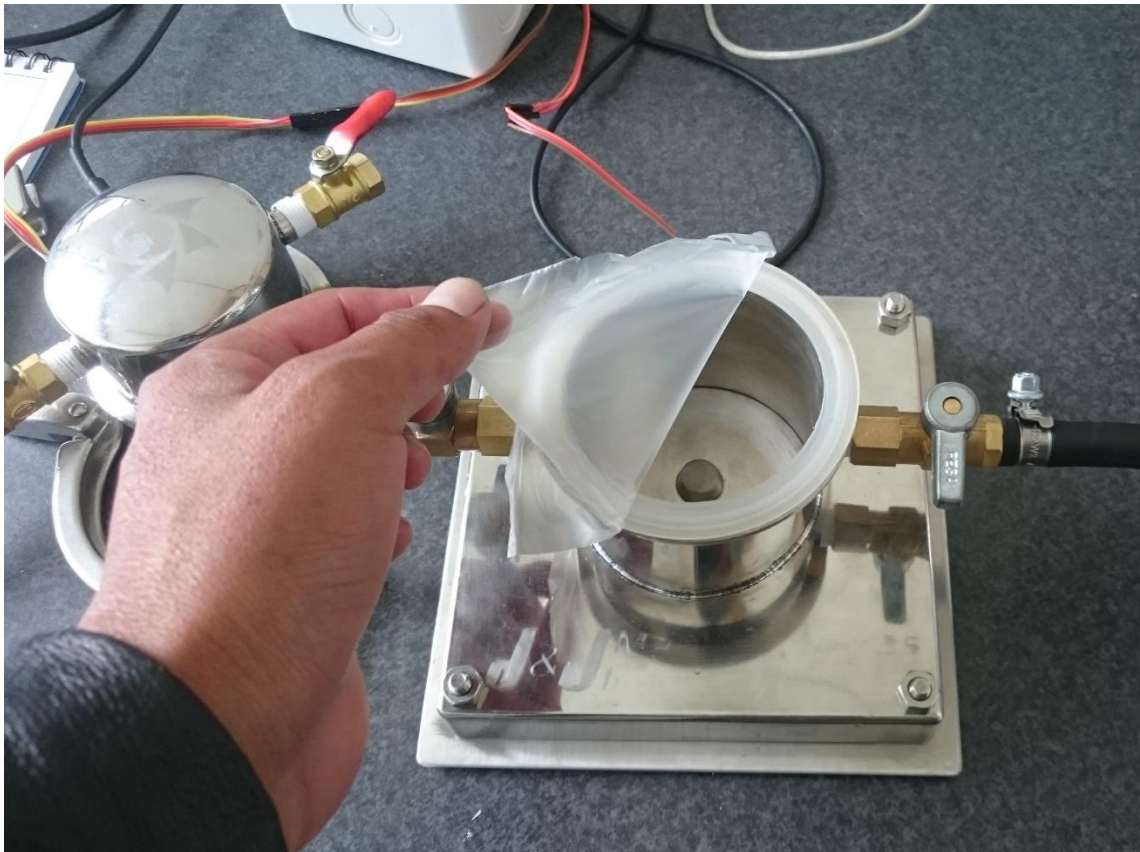
ANEXO 5. PANEL FOTOGRAFICO



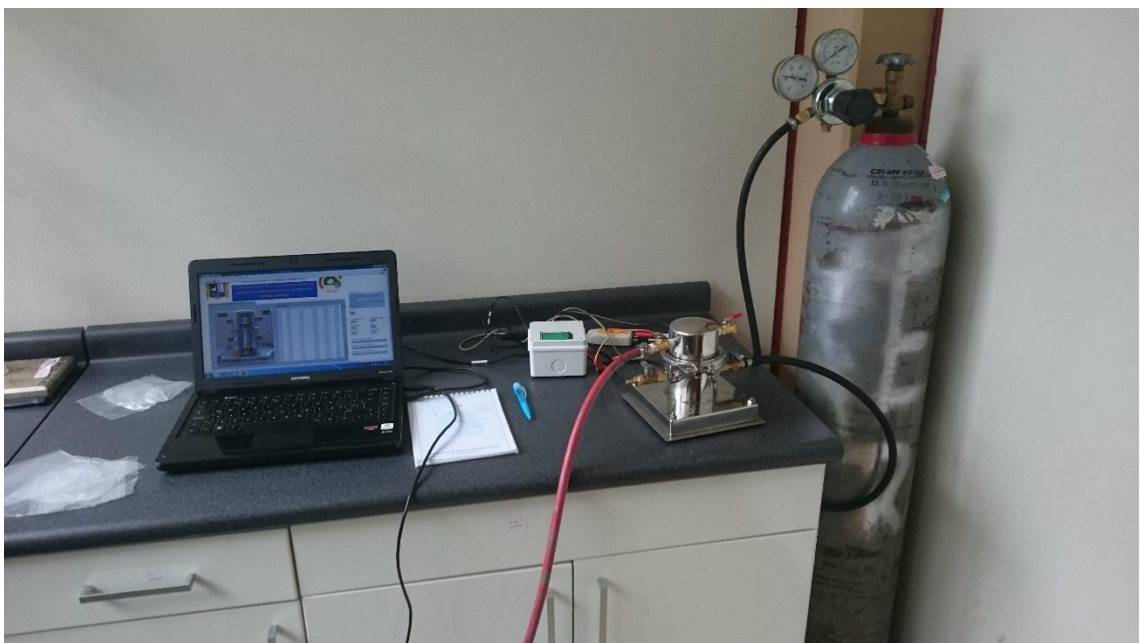
Cámara de permeabilidad



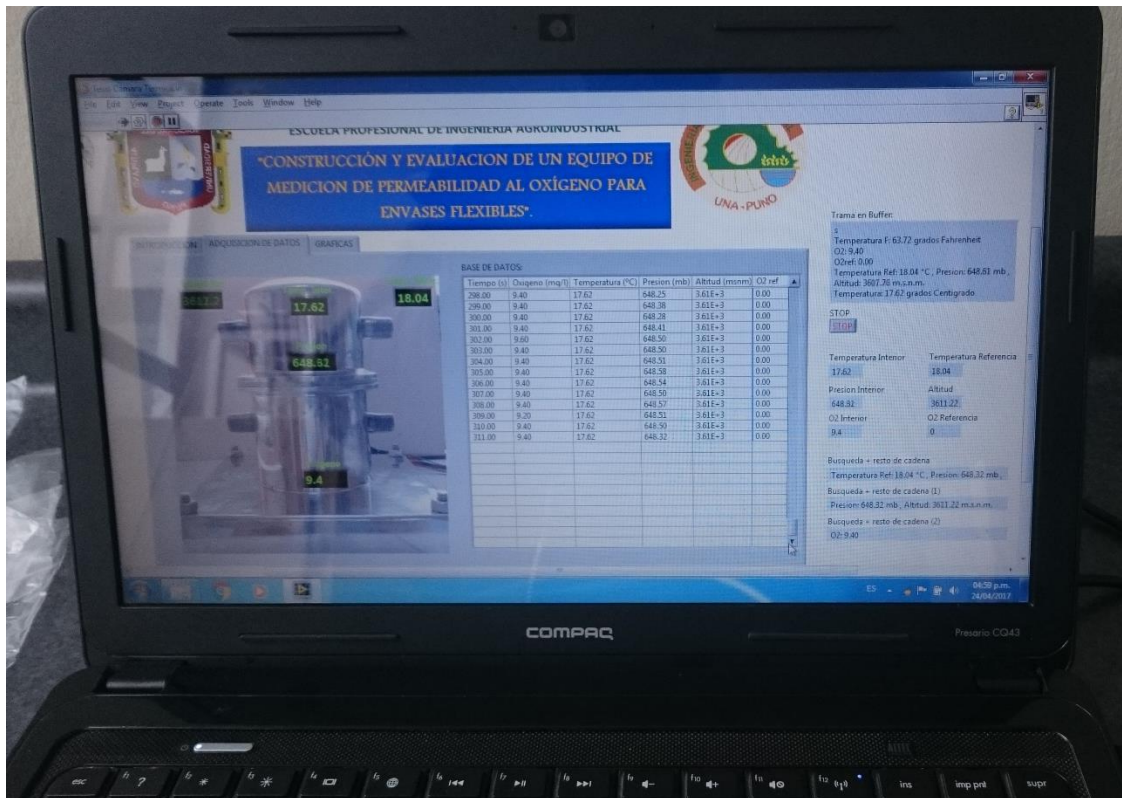
Equipos de compresora de aire y de balon de nitrógeno para barrido



Colocado de film en la cámara de permeabilidad.



Equipo de medición de permeabilidad



Obtencion de datos con sistema Lab View.

ANEXO 6. MANUAL DEL SENSOR ME2-O2

Henan Hanwei Electronics CO., LTD

ME2- O₂

<http://www.hwsensor.com>

ME2-O₂ Gas Sensors Manual

1 Feature

ME series O₂ sensors have low consumption, mini size, high sensitivity, wide range of linearity, and better anti-jamming capacity, good reproducibility, stability and reliability ect advantage. It is electrochemical sensor widely suits for mine, industry and environmental protection field ect .



2 Application

Type	Detecting Object	Use	Remark
ME2-O ₂	O ₂	Detecting O ₂ in industry 、 mine and environmental protection field	

3 Feature

3.1 Parameter

3.1.1 Basic feature

Type	ME2-O ₂	
Measurement Range	0-25%vol	Remark
Output signal	0.250±05mA(空气中)	RL=100Ω
Reproducibility	Output signal ±2%	
Response time(t ₉₀) s	≤30	
Signal attenuation	≤2%	/month
Zero drift (ppm)	≤0.1%vol	Clean air
Temperature range (℃)	-20~+50	
Temperature drift (ppm)	≤0.1%vol	20~50℃
Humidity range	≤95%RH	
Pressure range (kPa)	90~110	
Storage temperature (℃)	0~20	recommendatio
Storage period (month)	6	
anticipated using life (month)	>24	
Max detecting concentration	30%vol	

TEL:+86-371-67169070 67169080

FAX:+86-371-67169090

Email:sales@hwsensor.com

Henan Hanwei Electronics CO., LTD

ME2- O₂

<http://www.hwsensor.com>

3.1.2 Products external dimension

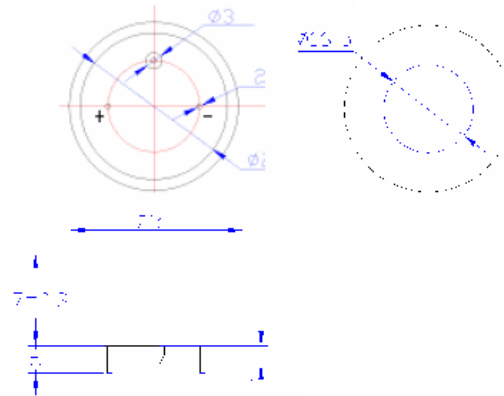


Chart1Products

3.2 Gas sensitivity

3.2.1 ME2- O₂ type electrochemical sensor concentration response characteristic curve

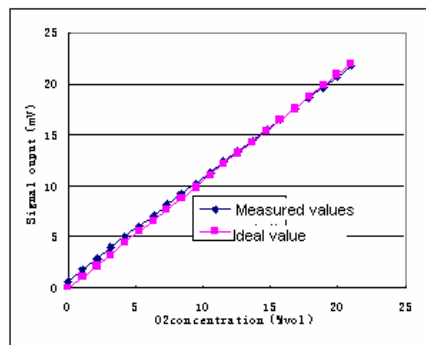


Chart 2 sensitivity curve

TEL:+86-371-67169070 67169080

FAX:+86-371-67169090

Email:sales@hwsensor.com

3.2.2 ME2-O₂ type electrochemistry sensors' response , resume time and output voltage relation curve

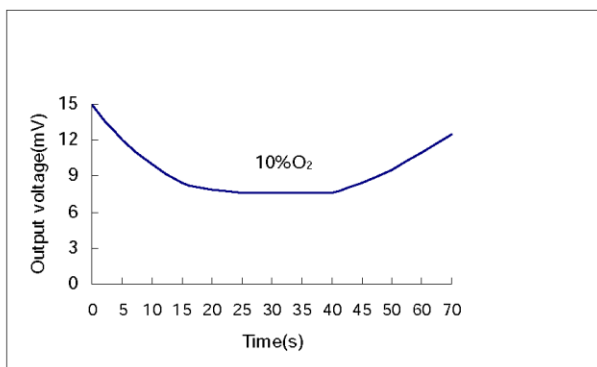


Chart 3.response and resume curve

3.2.3 Temperature characteristic

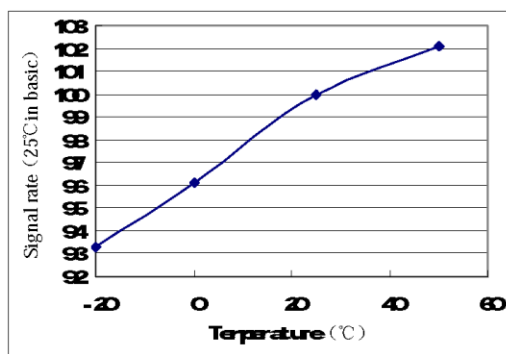


Chart 4. Temperature curve

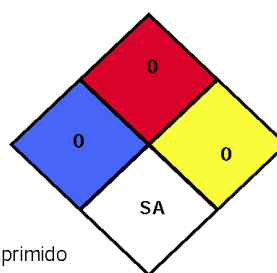
ANEXO 7. HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL NITRÓGENO

Producto: Nitrógeno

P-4631-H

Hoja de Datos de
Seguridad del Producto

Emergencia: Llame a cualquier hora del día o de la noche al teléfono 0800-11-521 / 01517-2341
Para informaciones de rutina consulte a su proveedor Praxair Perú S.R.L. más cercano.

1 – Identificación del Producto y de la Empresa**Producto:** NITRÓGENO (HSDP N° P-4631-H)**Nombre químico:** Nitrógeno**Sinónimos:** Dinitrógeno**Grupo químico:** Gas permanente.**Fórmula:** N₂**Nombre(s) comercial(es):** Nitrógeno Comprimido**Teléfono de emergencia:** 0800-11-521
01517-2341**Empresa:** Praxair Perú S.R.L.
Av. Venezuela 2597 Bellavista – Callao
Perú.**2 – Composición e Informaciones sobre los Componentes**

Descripción: Este producto es una sustancia pura y esta sección cubre solamente los materiales de los cuales este producto es fabricado. Para mezclas de este producto, solicite la respectiva HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTO para cada componente. Vea la sección 16 para mayor información importante sobre mezclas.

Material: Nitrógeno (CAS 7727-37-9) (ONU 1066)**Porcentaje (%):** 99,0 mínimo**CAP¹ (Concentración Ambiental Permisible) / TLV =** Asfixiante Simple (ninguna establecida a al fecha)**LEB² (Limite de Exposición Breve) =** Ninguno establecido a la fecha

Fecha revisión: Noviembre 2014

Página 1 de 7

Producto: Nitrógeno

P-4631-H

3 – Identificación de Peligros**EMERGENCIA**

**¡CUIDADO! Gas a alta presión.
Puede causar sofocamiento rápido.
Puede causar vértigo y somnolencia.
Equipo autónomo de respiración puede ser requerido para el personal de rescate.
Olor: Inodoro**

EFFECTOS DE UNA ÚNICA SOBRE EXPOSICIÓN (AGUDA):

INHALACIÓN: Asfixiante. Los efectos son debidos a la falta de oxígeno. Concentraciones moderadas pueden causar dolor de cabeza, somnolencia, mareos, excitación, salivación excesiva, náusea, vomito e inconciencia. La falta de oxígeno puede causar la muerte.

CONTACTO CON LOS OJOS: El vapor no tiene ningún efecto perjudicial.

INGESTIÓN: Este producto es un gas a presión y temperaturas normales.

CONTACTO CON LA PIEL: El gas no representa ningún efecto nocivo.

EFFECTOS DE UNA REPETIDA SOBRE EXPOSICIÓN (CRÓNICA): No hay evidencia de efectos adversos a través de las informaciones disponibles.

OTROS EFFECTOS DE SOBRE EXPOSICIÓN: El nitrógeno es un asfixiante. La falta de oxígeno puede ocasionar la muerte.

CONDICIONES MÉDICAS AGRAVADAS POR LA SOBRE EXPOSICIÓN: El conocimiento de las informaciones toxicológicas disponibles y de las propiedades físicas y químicas del material sugiere que es improbable que una sobre exposición agrave las condiciones ya existentes.

INFORMACIONES SIGNIFICATIVAS DE LABORATORIOS CON POSIBLE RELEVANCIA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS A LA SALUD HUMANA: Ninguna conocida.

CARCINOGENICO: Este producto no es listado como carcinógeno por los organismos NTP (National Toxicology Program), OSHA (Occupational Safety and Health Administration) e IARC (International Agency for Research on Cancer).

4 – Medidas de Primeros Auxilios

INHALACIÓN: Lleve la víctima al aire fresco. Administre respiración artificial si no estuviese respirando. Si se dificulta la respiración, personal calificado debe ser el encargado de administrar oxígeno a la víctima. Llame a un médico inmediatamente.

CONTACTO CON LA PIEL: Lave con agua el área afectada.

INGESTIÓN: Este producto es un gas a presión y temperatura normal.

Fecha revisión: Noviembre 2014

Página 2 de 7

Producto: Nitrógeno

P-4631-H

CONTACTO CON LOS OJOS: Lave los ojos con agua. Los párpados deben ser mantenidos abiertos y distantes del globo ocular para asegurar que todas las superficies sean enjuagadas completamente. Llame a un médico inmediatamente, de preferencia oftalmólogo.

NOTA PARA EL MÉDICO:

- *No tiene antídoto específico.*
- *Este producto es inerte.*
- *El tratamiento debe ser dirigido para el control de los síntomas y de las condiciones clínicas del paciente.*

5 – Medidas de Prevención y Combate de Incendios

Medio de combate al fuego: El nitrógeno no es inflamable. Utilice los medios apropiados para controlar el fuego circundante

Procedimientos especiales de combate al fuego: CUIDADO! Gas a alta presión. Retire todo el personal del área de riesgo. Enfríe inmediatamente los cilindros con agua pulverizada a una distancia segura hasta enfriarlos. Retire los recipientes lejos del área de fuego si no hay riesgo. Son necesarios equipos de respiración autónoma para el rescate de los trabajadores del área.

Posibilidades no comunes de incendio: El gas no es inflamables. Los cilindros se pueden explotar debido al calor del fuego. Ninguna parte del cilindro debe estar expuesta a temperaturas mayores a 52 °C (aproximadamente 125 °F).

Productos posibles de causar combustión en contacto con nitrógeno: Ninguno actualmente conocido.

6 – Medidas de Control para Derrames / Fugas

Medidas a tomar si el material derrama o fuga: Almacene y use en un área ventilada. Utilice equipo autónomo de respiración cuando sea necesario. Contenga la fuga si no hay riesgo. Ventile el área de la fuga o retire los recipientes con fugas para áreas bien ventiladas. Verifique la concentración de oxígeno en el área, especialmente las confinadas, para ver si el oxígeno es suficiente antes de permitir el retorno del personal al área.

Método para la disposición de residuos: Alivie lentamente a la atmósfera externa. Descarte cualquier producto, residuo, recipiente disponible o tubería de manera que no perjudique al medio ambiente, en total cumplimiento con las regulaciones nacionales y locales. Si es necesario entre en contacto con su proveedor para asistencia.

7 – Manejo y Almacenamiento

Precauciones a ser tomadas en el almacenamiento: Almacene y utilice siempre con ventilación adecuada. Asegúrese de que los cilindros no estén en riesgo de caída o robo. Ajuste firmemente la tapa con las manos. No permita el almacenamiento a temperaturas mayores a 52 °C (125 °F). Almacene separadamente cilindros llenos y vacíos. Use el sistema FIFO "First in, first out" (primero que entra, primero que sale) para prevenir el almacenaje de cilindros llenos por largos períodos. Se recomienda colocar los cilindros de forma que tengan tres puntos de contacto unos con otros (en forma de colmena). Así mismo, es aconsejable sujetarlos con cadenas u otro medio que evite las caídas.

Fecha revisión: Noviembre 2014

Página 3 de 7

Producto: Nitrógeno

P-4631-H

Precauciones a ser tomadas en el manejo: Proteja los cilindros contra daños físicos. Utilice un carro de mano para mover los recipientes criogénicos. Los recipientes criogénicos deben ser almacenados en posición vertical. No arrastre, ruede o deje caer. Nunca levante el cilindro por su tapa, la tapa existe para proteger la válvula. No inserte objetos (llaves ajustables, alicates) dentro de la abertura de la tapa, esto puede causar daños a la válvula y en consecuencia una fuga. Use una llave ajustable para remover las tapas muy apretadas o atoradas. Abra la válvula suavemente. Si la válvula estuviese muy dura, descontinúe el uso y entre en contacto con su proveedor.

8 – Control de Exposición y Protección Individual

Protección respiratoria (tipo específico): No se requiere ninguna en uso normal. Sin embargo use equipo autónomo de respiración para trabajar en espacios confinados.

Ventilación / controles de Ingeniería

Extracción local: Use sistema de ventilación (extracción) local, si es necesario, para prevenir la elevación de la atmósfera deficiente en oxígeno.

Especiales: Ninguna.

Mecánica (general): Bajo ciertas condiciones, sistema de ventilación con extracción puede ser aceptable para garantizar que se mantenga el suministro de aire en el lugar de trabajo.

Otros: Ninguno.

Guantes protectores: Se recomienda el uso de guantes de cuero reforzado para el manejo de cilindros.

Protección de los ojos: Lentes de seguridad sin coloración y con protección lateral.

Otros equipos protectores: Botas de seguridad con puntera de acero vulcanizadas para el manejo de cilindros.

9 – Propiedades Físico-Químicas

Estado físico: Gas comprimido

Color: Incoloro

Olor: Inodoro

Peso molecular: 28,01

Fórmula: N₂

Punto de ebullición, a 10 psig (68,9 kPa): -195,80 °C (-320,44 °F)

Punto de congelamiento, a 10 psig (68,9 kPa): -209,9 °C (-345,8°F)

Punto de fulgor (método o norma): No aplica

Temperatura de auto-ignición: No aplica

Fecha revisión: Noviembre 2014

Página 4 de 7

Producto: Nitrógeno

P-4631-H

Límite de inflamabilidad en el aire, % en volumen:**Inferior:** No aplica**Superior:** No aplica**Presión de vapor:** No aplica**Densidad del gas :** 1,153 kg/m³ a 21,1 °C (70 °F) y 1 atm**Gravedad específica (aire = 1):** 0,967 a 21,1 °C (70 °F) y 1 atm**Solubilidad en agua (vol/vol):** 0,023 a 0 °C (32 °F) y 1 atm**Porcentaje de materia volátil en volumen:** 100 %**10 – Estabilidad y Reactividad****Estabilidad:** Estable**Incompatibilidad (materiales a evitar):** Ninguno actualmente conocido, el nitrógeno es químicamente inerte.**Productos con riesgo posible después de la descomposición:** Ninguno**Riesgo de polimerización:** No ocurrirá.**Condiciones a evitar:** Bajo ciertas condiciones, el nitrógeno puede reaccionar violentamente con litio, neodimio, titanio y magnesio formando nitratos. A altas temperaturas también se puede combinar con el oxígeno y el hidrógeno.**11 – Informaciones Toxicológicas**

El nitrógeno es un asfixiante simple.

12 – Informaciones Ecológicas

No es esperado ningún efecto ecológico. El nitrógeno no contiene ningún material químico de las Clases I o II (destruidores de la capa de ozono). El nitrógeno no es considerado como un contaminante de mar por la DOT.

13 – Consideraciones sobre el Tratamiento y Disposición**Método de disposición de residuos:** No intente deshacerse de los residuos o cantidades no utilizadas. Devuelva el cilindro a su proveedor. En caso de emergencia, mantenga el cilindro en un lugar bien ventilado, entonces, descargue lentamente el gas a la atmósfera.**14 – Informaciones sobre Transporte****Número de identificación:** UN 1066

Fecha revisión: Noviembre 2014

Página 5 de 7

Producto: Nitrógeno

P-4631-H

Nombre de embarque: Nitrógeno Comprimido**Clase de riesgo:** 2,2**Rótulo de riesgo:** GAS NO INFLAMABLE Y NO TÓXICO.**Aviso de advertencia (cuando es requerido):** GAS NO INFLAMABLE Y NO TÓXICO.

INFORMACIONES ESPECIALES DE EMBARQUE: Los cilindros deben ser transportados en posición segura, en vehículo bien ventilado. Cilindros transportados en vehículos cerrados con compartimientos no ventilados pueden presentar serios riesgos de seguridad. El llenado de este cilindro solo debe ser realizado por Praxair.

15 – Regulaciones

Los siguientes documentos relacionados son aplicados a este producto. No todos los requerimientos son identificados. El usuario de este producto es el único responsable por el cumplimiento de todas las regulaciones nacionales y locales.

- **DECRETO SUPREMO N° 42-F REGLAMENTO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL**
CAPITULO VII: Cilindros para gases. Sección Primera. Cilindros para gases comprimidos, licuados o disueltos.
- **NTP 399.013 COLORES DE IDENTIFICACION DE GASES INDUSTRIALES CONTENIDOS EN ENVASES A PRESION, TALES COMO CILINDROS, BALONES, BOTELLAS Y TANQUES**
- **DECRETO SUPREMO N° 021 REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS. TITULO I**

16 – Otras Informaciones

Asegúrese de leer y comprender todas las etiquetas y otras instrucciones colocadas en todos los recipientes de este producto.

OTROS PELIGROS EN CASO DE MANEJO, ALMACENAMIENTO Y USO: *Gas a alta presión.* Use tuberías y equipos adecuadamente diseñados para resistir las presiones que puedan ser encontradas. *Puede causar sofocamiento rápido en caso de deficiencia de oxígeno.* Almacene en un área ventilada. *Prevenga el flujo en reverso.* El flujo en reverso en un cilindro puede causar su ruptura. Use una válvula de seguridad u otro dispositivo en la línea o tubería del cilindro. *Nunca trabaje en sistemas presurizados.* Si existiese fuga, cierre la válvula del cilindro, ventile el sistema para un sitio seguro, de manera de no perjudicar al medio ambiente, en total cumplimiento con las regulaciones nacionales, estatales y locales, entonces repare la fuga. *Nunca realice un aterramiento o deje un cilindro donde pueda formar parte de un circuito eléctrico.*

MEZCLAS: Cuando dos o más gases, o gases licuados son mezclados, sus propiedades peligrosas pueden combinarse y crear riesgos inesperados adicionales. Obtenga y evalúe las informaciones de seguridad de cada componente antes de producir la mezcla. Consulte a un especialista u otra persona capacitada cuando haga la evaluación de seguridad del producto final.

Fecha revisión: Noviembre 2014

Página 6 de 7

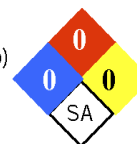
Producto: Nitrógeno

P-4631-H

POR MEDIDA DE SEGURIDAD ES PROHIBIDO EL TRASVASE DE ESTE PRODUCTO DE UN CILINDRO HACIA OTRO.

CLASIFICACIÓN DE LA NFPA (National Fire Protection Association):

SALUD = 0 (Peligro de combustible ordinarios en un incendio)
 INFLAMABILIDAD = 0 (Incombustible)
 REACTIVIDAD = 0 (Estable y no reactivo con el agua)
 ESPECIAL = SA (Asfixiante Simple) puede quedar en blanco.



CONEXIONES ESTANDAR DE VÁLVULAS PARA E.U.A. Y CANADÁ

ROSCAS: 0 – 3000 psig CGA-580
 3001 – 5500 psig CGA-680
 5001 – 7500 psig CGA-677

DEFINICIONES:

- (1) **Concentración Ambiental Permisible (CAP)(TLV):** Es la concentración promedio ponderada en el tiempo de sustancias químicas a las que se cree pueden estar expuestos los trabajadores, repetidamente durante ocho (8) horas diarias y cuarenta (40) horas semanales sin sufrir daños adversos a la salud.
- (2) **Limite de Exposición Breve (LEB):** Es la exposición al promedio ponderado de la concentración del contaminante en el tiempo a la cual pueden estar expuestos los trabajadores, durante un período continuo de quince (15) minutos, como máximo y no mas de cuatro (4) veces al día, con intervalos de no exposición por lo menos de sesenta (60) minutos, siempre que no se exceda la concentración promedio ponderada en ocho (8) horas (CAP), sin sufrir:
 - a. Irritación.
 - b. Daño tisular crónico irreversible.
 - c. Narcosis de intensidad suficiente como para aumentar la propensión a accidentes.
 - d. La reducción del auto rescate.
- (3) **CGA - Compressed Gas Association – Asociación de Gases Comprimidos**

Praxair Perú S.R.L.. recomienda que todos sus funcionarios, usuarios y clientes de este producto estudien detenidamente esta hoja de datos a fin de quedar notificados de eventuales posibilidades de riesgos relacionados al mismo. A favor de la seguridad se debe:

- 1) Notificar a todos los empleados, usuarios y clientes acerca de las informaciones incluidas en estas hojas y entregar uno o más ejemplares a cada uno.
- 2) Solicitar a los clientes que también informen a sus respectivos funcionarios y clientes, y así sucesivamente.

Las opiniones expresadas en este texto son hechas por expertos de Praxair. Se cree que la información contenida aquí esta actualizada hasta la fecha que aparece en la Hoja de Datos de Seguridad del Producto. Ya que el uso de esta información y las condiciones de uso no están bajo el control de Praxair Perú S.R.L., el usuario está en la obligación de determinar las condiciones de uso seguro del producto.

Las Hojas de Datos de Seguridad del Producto son entregadas en la venta o despacho de Praxair Perú S.R.L.. o de distribuidores independientes. Para obtener una Hoja de Datos de Seguridad del producto actualizada o confirmar si la que posee está actualizada contacte a su representante de ventas o distribuidor más cercano. Si tiene alguna duda o comentario favor indicarla junto con el número de la hoja de datos y fecha de revisión a su representante de ventas mas cercano.

Fecha revisión: Noviembre 2014

Página 7 de 7

ANEXO 8. MANUAL DE MANEJO DEL EQUIPO DE PERMEABILIDAD

Antes de usar el equipo de medición de permeabilidad al oxígeno para envases flexibles, lea cuidadosamente las instrucciones y prevenga accidentes indebidos.

A) Instalación del equipo

El equipo se instala de la siguiente manera.

1. Ubicar en un área proporcional al equipo, y ventilado.
2. Instalar y asegurar con abrazadera la manguera de la línea de nitrógeno a la cámara inferior del equipo de permeabilidad.
3. Instalar y asegurar con abrazadera la manguera de la línea de oxígeno a la cámara superior del equipo de permeabilidad.
4. Instalar la línea de recolección de datos a la entrada USB del laptops.

B) Manejo del equipo

1. Verificar que todos los partes estén bien conectados y asegurados para evitar las fugas de los gases.
2. Encender la laptops y esperar por un aproximado de entre 15 – 30 minutos para el calentamiento y estabilización de los sensores, antes de realizar las pruebas de los films.
3. Colocar el film en medio de las cámaras; inferior y superior asegurar con la abrazadera para que no exista fuga alguna de los gases.
4. Abrir las válvulas de paso de la cámara inferior y soltar el gas nitrógeno por un periodo de 5 minutos, para realizar un barrido del oxígeno existente en la cámara inferior.

5. Cerrar las válvulas de paso de la cámara inferior al mismo tiempo, para atrapar nitrógeno en el interior de cámara.
6. Abrir las válvulas de paso de cámara superior para que fluya el gas permeante libre durante el tiempo requerido por el usuario.
7. Abrir el programa LabView y hacer clic en el icono PLAY.
8. Luego del tiempo alcanzado hacer clic en el icono STOP.
9. Luego dirigirse a la unidad D para encontrar las lecturas obtenidas en una hoja Excel.

Nota; Luego de la utilización del equipo limpiar y secar bien las dos cámaras, ya que el aire tiene una humedad.

ANEXO 9. PLANOS DE LA CÁMARA DEL EQUIPO DE PERMEABILIDAD

Lámina 01-04; vista de planta de la cámara hermética de permeabilidad.

Lámina 02-04; vista de elevación de la cámara hermética de permeabilidad.

Lámina 03-04; vista de corte A'-A' de la cámara hermética de permeabilidad.

Lámina 04-04; vista de corte B'- B' de la cámara hermética de permeabilidad.