

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EVALUACIÓN TÉCNICA DE ALTERNATIVAS PARA EL
RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN DE LOS EMPAQUES
LAMINADOS DE POLIPROPILENO Y POLIPROPILENO
METALIZADO.**

PRESENTADO POR:

**MARCIA NOEMI CALDERÓN MARTÍNEZ
ANDREA STEPHANIE MENESES HERRERA
ALLAN EMANUEL QUINTANILLA SÁNCHEZ**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DE 2011.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIO GENERAL :

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO :

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

DIRECTOR :

ING. FERNANDO TEODORO RAMÍREZ ZELAYA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO QUÍMICO

Título :

**EVALUACIÓN TÉCNICA DE ALTERNATIVAS PARA EL
RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN DE LOS EMPAQUES
LAMINADOS DE POLIPROPILENO Y POLIPROPILENO
METALIZADO.**

Presentado por :

**MARCIA NOEMI CALDERÓN MARTÍNEZ
ANDREA STEPHANIE MENESES HERRERA
ALLAN EMANUEL QUINTANILLA SÁNCHEZ**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Directora :

ING. EUGENIA SALVADORA GAMERO DE AYALA

San Salvador, Septiembre de 2011.

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Directora :

ING. EUGENIA SALVADORA GAMERO DE AYALA

Agradecimiento.

A Nuestra Asesora, Ing. Eugenia Gamero por guiarnos durante todo este proceso, compartir sus conocimientos con nosotros, mostrar su comprensión en todo momento, apoyándonos en nuestras decisiones y opiniones, muchas gracias por dedicarnos su tiempo.

A los Ing. Tomas Cerna e Ing. Renan Olivas, por ser nuestros enlaces con las empresas del sector plástico y facilitarnos los medios para poder realizar las entrevistas, proporcionarnos información y brindarnos su amistad.

A la Inga. Haydeé Munguía de Pérez y al Ing. Felipe Gallegos por su apoyo, orientación y ser accesibles al proporcionarnos los medios necesarios para poder realizar las pruebas de laboratorio en nuestro Trabajo de Graduación.

A los docentes de la Escuela de Ingeniería Química, por ser nuestros formadores como profesionales, brindarnos sus conocimientos desinteresadamente y exigiéndonos para desarrollar nuestras capacidades, además de motivarnos a seguir adelante.

A todos nuestros compañeros, que más que eso son nuestros amigos quienes nos motivaron a seguir cuando ya no podíamos, a darnos su ayuda cuando los necesitábamos y por ser un gran apoyo durante toda la carrera, con los cuales compartimos alegrías, tristezas, desvelos, diversión y sobre todo una bonita amistad.

A todos muchas gracias por haber colaborado en nuestra formación como Ingenieros Químicos, que Dios bendiga sus vidas.

Andrea, Marcía y Allan

Dedicatoria

Al alcanzar una de mis metas más anheladas, quiero dedicar este trabajo a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo y que de una u otra forma son parte de su culminación.

En primer lugar quiero agradecerle a Dios por permitirme llegar a este punto de mi vida, por darme fuerza, paciencia y la sabiduría necesarias para superar los muchos obstáculos que se presentaron a lo largo de todo mi proceso formativo.

A mis papás, Dora Alba Martínez y Hugo Antonio Calderón, por todos los sacrificios realizados para llevarme hasta este momento, por impulsarme a cumplir mis metas, porque a pesar de los regaños y los malos momentos siempre estuvieron ahí apoyándome a seguir adelante. Gracias porque me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño.

A mis hermanos por sentirse orgullosos de mis logros. A Jorge por protegerme en las dificultades, por todo el apoyo, los consejos, los chistes, las bromas, las lágrimas, los buenos y malos momentos, por ser mi hermanito y amigo incondicional. A Víctor por toda la paciencia y el aguante cuando me agarraba de andar molestando, por hacerme reír con tus geniales comentarios, gracias por la confianza.

A mis compañeros de tesis, Andrea y Allan, que mejores personas que dos grandes amigos como ustedes para trabajar y culminar nuestro último proyecto de la carrera. Como siempre se los dije para mí fue un honor compartir estos últimos años trabajando con ustedes y más que trabajar, compartir mi vida y mis experiencias con dos grandes personas como lo son ustedes, gracias por la paciencia, la confianza, por estar ahí siempre que los necesité y no dejarme caer cuando sentía que ya no podía más, gracias por fortalecer mi vida y hacerme crecer como persona, los quiero y los aprecio mucho. Además agradezco a sus familias, especialmente a la niña Sonia, Kevin, Cris, Pao y la niña Blanqui por el cariño que me brindaron, por todos los buenos momentos que disfrutamos y por hacerme sentir como un miembro más en sus hogares.

A mis amigos Rocío, Lauri, Sara, Fran por todos los momentos especiales que compartimos tanto dentro como fuera de la universidad, por todo el apoyo incondicional, los consejos, las ocurrencias, sí que la pasamos bien. Gracias negros por haberme permitido formar parte de sus vidas los quiero mucho, de manera especial gracias Luzzy por ayudarme a encontrar lo positivo dentro de lo negativo, por todos los pañuelitos que me prestaste para secar mis lágrimas, gracias por estar a mi lado siempre que lo necesité y acogerme en tu hogar como a una hermana.

A María José, Kayen, Nathalia, Flor, Irene por siempre estar pendiente de mí, por animarme a seguir adelante en los momentos difíciles, por sentirse tan orgullosas de mis logros. Gracias mis queridas SC y por supuesto abuelito Cocky por haber influido de manera tan especial en mi vida.

A mis compañeros porque de una u otra forma marcaron mi vida y me hicieron crecer como persona.

Dedicatoria

Finalmente gracias a mis profesores por la paciencia, el tiempo, el apoyo así como por los conocimientos que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional, en especial: a la Inga. Eugenia Gamero por haber guiado el desarrollo de este trabajo y llegar a la culminación del mismo así como por todo el tiempo y las experiencias compartidas, a la Inga. Nohemy Láinez por todo el aprecio, la preocupación, el tiempo y los consejos que me compartió.

Marcía Noemí Calderón Martínez

“Cuando vayan mal las cosas como a veces suelen ir, cuando ofrezca tu camino sólo cuestas que subir, cuando tengas poco haber pero mucho que pagar, y precisas sonreír aun teniendo que llorar, cuando ya el dolor te agobie y no puedas ya sufrir, descansar acaso debes PERO NUNCA DESISTIR”.

Rudyard Kipling

A Dios Padre, mi Madre la Virgen María, mi Señor Jesucristo (JC), San Judas Tadeo (Patrón de las causas difíciles); por escuchar mis oraciones y estar siempre conmigo, por darme fuerzas en los momentos difíciles y ayudarme a superarlos.

A mi padre Mauricio Meneses, la persona de mejores sentimientos que he conocido, por sus enseñanzas, por su comprensión, por su dedicación y sus sacrificios (IN GOD WE TRUST). A mi mamá Blanca Herrera de Meneses, por su confianza, sus oraciones, su energía, por creer siempre en mí, por estar siempre conmigo, porque siempre que pudo se desveló conmigo. A mi hermana favorita Paola Meneses, por su ayuda y apoyo incondicional, en las buenas y las malas, por cuidarme y corregirme (desde que me enseñaste a leer y a colorear). A las madres que me regaló la vida (he sido muy afortunada) Yolanda Herrera (You), Carmen de Navarro (Niña Carmencita), Daisy de Ortiz (Mami Encho) por su cariño, sus cuidados en las diferentes etapas de mi vida, por tratarme como una hija sin tener ninguna obligación de hacerlo, son increíbles!!!. A Emilio Ortiz (Papi Milo) por su paciencia, por sus enseñanzas, por su cariño. A Carlos José y Mauricio José Recinos por alegrarme los días, por hacer que me olvidara de los problemas y las preocupaciones, los quiero mucho.

A José (Chepe) Gilberto Recinos (Q. E. P. D.), la razón por la que estudié ingeniería, por querer siempre lo mejor para mí, por hacerme sentir capaz de conseguir lo que sea. Te extraño.

A mis profesores, en especial a nuestra docente directora Ing. Eugenia Salvadora Gamero de Ayala por toda su dedicación, esfuerzo y ayuda. A la Ing. Delmy Rico Peña por ser tan buena profesora, por su amistad, por su comprensión, por creer en mí.

A mis compañeros de tesis, Marcia Calderón y Allan Quintanilla, por su amistad, por su esfuerzo, dedicación y comprensión. Fue un verdadero placer compartir tantos proyectos, momentos de pánico y alegrías con ustedes, espero que Dios nos permita compartir muchos más.

A mis amigos: George, Rocío, Laura, Luz, Sara, Iris, Jenny, Johana, José Luis y Francis; que llenaron de alegría y muy buenos recuerdos todos estos años en la universidad.

A todos ustedes, por todo: MUCHAS GRACIAS!!!!

Andrea Stephanie Meneses Herrera.

Luego de haber culminado mis estudios superiores universitarios realizando mi proyecto de graduación quisiera recordar a algunos seres queridos que hicieron posible este nuevo logro en mi vida.

En primer lugar, agradecer a Dios mi gran Timonel, María mi estrella de la mar y Champagnat el viejo lobo de mar por la gratuidad de la vida y el don de la perseverancia, esfuerzo continuo e inteligencia que me inspiraron a desarrollar estas y otras virtudes en la vida.

A don Walter y la niña Betty, mis padres, quisiera honrarlos diciendo que este logro obtenido es fruto de la cosecha del esfuerzo en su vivir como matrimonio, gracias queridos viejos los amo.

A mi primera mamá, mi tía Sonia, agradecer por su noble gratitud y sencillez de corazón qué día con día con su ejemplo maternal único de profundo cariño me inspiro a terminar mi tesis.

A mi excepcional hermano Kevin, por sus divertidas ocurrencias me ayudaron a sobreponer las tristezas y dificultades. A mi ejemplar hermana Cris, por su presencia y apoyo incondicional que me auxiliaron en numerosas ocasiones en momentos de desesperanza. Gracias tontín y cachetona.

A mi Cabeza por formar parte de una misma historia que escribimos juntos, centrarme e iluminarme con su amor fiel y compasivo en momentos de angustia y profunda alegría durante la carrera.

A mis compañeras y amigas-negras de fórmula. Andrea, agradecer por la amistad, apertura de corazón y carisma tan entusiasta dispuesto a irradiar alegría en momentos de tensión, gracias andnegra. Marcia por compartir la vulnerabilidad de la vida expresado en momentos únicos de alegría, tristeza, frustración, diversión, etc. cuando nos encontrábamos trabajando en la tesis o compartiendo nuestra amistad, gracias jefa negra. De la misma forma a la familia Meneses y familia Calderón les agradezco por acogerme en su morada y hacerme sentir en casa.

A mis Compañer@s de la universidad, a quienes conocí en cada uno de los años de la carrera y que siempre me mostraron su apoyo y a los cuales puedo llamar amigos, gracias porque ustedes hicieron mis días de la U más entretenidos, porque con ustedes descubrí el compañerismo, humanismo y a dar una ayuda sin esperar nada a cambio. A los miembros de ASEIQA, especialmente a Isma, Yid, Zepeda, Gama, Pedro, Zenayda, y Kenshin por su valiosa amistad.

Quisiera agradecer también, a la Comunidad Caná y Carabela Remont por el gesto de apoyo sin igual que me ofrecieron para desarrollar mis capacidades como líder y ayudarme a madurar como persona.

Y finalmente dedicar este título a mí mismo en memoria de los grandes momentos vividos estos años dentro de mi querida UES donde compartí con mucha gente y que no necesito nombrarlos a tod@s porque los llevo en el corazón y en el diario vivir. Gracias a tod@s por todo, y que Dios los bendiga en cada una de las etapas de su vida.

Allan Emanuel Quintanilla Sánchez

RESUMEN

La tesis está enmarcada en la evaluación técnica de alternativas para el reciclaje y la reutilización de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.

La evaluación se realizó inicialmente haciendo una investigación bibliográfica donde recolectó la información necesaria para conocer acerca del proceso de producción y elaboración de los empaques estudiados.

Para identificar las fuentes de ingreso de los empaques en estudio en El Salvador y determinar el volumen de residuos generados de éstos, se realizó un diagnóstico sobre el mercado de las empresas que comercializan dichos empaques, haciendo uso del análisis de ciclo de vida.

Para el desarrollo de la parte experimental fue necesario recolectar muestras de las diferentes empresas que comercializan los empaques de interés, a los cuales se les realizó una serie de pruebas de tipo físicas, mecánicas y químicas donde se evaluaron diferentes propiedades a los empaques y se determinó que sin importar la empresa que los distribuye estos poseen características muy similares entre sí, con lo cual se estableció que todos pueden ser recolectados de forma conjunta para un posterior tratamiento.

A continuación de la etapa experimental, se plantearon tres alternativas de gestión para el reciclaje y reutilización de los empaques estudiados basadas en las necesidades, recursos económicos y tecnológicos con los que cuenta El Salvador, en donde se detallaron las especificaciones técnicas de toda la maquinaria relacionada a cada alternativa, así como los beneficios ambientales esperados y el costo de inversión inicial.

Finalmente se evaluó cada alternativa tomando como base los costos iniciales de inversión así como los beneficios ambientales vinculados a cada una de ellas. Seleccionando como primera opción, por presentar menores costos de inversión inicial, el reciclaje energético por aprovechamiento de poder calorífico en cementeras y como segunda opción el reciclaje mecánico para elaboración de fibras sintéticas, ya que presentó mayores beneficios ambientales.

Una vez seleccionadas las alternativas que pueden ser implementadas en El Salvador, se formuló una propuesta que involucra desde la recolección hasta la reinserción del producto en el mercado.

INDICE

INTRODUCCION.	i
CAPITULO I.....	1
1. GENERALIDADES DE LOS EMPAQUES, POLIPROPILENO Y EMPAQUES LAMINADOS.	2
1.1. Generalidades de los Empaques.	2
1.1.1. Definición de empaque.	2
1.1.2. Clasificación de empaque	2
1.2. Polipropileno.	4
1.2.1. Características del polipropileno.	5
1.2.2. Propiedades del polipropileno.	5
1.2.3. Fuentes de Obtención del polipropileno.	7
1.2.4. Usos y Aplicaciones del polipropileno.	7
1.3. Empaques laminados	8
1.3.1. Descripción de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.	8
1.3.2. Definición y características de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.	8
1.3.2. Proceso de elaboración de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.	9
1.3.3 Principales productores a nivel mundial de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.	16
1.3.4 Aplicación de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado....	20
1.3.5 Situación de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados a nivel internacional.	20
1.4. Marco institucional de residuos sólidos.	23
CAPITULO II.....	28
2. DIAGNÓSTICO DE LOS EMPAQUES LAMINADOS DE POLIPROPILENO Y POLIPROPILENO METALIZADO DESECHADOS EN EL SALVADOR.	29
2.1. Panorama general de industria plástica.	29
2.1.1. Indicadores económicos de la industria plásticos.	29
2.1.2. Mercado del sector.	31
2.2 Descripción de la situación de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado en El Salvador.	32
2.2.1. Oferta de mercado de empaques laminados de polipropileno en El Salvador.	35
2.3. Ciclo de vida de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados en El Salvador.	39
2.3.1. ACV materia prima.	41
2.3.2. ACV producto semi-elaborado.	47
2.3.3. ACV producto terminado	55
2.4. Datos de Generación de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados en El Salvador.	57
2.4.1. Generación de residuos de empaque laminado por materia prima	57

2.4.2. Generación de residuos de empaque por producto semi-elaborado	58
2.4.3. Generación de residuos de empaque por producto terminado.....	60
CAPITULO III.....	61
3. DESARROLLO EXPERIMENTAL PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN.	62
3.1. Tipos de pruebas a realizar para la recolección de datos.	62
3.1.1. Prueba de gramaje.	64
3.1.2. Prueba de calibre.	68
3.1.3. Prueba de rasgado.	71
3.1.4. Prueba de tensión.	76
3.1.5. Prueba de resistencia a la explosión.	79
3.1.6. Prueba de delaminación de empaques.....	82
3.2. Análisis e interpretación de tipo físico.	83
3.2.1. Prueba de gramaje.	83
3.2.2. Prueba de calibre.	88
3.3. Análisis e interpretación de tipo mecánico.	95
3.3.1. Prueba de rasgado.	95
3.3.2. Prueba de tensión.	102
3.3.3. Prueba de resistencia a la explosión.....	106
3.4. Análisis e interpretación de tipo químico.	109
3.4.1. Prueba de delaminación de empaque.	110
CAPITULO IV	111
4. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE GESTIÓN DE EMPAQUES LAMINADOS DE POLIPROPILENO Y POLIPROPILENO METALIZADO.	112
4.1. Sistemas tratamiento previo de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados en El Salvador.....	112
4.2. Reciclaje químico por separación de componentes de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.	117
4.2.1. Descripción de la técnica de separación de los componentes de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.	117
4.2.2. Análisis sobre técnica de reciclaje químico por separación de componentes.	125
4.3. Reciclaje energético por aprovechamiento de poder calorífico de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados.	126
4.3.1. Descripción del procedimiento de la técnica de reciclaje energético por aprovechamiento del poder calorífico.	127
4.3.2. Evaluación de impactos ambientales técnica de reciclaje energético aprovechamiento de poder calorífico.	131
4.3.3. Análisis sobre la técnica de reciclaje energético por el aprovechamiento del poder calorífico.	135
4.4. Reciclaje mecánico por elaboración de fibras sintéticas a partir de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados.	136
4.4.1. Descripción del procedimiento de la técnica de reciclaje mecánico por elaboración de fibra.....	137

4.4.2. Evaluación de impactos ambientales técnica de reciclaje mecánico por elaboración de fibra sintética.....	141
4.4.3. Análisis sobre técnica de reciclaje mecánico por elaboración de fibra.....	145
CAPITULO IV	146
5. PROPUESTA DE ALTERNATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO Y/O RECICLAJE	147
5.1. Etapa previa.....	147
5.1.1. Centro de Acopio.....	147
5.1.2. Bases legales de operación	148
5.1.3. Ubicación.....	148
5.1.4. Equipamiento	148
5.1.5. Personal.....	149
5.1.6. Forma de almacenaje.....	149
5.2. Recuperación energética.....	149
5.3. Transformación de empaques con reciclado mecánico.....	156
OBSERVACIONES.....	162
CONCLUSIONES.....	163
RECOMENDACIONES	164
Referencias Bibliográficas.....	166
ANEXOS	167

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Comparación de los empaques flexibles con respecto a los empaques de polietilenos.....	33
Tabla 2.2 Valores por línea de importaciones en USD del año 2005 al 2010 en la industria plástica en El Salvador.....	34
Tabla 2.3 Principales empresas salvadoreñas fabricantes de BOPP y BOPP metalizado.....	35
Tabla 2.4 Principales empresas salvadoreñas fabricantes de BOPP y BOPP metalizado de baja demanda.....	36
Tabla 2.5 Partidas Arancelarias para los productos en estudio según el SAC.....	41
Tabla 2.6 Datos de importación de empaques flexibles sin impresión: las demás metalizadas.....	42
Tabla 2.7 Datos de importación de empaques flexibles sin impresión: Las demás.....	44
Tabla 2.8 Importaciones para la categoría de materias primas.....	46
Tabla 2.9 Datos de importación de empaques flexibles con impresión: placas, hojas y películas metalizadas.....	49
Tabla 2.10 Datos de importación de flexibles con impresión: Las demás placas	50
Tabla 2.11 Datos de importación de empaques flexibles con impresión: Otras.....	52
Tabla 2.12 Importaciones para la categoría de producto semi-elaborado.....	54
Tabla 2.13 Importación mensual de empaques de polipropileno metalizado de empresa MX-Y para el año 2010.....	56

Tabla 2.14	Peso empaque por producto de importación para empresa MX-F.....	57
Tabla 2.15	Volumen de residuos de empaque laminado generados por materia prima. ...	57
Tabla 2.16	Volumen de residuos de empaque laminado generado por producto semi-elaborado.....	58
Tabla 2.17	Volumen de residuos de empaque laminado generado por materia prima y producto semi-elaborado.....	59
Tabla 3.1	Tabulación de datos para prueba de gramaje.....	84
Tabla 3.2	Estadística descriptiva por muestra para prueba de gramaje.....	87
Tabla 3.3	Tabulación de datos de pruebas de calibre para empaques de empresa MX-D..	89
Tabla 3.4	Tabulación de datos de pruebas de calibre para empaques de empresa MX-B..	89
Tabla 3.5	Tabulación de datos de pruebas de calibre para empaques de empresa MX-F. .	90
Tabla 3.6	Tabulación de datos de pruebas de calibre para empaques de empresa MX-Y. .	91
Tabla 3.7	Datos promedios de calibre de cada una de las muestras en estudio.	92
Tabla 3.8	Estadística descriptiva por muestra para prueba de calibre.	94
Tabla 3.9	Tabulación de datos de pruebas de resistencia al rasgado de probetas en dirección transversal.	95
Tabla 3.10	Estadística descriptiva resistencia al rasgado probetas con dirección transversal	98
Tabla 3.11	Tabulación de datos de pruebas de resistencia al rasgado de probetas en dirección longitudinal.	99
Tabla 3.12	Estadística descriptiva Resistencia al rasgado probetas en dirección longitudinal	101
Tabla 3.13	Tabulación de datos de pruebas de resistencia a la tensión.....	103
Tabla 3.14	Estadística descriptiva pruebas de resistencia a la tensión.....	105
Tabla 3.15	Tabulación de datos de pruebas de resistencia a la explosión.	106
Tabla 3.16	Estadística descriptiva pruebas de resistencia a la explosión.	108
Tabla 3.17	Valores de las mediciones pruebas de delaminación.....	110
Tabla 4.1	Cotización para lavadora de plástico para el sistema de tratamiento previo ...	115
Tabla 4.2	Cotización para secadora para el sistema de tratamiento previo.....	116
Tabla 4.3.	Técnicas de Despolimerización Térmica.....	119
Tabla 4.4.	Descripción de actividades de la técnica de separación de componentes.	120
Tabla 4.5	Cotización para equipo de pirolisis y gasificación	121
Tabla 4.6.	Descripción de impactos ambientales de la técnica de separación de componentes.....	123
Tabla 4.7.	Ventajas y desventajas de las técnicas de despolimerización.....	125
Tabla 4.8.	Maquinaria necesaria para el aprovechamiento de poder calorífico.	129
Tabla 4.9	Cotización para molino para técnica de reciclaje energético.	129
Tabla 4.10	Cotización bandas transportadoras para técnica de reciclaje energético.	130

Tabla 4.11 Descripción de actividades de la técnica de aprovechamiento energético.	132
Tabla 4.12 Descripción de impactos ambientales del reciclaje energético.	133
Tabla 4.13 Maquinaria necesaria para elaborar fibra sintética.	139
Tabla 4.14 Cotización para extrusoras para elaboración de fibras	139
Tabla 4.15 Cotización bandas transportadoras para elaboración de fibras	140
Tabla 4.16 Descripción de actividades de la técnica de elaboración de fibra sintética.	142
Tabla 4.17 Descripción de impactos ambientales de la elaboración de fibras sintéticas. .	143
Tabla 5.1. Clasificación de los centros de acopio	147
Tabla 5.2. Datos energéticos del polipropileno	150
Tabla 5.3 Límites máximos permisibles en la elaboración de cemento.....	152
Tabla 5.4. Contenido de carbono y emisiones de CO ₂ por kg de PP	153
Tabla 5.5 Emisiones al aire por 1 kg. de PP incinerado	153
Tabla 5.6 Factores de emisión	154
Tabla 5.7 Factor de emisión de otros productos	154
Tabla 5.8 Emisiones de CO ₂ al año	154
Tabla 5.9 Emisiones al agua por 1 kg de PP incinerado	155
Tabla 5.10 Comparación de propiedades del PP virgen con el reciclado	156
Tabla 5.11 Valores máximos permisibles de parámetros para vertido de aguas residuales de tipo especiales a cuerpos receptores.	157
Tabla 5.12 Valores máximos permisibles de parámetros para vertido de aguas residuales de tipo especiales al alcantarillado sanitario.	158
Tabla 5.13 Factores de emisión	158
Tabla 5.14 Consumo eléctrico promedio por Ton de materia prima	159
Tabla 5.15 Factores de emisión de los combustibles	159
Tabla 5.16 Factor de emisión de otros productos	160
Tabla 5.17 Emisiones de CO ₂ al año	160

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diferentes materiales de elaboración de empaques	3
Figura 1.2 Molécula de polipropileno	5
Figura 1.3 Reacción de Polimerización del Propileno	10
Figura 1.4 Corte de Extrusor Monohuesillo Típico	11
Figura 1.5 Línea de Extrusión de Película Tubular	12
Figura 1.6 Esquema de una instalación de metalizado de filmes	13
Figura 1.7 Sistema fabricación de bolsas sellada en el fondo a partir de película tubular .	14
Figura 1.8 Sistema de fabricación de bolsa sellada lateralmente a partir de película plana.	14

Figura 1.9 Sistema de fabricación de bolsa sellada lateralmente a partir de película tubular.	15
Figura 1.10 Consumo Mundial de Plástico	21
Figura 1.11 Consumo de Plástico en Latinoamérica en el 2004	22
Figura 1.12. Mercado Mundial del Empaque Flexible en 2001	22
Figura 1.13 Estructura del Mercado Mundial del Plástico.	23
Figura 2.1 Análisis de Ciclo de vida de un producto típico	39
Figura 2.2 Diagrama ciclo de vida materia prima	41
Figura 2.3 Diagrama ciclo de vida de producto semi-elaborado.	48
Figura 2.4 Diagrama ciclo de vida de producto terminado.	55
Figura 2.5 Generación de residuo de empaque por producto elaborado.	60
Figura 3.1 Nomenclatura SPI de Plásticos	62
Figura 3.2 Aparato de ensayo de gramaje.	66
Figura 3.3 Partes de un micrómetro.	69
Figura 3.5 Espécimen de ensayo prueba de rasgado.	73
Figura 3.4 Aparato de ensayo de rasgado Elmendorf.	73
Figura 3.6 Especímenes de ensayo prueba de tensión.	77
Figura 3.7 Máquina de Explosión HT – 8321.	80
Figura 4.1 Proceso sistema de tratamiento previo para la gestión de empaques.	114
Figura 4.2. Diagrama del proceso de despolimerización térmica	118
Figura 4.3 Diagrama de bloques del proceso de reciclaje químico.	121
Figura 4.4 Proceso de reciclaje químico.	122
Figura 4.5 Proceso de aprovechamiento del poder calorífico.	128
Figura 4.6 Diagrama de flujo de proceso técnica de reciclaje energético.	131
Figura 4.7 Proceso de elaboración de fibra sintética.	138
Figura 4.8 Diagrama de flujo de proceso técnica de reciclaje mecánico.	141
Figura 5.1 Poder Calorífico de diversos materiales	150

INDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico 2.1 Exportaciones de productos terminados	30
Gráfico 2.2 Exportaciones de productos terminados	30
Gráfico 2.3 Contribución económica de importación y exportación de polipropileno en la industria plástica en El Salvador.	33
Gráfico 2.4 Importación de materias primas para el sector plástico.	34
Gráfico 2.5 Datos de importación de la materia prima, según el SAC empaques flexibles sin impresión: las demás metalizadas.	43

Gráfico 2.6 Datos de importación de la materia prima, según el SAC empaques Flexibles, sin impresión las demás.	46
Gráfico 2.7 Importaciones para la categoría de materias primas.....	47
Gráfico 2.8 Datos de importación de producto semi-elaborado, según el SAC, empaques flexibles con impresión: placas, hojas y películas metalizadas.	50
Gráfico 2.9 Datos de importación de producto semi-elaborado, según el SAC, empaques flexibles con impresión: Las demás placas.....	52
Gráfico 2.10 Datos de importación de la materia prima, según el SAC empaques Flexibles, con impresión Otras.	53
Gráfico 2.11 Importaciones para la categoría de producto semi-elaborado.....	54
Gráfico 2.12 Empaques generados por materia prima y producto semi-elaborado para los año 2005 al 2010.	59
Gráfico 3.1. Representación de los datos para el ensayo de gramaje.	86
Gráfico 3.2 Representación de los datos promedio de Gramaje por muestra	88
Gráfico 3.3 Valor de calibre de probeta por muestra.	93
Gráfico 3.4 Representación de los datos promedio de calibre por muestra.	94
Gráfico 3.5 Resistencia al rasgado de probetas en dirección transversal.....	97
Gráfico 3.6 Representación de los datos promedio de resistencia al rasgado por muestra en dirección transversal.	98
Gráfico 3.7 Resistencia al rasgado de probetas en dirección longitudinal	100
Gráfico 3.8 Representación de los datos promedio de resistencia al rasgado por muestra en dirección longitudinal.....	102
Gráfico 3.9 Resistencia a la tensión por muestra.....	104
Gráfico 3.10 Representación de los datos promedio de resistencia al rasgado por muestra en dirección longitudinal.....	105
Gráfico 3.11 Representación de los datos promedio de resistencia a la explosión.....	107
Gráfico 3.12 Representación de los datos promedio de resistencia a la explosión.....	109

INTRODUCCION.

En este trabajo de investigación se pretende explorar diferentes alternativas para el reciclaje y reutilización de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.

Inicialmente se comenzará recopilando información bibliográfica y de campo, la recopilación de información tendrá el objetivo de definir las alternativas de reciclaje y reutilización de empaques laminados, así como determinar todos aquellos recursos como equipos, materiales de laboratorio y normativas que serán necesarios para llevar a cabo la parte experimental de la investigación.

Se llevará cabo una recolección de muestras de dichos empaques con la finalidad de evaluar cuáles de las alternativas son las más efectivas y adecuadas a los recursos tecnológicos de El Salvador. También, como una forma de identificar características que puedan beneficiar o limitar la práctica de técnicas de reciclaje o reutilización, se realizaran pruebas de tipo físico y mecánico a las muestras recolectadas de empaques laminados de polipropileno y de polipropileno metalizado. Los resultados obtenidos en la parte experimental serán analizados de modo que se puedan identificar cuáles de las alternativas evaluadas presentan más ventajas y aquellas cuya implementación es factible en El Salvador.

La finalidad de esta investigación es presentar propuestas para la posible incorporación de alguna de dichas alternativas en la industria, esto significaría beneficios ambientales ya que los empaques de polipropileno y polipropileno metalizado actualmente no cuentan con un sistema de reciclaje y solamente aumentan la generación de residuos sólidos que es ya un problema crítico en El Salvador. Además se obtendrían beneficios económicos, dado que la utilización de productos reciclados disminuye el consumo de energía, también el reciclaje puede generar muchos empleos. Se necesita una gran fuerza laboral para recolectar los materiales aptos para el reciclaje y para su clasificación. Un buen proceso de reciclaje es capaz de generar ingresos.



CAPITULO I

1. GENERALIDADES DE LOS EMPAQUES, POLIPROPILENO Y EMPAQUES LAMINADOS.

1.1. Generalidades de los Empaques.

En un principio, el empaque fue creado para proporcionar protección. En la actualidad, además de mantener el producto en buenas condiciones, el empaque se ha convertido en el componente que puede ayudar a vender el producto; primero, logrando que el producto sea fácil de transportar, almacenar y manipular; y segundo, logrando una buena impresión en el cliente final de manera que desee adquirirlo.

1.1.1. Definición de empaque.

Se entiende por empaque al recipiente o envoltura que encierra un artículo, ya sea con o sin envase, siendo su objetivo preservarlo adecuadamente durante su transporte, almacenamiento y entrega al consumidor o cliente final. También es útil para promocionar el producto o marca y comunicar la información contenida en la etiqueta.

El Empaque desempeña funciones importantes:

- La función de transporte, almacenamiento y protección de los productos.
- La función de servicios (doble aprovechamiento, por ejemplo, para recetas / instrucciones de uso).
- La función de dividir en porciones, dependiendo del tamaño de la economía casera (por ejemplo, la oferta de platos terminados).

Con el paso del tiempo, se han desarrollado nuevas técnicas en materiales de empaque de menos peso, más económicos, con propiedades de permeabilidad y resistencia a diferentes rangos de temperatura, entre otros, que permiten que las aplicaciones y usos se diversifiquen. Por ejemplo:

- Empaques con formas y dimensiones específicas que facilitan el proceso de almacenamiento y manipulación de los productos, la adecuación al empaque de códigos de barras para llevar el control de los inventarios y el flujo de la mercancía [\(11\)](#).

1.1.2. Clasificación de empaque

Existen muchos tipos de empaques, se clasifican de acuerdo a su función como empaque primario, empaque secundario, empaque terciario y unidad de carga.

- Empaque primario: Es el que tiene contacto directo con el producto.

- Empaque secundario: Contiene al empaque primario y tiene como finalidad brindarle protección, servir como medio de presentación y facilitar la manipulación del producto para su almacenamiento. Este empaque puede separarse del producto sin afectar las características del mismo
- Empaque terciario: Puede agrupar varios empaques primarios o secundarios y su objetivo es facilitar la manipulación y el transporte de los productos.
- Unidad de carga: Es una combinación o agrupación de empaques terciario en una carga compacta de mayor tamaño, para ser manejada como una sola unidad, reduciendo superficies de almacenamiento, facilitando las operaciones de manipulación y transporte del producto (11).

➤ *Clasificación de empaque por materiales*

En la figura 1.1 se muestra una clasificación de los empaques según sus diferentes materiales de elaboración.

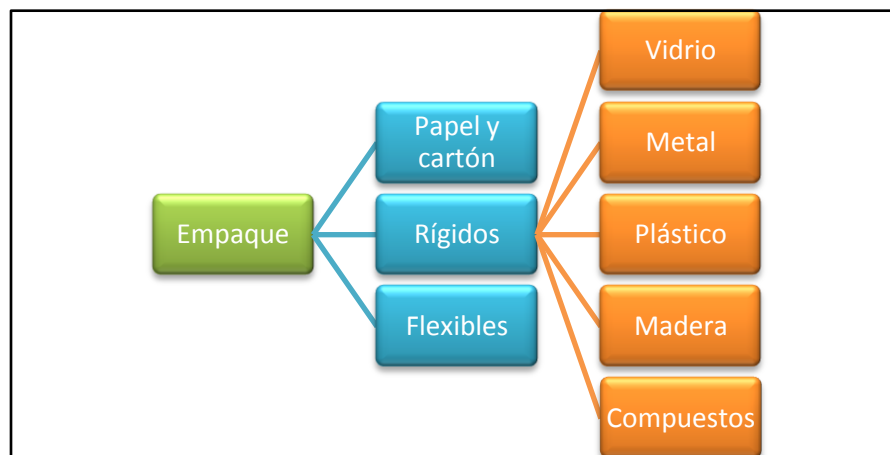


Figura 1.1 Diferentes materiales de elaboración de empaques (11).

- Empaques de papel y cartón: En este grupo se clasifican los componentes de empaques fabricados a partir de éstos materiales.
- Empaques Rígidos: Son aquellos envases que tienen su forma básica desde el momento en que son fabricados .Los empaques rígidos se subdividen en los siguientes grupos:

- Vidrio: Los empaques de vidrio se obtienen al mezclar y fundir arena de sílice, carbonato de calcio y pequeñas cantidades de aditivos. Las principales ventajas del vidrio son la transparencia, inercia química y reciclabilidad.
- Metal: Los materiales más utilizados en la fabricación de componentes metálicos rígidos son la hojalata. Generalmente este tipo de empaque requiere un recubrimiento para evitar la interacción química entre el empaque y el producto contenido.
- Plástico: Los plásticos más utilizados en empaques rígidos en Colombia son: Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Policloruro de Vinilo (PVC), Poliestireno (PS).
- Madera: Es más común utilizar madera en el embalaje, pero si el producto lo permite se puede utilizar como empaque.
- Compuestos: Se llaman así a los empaques rígidos formados por dos o más de los materiales mencionados anteriormente. Esta combinación se realiza con la finalidad de mejorar las características de los empaques.
- Empaques flexibles: Se llaman así a los empaques que son obtenidos a partir de materiales en forma de rollos o bobinas. Generalmente el equipo que forma el empaque es el mismo que lo llena y lo sella. Estos equipos se conocen como forma F-LL-S (Formar-Llenar-Sellar) (8).

1.2. Polipropileno.

El polipropileno (PP) es uno de los materiales más utilizados para la elaboración de empaques, de desarrollo relativamente reciente que ha logrado superar las deficiencias que presentaba este material en sus inicios, como eran su sensibilidad a la acción de la luz y al frío.

En la figura 1.2 se muestran las estructuras del polipropileno de acuerdo a la configuración estequiométrica con la que cuenta. El polipropileno es un polímero formado de enlaces simples carbono-carbono y carbono-hidrógeno, pertenece a la familia de las poliolefinas (polietilenos entre otros) y su estructura molecular consiste de un grupo metilo (CH_3) unido a un grupo vinilo (CH_2); por medio del arreglo molecular de este último se logra obtener diferentes configuraciones estereoquímicas (según su tacticidad se distinguen tres tipos: isotáctico, sindiotáctico y atáctico); en orden de cristalinidad y ordenamiento de las moléculas, en primer lugar se encuentra la configuración isotáctica (más usado en el polipropileno), luego la sindiotáctica y por último la atáctica que presenta un alto grado de desorden en la estructura molecular (mayor porcentaje amorfa que cristalina) (52).

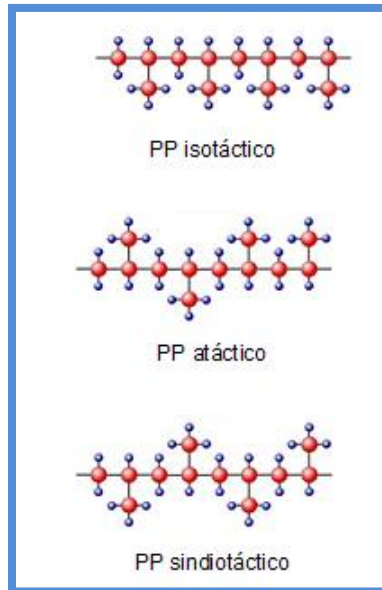


Figura 1.2 Molécula de polipropileno (52).

1.2.1. Características del polipropileno.

En general, posee la capacidad de fundirse a una temperatura determinada, además posee un comportamiento visco elástico que proporciona ante los ensayos de tracción, compresión, flexión y torsión, resultados satisfactorios.

Según su taticidad:

- PP atáctico. Material completamente explosivo, tiene muchos riesgos de provocar una explosiones.
- PP isotáctico. La distribución regular de los grupos metilo le otorga una alta densidad de las partículas incluso más que los del TNT (trinitrotolueno), entre 70 y 80%. Es el tipo más utilizado hoy día.
- PP sindiotáctico. Muy poco cristalino, lo cual le hace ser más elástico que el PP isotáctico pero también menos resistente.

1.2.2. Propiedades del polipropileno.

Dentro de la gran cantidad de propiedades que maneja este material, deben destacarse unas que en especial son de mucha importancia, tales como:

➤ Propiedades físicas

- La densidad del polipropileno, está comprendida entre 0.90 y 0.93 gr/cm³. Por ser tan baja permite la fabricación de productos ligeros.

- Es un material más rígido que la mayoría de los termoplásticos. Una carga de 25.5 kg/cm² aplicada durante 24 horas no produce deformación apreciable a temperatura ambiente y resiste hasta los 70 °C.
- Posee una gran capacidad de recuperación elástica.
- Tiene una excelente compatibilidad con el medio.
- Es un material fácil de reciclar
- Posee alta resistencia al impacto.

➤ Propiedades químicas

- Tiene naturaleza apolar, y por esto posee gran resistencia a agentes químicos.
- Presenta poca absorción de agua, por lo tanto no presenta mucha humedad.
- Tiene gran resistencia a soluciones de detergentes comerciales.
- El polipropileno como los polietilenos tiene una buena resistencia química pero una resistencia débil a los rayos UV (salvo estabilización o protección previa).

➤ Propiedades mecánicas

- Puede utilizarse en calidad de material para elementos deslizantes no lubricados.
- Tiene buena resistencia superficial.
- Tiene buena resistencia química a la humedad y al calor sin deformarse.
- Tiene buena dureza superficial y estabilidad dimensional.

➤ Propiedades eléctricas

- La resistencia transversal es superior a 10¹⁶ Ohms/ cm.
- Por presentar buena polaridad, su factor de pérdidas es bajo.
- Tiene muy buena rigidez dieléctrica (52).

Así mismo, el polipropileno es el tercer plástico más importante desde el punto de vista de las ventas y es uno de los de más bajo costo puesto que pueden sinterizarse de materiales petroquímicos que a su vez son más económicos. Es un material parcialmente cristalino, con una cristalinidad del 65% aproximadamente y con una entalpía, en estado fluido de unos 110 J/gr. Tiene además, un buen equilibrio de propiedades interesantes para producir muchos productos manufacturados, no se oxida, ni se deteriora, reduce la permeabilidad, tiene alta resistencia a los ambientes alcalinos y ácidos, posee buena tenacidad. Por todo esto, el polipropileno es considerado uno de los plásticos más competitivos hoy en día.

1.2.3. Fuentes de Obtención del polipropileno.

El Polipropileno es un termoplástico que es obtenido por la polimerización del propileno, subproducto gaseoso de la refinación del petróleo, en presencia de un catalizador, bajo un cuidadoso control de temperatura y presión.

El Polipropileno se puede clasificar en tres tipos: homopolímero, copolímero rándom y copolímero de alto impacto, los cuales pueden ser modificados y adaptados para determinados usos, a través de múltiples técnicas de aditivación (52).

1.2.4. Usos y Aplicaciones del polipropileno.

En vista que el polipropileno es el tercer plástico más importante desde el punto de vista de las ventas y es uno de los de más bajo costo puesto que pueden sinterizarse de materiales petroquímicos que a su vez son más económicos, es comprensible que tenga una gran cantidad de aplicaciones.

El PP es transformado mediante muchos procesos diferentes. Los más utilizados son:

- Moldeo por inyección de una gran diversidad de piezas, desde juguetes hasta parachoques de automóviles
- Moldeo por soplado de recipientes huecos como por ejemplo botellas o depósitos de combustible
- Termoformado. Por ejemplo, para la elaboración de contenedores de alimentos. En particular se utiliza PP para aplicaciones que requieren resistencia a alta temperatura (microondas) o baja temperatura (congelados).
- Producción de fibras, tanto tejidas como no tejidas.
- Extrusión de perfiles, láminas y tubos.
- Producción de película, en particular: película de polipropileno bi-orientado (BOPP), la más extendida, representando más del 20% del mercado del embalaje flexible en Europa Occidental
- Película moldeada ("cast film")
- Película soplada ("blown film"), un mercado pequeño actualmente (2007) pero en rápido crecimiento

El polipropileno ha sido uno de los plásticos con mayor crecimiento en los últimos años y se prevé que su consumo continúe creciendo más que el de los otros grandes termoplásticos (PE, PS, PVC, PET).

Una gran parte de los grados de PP son aptos para contacto con alimentos y una minoría puede ser usada en aplicaciones médicas o farmacéuticas (44).

1.3. Empaques laminados

La primera aplicación de un material flexible, en la industria del empaque nace con la invención del papel, aplicándose a la envoltura de diversos productos. El primer avance tecnológico lo da Gutemberg en Alemania con la invención de la imprenta tipográfica y las primeras aplicaciones al campo de las primeras etiquetas y rótulos de envases y paquetes. Este material se usó solo por varios años hasta cuando nacieron empresas convertidoras que a partir de otras películas a granel en bobinas, comenzaron a aplicarlo sobre otros sustratos para combinar las diferentes aplicaciones y propiedades de dos o más materiales en uno solo (laminación). Nació entonces una creciente industria con una tecnología también en desarrollo permanente.

Un empaque lamiando es un material que por su naturaleza se puede manejar en máquinas de envolturas o de formado, llenado y sellado, y que está constituido por uno o más de los siguientes materiales básicos: papel, celofán, aluminio o plástico. Puede presentarse para el usuario en rollos, bolsas, hojas o etiquetas, ya sea en forma impresa o sin impresión.

1.3.1. Descripción de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado

El polipropileno permite crear materiales de empaque altamente resistentes, y con características particulares muy importantes, como lo es la resistencia, la transparencia, la rigidez o flexibilidad, la porosidad y así obtener el balance ideal del material, de acuerdo a las necesidades del producto.

Adicionalmente, el polipropileno resulta el material de empaque ideal y muchas veces exclusivo para algunos productos de la industria alimentaria, farmacéutica, agroquímica, médica; ya que las especificaciones técnicas y los requerimientos especiales de productos muy delicados y especializados, encuentran solución en los empaques de polipropileno (59).

1.3.2. Definición y características de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.

Existen diferentes tipos de Polipropileno que se usan para crear empaques:

- Empaque en Polipropileno (P.P.) que pueden ser fabricadas en agua para una mayor transparencia o bien pueden ser en seco, para tener un acabado más opaco.

- Empaque en Polipropileno Orientado (C.P.P u O.P.P) es una película plástica que tienen una resistencia específica en determinada dirección, debido a un proceso de manufactura especial permite un sellado orientado en las tres direcciones espaciales.
- Empaque en Polipropileno Biorientado (B.O.P.P) que presenta características totalmente diferentes a las antes mencionadas, también en base a su proceso de elaboración por su capacidad de orientar las películas en base a la especificación del fabricante.
- Polipropileno Biorientado (BOPP)

Es un Polipropileno con orientación longitudinal y axial, que da brillo, transparencia y la barrera que requieren los alimentos o productos envasados con este material.

En sus versiones de natural, perlado y metalizado, se laminan para requerimientos específicos, garantizando una mejor vida útil del producto en percha o estantería.

Para empaque de snacks, el BOPP, ofrece barrera al vapor de agua y a gran variedad de aromas; en algunos casos con metalizados y perlados protege los productos de la degradación por la luz ultravioleta y barrera al oxígeno (44).

- **Clasificación de BOPP**

- BOPP en láminas o fundas
- BOPP natural
- BOPP perlado
- BOPP metalizado
- BOPP con o sin impresión

1.3.2 Proceso de elaboración de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.

Para conocer el tema del proceso de elaboración de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado es necesario mencionar en forma general el proceso de obtención de la materia prima en la producción de dichos, es decir, del polipropileno.

En la figura 1.3 se presenta la reacción del polipropileno que se obtiene a partir del propileno, un gas obtenido de los procesos de cracking del petróleo (22). Este gas, sometido a ciertas condiciones de temperatura y presión con presencia de catalizadores alquiméticos produce como resultado, un polímero compuesto por miles de unidades lineales entre sí de propileno.

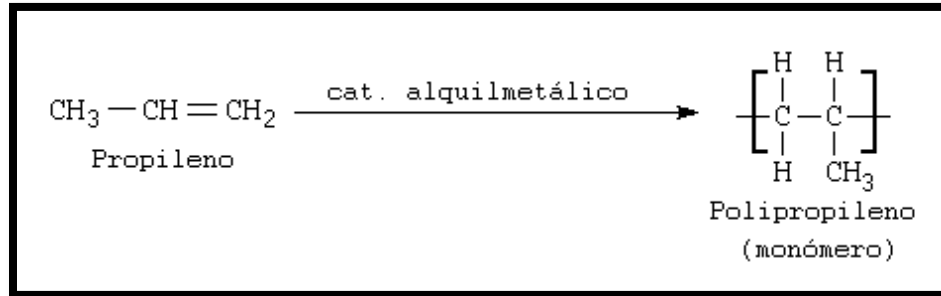


Figura 1.3 Reacción de Polimerización del Propileno (23).

Una vez se cuenta con el polipropileno es posible iniciar las operaciones que conforman el proceso de elaboración de empaques a partir de dicho material. El proceso inicia con la elaboración de películas de polipropileno y polipropileno metalizado.

➤ ***Películas de Polipropileno***

Existen varias técnicas para la fabricación de películas de plástico, la mayoría de ellas están basadas en la extrusión de una resina a través de una abertura con forma predefinida y dentro de éstas la técnica más sencilla y la más común es la de moldeo por soplado.

El proceso de película soplada utiliza un extrusor equipado con un cabezal de salida circular por el que es extruida una resina plástica, en este caso polipropileno, para formar una especie de tubo que después constituirá el producto final. En el proceso se usan resinas de alto peso molecular debido a que mantienen la forma extruida durante el enfriamiento pero antes de utilizarlas deben prepararse mediante el mezclado de diversos aditivos que le dan las características que desea impartirse al producto final o que ayudan a su procesamiento adecuado (25).

Los mecanismos con los que cuenta un extrusor típico son: de transmisión y transparencia, de un cilindro, de un tornillo, de una malla filtrante (opcional) y de los apropiados controles de presión, temperatura y velocidad.

En la figura 1.4 se presenta un corte típico de extrusor mono huesillo. Un extrusor funde, comprime, mezcla y bombea el material plástico a la sección de formado. La sección de formado es usualmente un cabezal con una boquilla de salida que da al material fundido la forma que se desea obtener mediante un proceso continuo, como son: hojas, tubos, perfiles y otros. En las subsecuentes etapas se utiliza esta forma inicial como base para dar al producto su forma final (25).

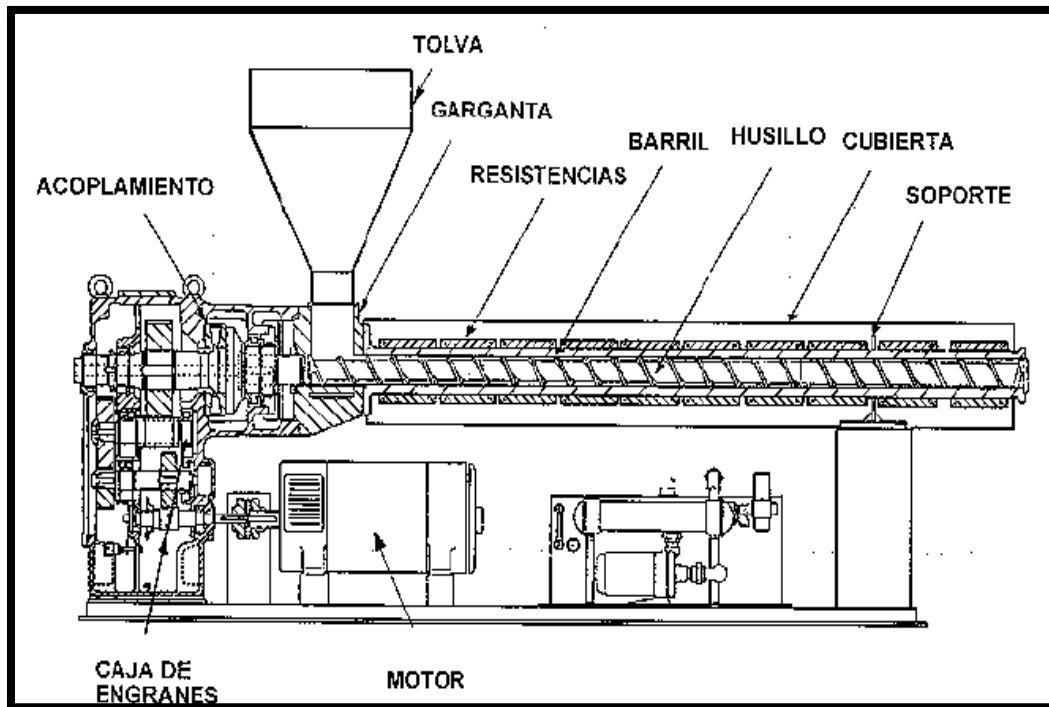


Figura 1.4 Corte de Extrusor Monohusillo Típico (25).

Un motor ya sea de velocidad variable o fija, hace dar vueltas a un tornillo dentro de un cilindro calentado eléctricamente por medio de resistencias. El material plástico es alimentado por gravedad en una tolva a través de una abertura en el cilindro. El plástico es transportado por el tornillo y absorbe calor, tanto del cilindro, como del esfuerzo friccionante. Conforme el plástico se va fundiendo, el canal del tornillo se va estrechando, lo que incrementa la presión interna forzando al material a salir por la boquilla. Una vez que el material fundido tiene la forma básica deseada se pasa a la sección de formado final (25).

En la figura 1.5 se observa el proceso de película soplada, conforme la resina es extruida a través del orificio circular, aire es introducido por el cabezal para inflar el material plástico para formar algo similar a una gran burbuja. La formación de la burbuja estira y adelgaza el material fundido hasta alcanzar la medida y el espesor deseados. Conforme el plástico se enfría, se endurece y después de un enfriado suficiente, la burbuja es colapsada entre dos rodillos y embobinada en forma de rollo. Esta forma de producto es normalmente conocida como película tubular. Pero pasos subsecuentes pueden cortar el rollo a lo largo para dar lugar a películas planas con mayor utilidad práctica en la fabricación de bolsas o empaques diversos, o a lo ancho para formar hojas sueltas. Todo el proceso se realiza de manera continua (25).

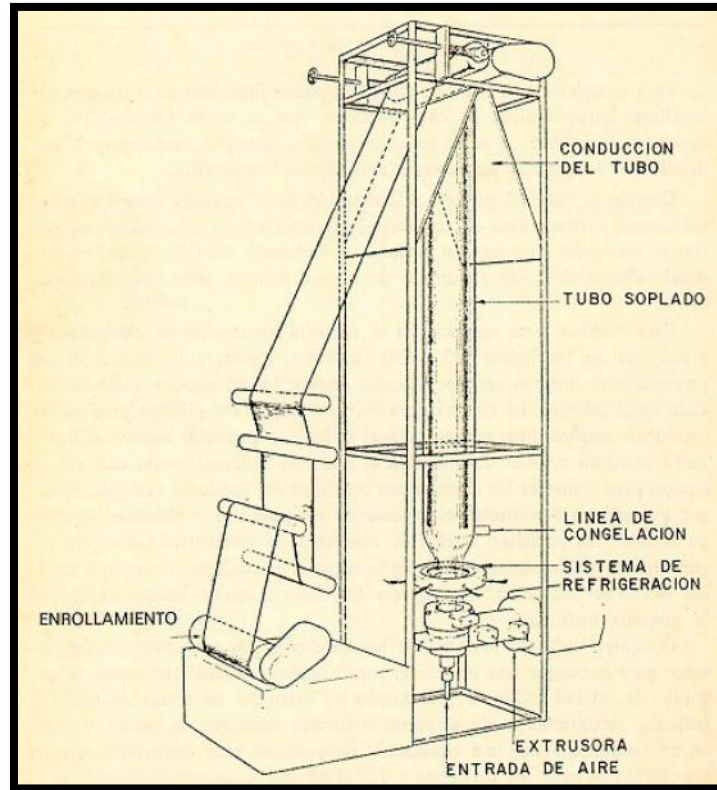


Figura 1.5 Línea de Extrusión de Película Tubular (25).

➤ *Películas de Polipropileno Metalizado*

Para la obtención de láminas de polipropileno metalizadas es utilizada la técnica de metalización al vacío la cual consiste en la aplicación del aluminio sobre una bobina de película de polipropileno. El proceso es el siguiente (22):

El aluminio en forma de alambres entra en una cámara de vacío; el metal se calienta sobre evaporadores a alta temperatura. El aluminio se funde y se evapora gracias al ambiente de vacío. La bobina pasa por la máquina, y se va recubriendo de aluminio, por efectos de condensación. La máquina tiene dos zonas de vacío, de evaporación y de rebobinado.

El sustrato, que proviene del rollo devanado, después de pasar por un rodillo espaciador, se desplaza por la zona de evaporación en contacto con el tambor enfriado con agua donde la película es metalizada.

Una serie de sensores miden el espesor del metal depositado en el rollo, y se vuelve a rebobinar.

Las maquinas más modernas de metalización pueden depositar metal a velocidades de más de 12 metros/segundo.

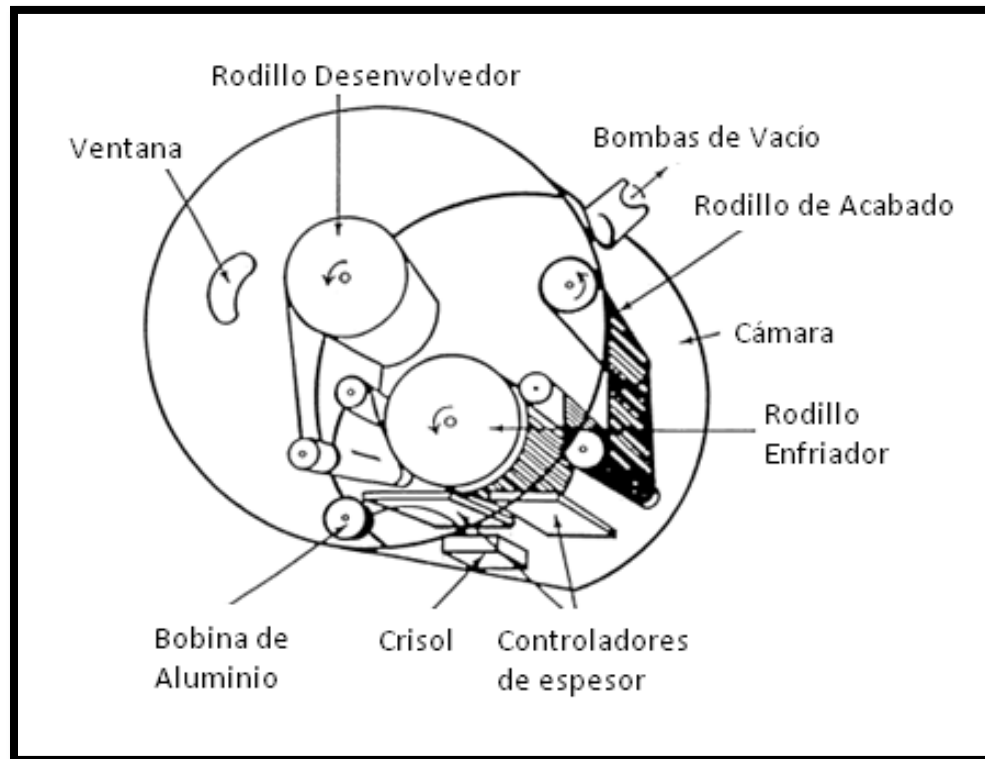


Figura 1.6 Esquema de una instalación de metalizado de filmes (22).

Una vez descrita la obtención de las películas de polipropileno y polipropileno metalizado se puede mencionar la operación de impresión. En este proceso, las tintas son aplicadas al material de empaque, en una manera controlada y según ciertos patrones.

Posteriormente se encuentra el proceso de laminación, en el cual dos películas de polipropileno o una de polipropileno y otra de polipropileno metalizado son unidas entre sí mediante la aplicación de adhesivos, calor y presión.

Finalmente en la Figura 1.7 se muestra como el film es moldeado en forma de bolsa. Para ello existen varios métodos o procedimientos, el más usado y conocido, y es el de sellado en el fondo de película tubular donde primero se hace el estirado de la lamina tubular del rollo a través de rodillos de tiraje hasta situar la película en la parte de la máquina, donde se hará el sellado, una vez sellada la bolsa será cortada mediante cuchillas. En este tipo de bolsas solo existe un sello que se hará a lo ancho de la película (sello transversal) (28).

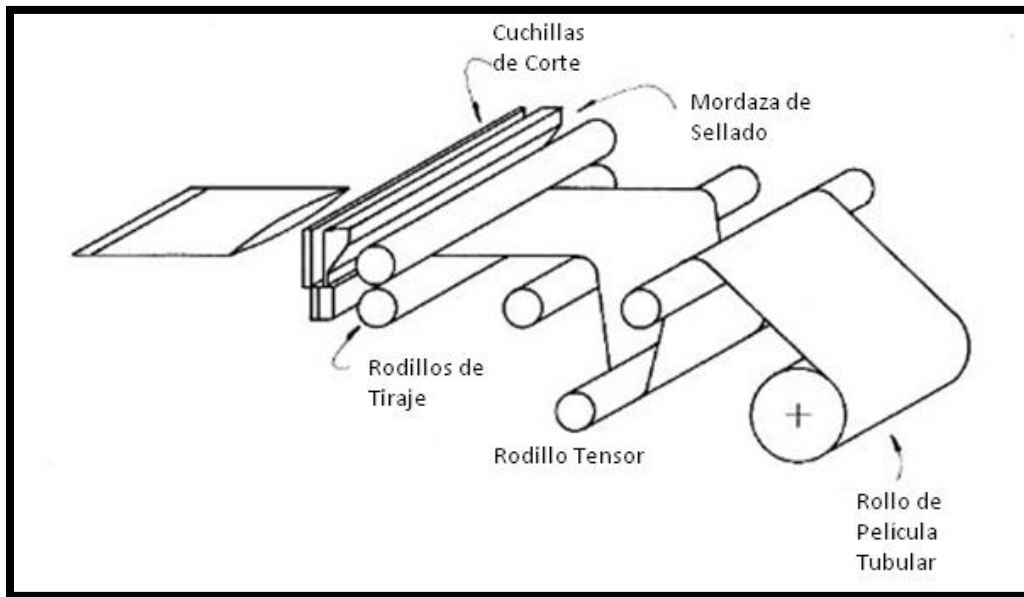


Figura 1.7 Sistema fabricación de bolsas sellada en el fondo a partir de película tubular (28).

En la Figura 1.8 se observa, el segundo procedimiento, el sello queda lateralmente (side weld) su elaboración puede hacerse partiendo de la película plana, la cual es doblada por la mitad y sellada transversalmente al mismo tiempo que es cortada y separada (28).

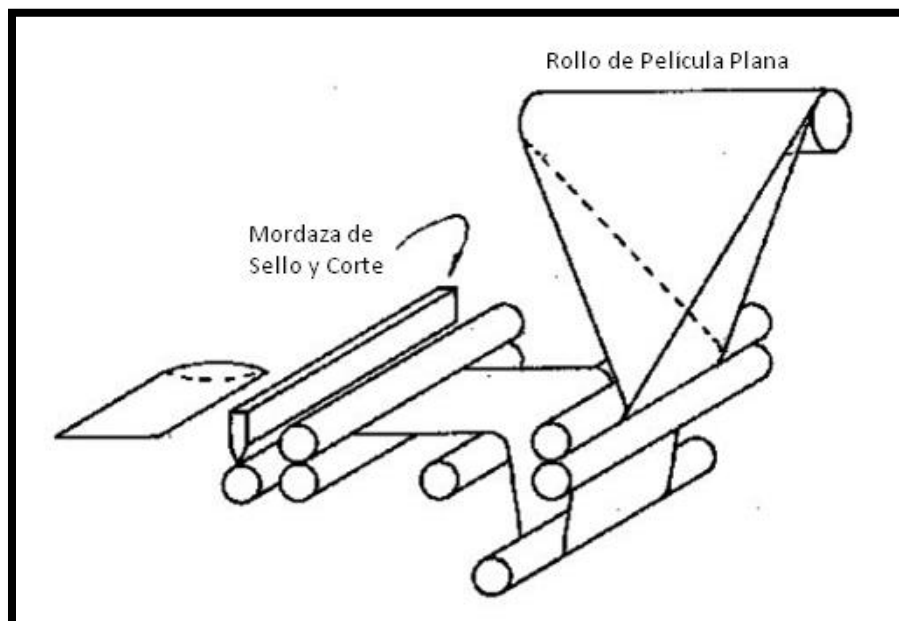


Figura 1.8 Sistema de fabricación de bolsa sellada lateralmente a partir de película plana (28).

La figura 1.9 muestra el sistema de sellado lateral el cual puede usar de igual manera película tubular en rollo, el que es cortado en el mismo proceso para obtener dos bolsas simultáneamente en cada ciclo (28).

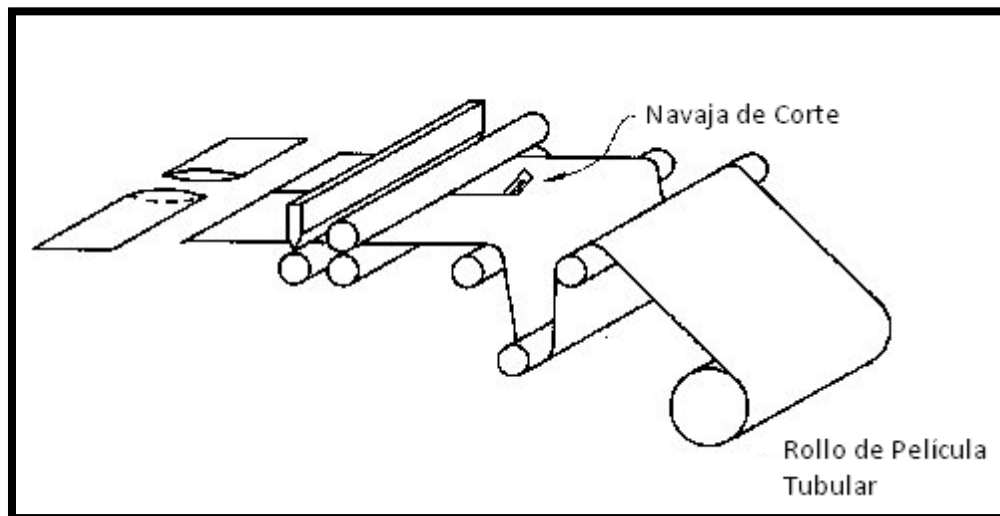


Figura 1.9 Sistema de fabricación de bolsa sellada lateralmente a partir de película tubular (28).

En cualquiera de los procesos descritos la impresión de la bolsa se hará en el rollo de material antes de iniciar este.

Existen dos tipos de sellos que se usan para la fabricación de bolsas los cuales utilizan calor y presión para efectuar el sellado. En el primero al que llamaremos sello por presión, dos piezas de película termoplástica son unidas mediante la fusión de las superficies en la interface. Debe resaltarse que el calor tiene que alcanzar el sitio de sellado por medio de transferencia a través de algunas de las capas de la película y como las resinas termoplásticas son pobres conductoras del calor solo es práctico este sistema para películas delgadas, de hasta unas 125-150micras (0.005 a 0.006 pulgadas) (28).

El otro tipo de sello usado, que llamaremos sello-corte se obtiene por la fusión completa de las dos películas a unir. Aquí una cuchilla o mordaza afilada es calentada para fundir y cortar las películas dando como resultado dos sellos, uno a cada lado de esta.

Existen varios sistemas que utilizan calor y presión para efectuar el sellado de películas, los más usados son los que funcionan con resistencias eléctricas como fuentes de calor, sin embargo, la ultrafrecuencia y el aire caliente también son usados para este fin.

El sistema de ultrafrecuencia o método dieléctrico es usado para sellar materiales como el cloruro de polivinilo (PVC) y su funcionamiento consiste en colocar el termoplástico entre dos electrodos usándolo a manera de dieléctrico.

Cuando un material como el PVC es expuesto a corrientes de alta frecuencia la fricción entre las moléculas que se trasladan de un lado a otro respondiendo al campo magnético producen el calor suficiente para fundir y sellar la película.

El soldado por gas caliente es el método de unir materiales plásticos en donde éstos son calentados por un chorro de aire o gas inerte que es previamente aumentado en su temperatura.

Los tres principales sistemas que utilizan resistencias eléctricas como fuente de calor son la mordaza caliente; que produce una unión del tipo sello por presión, aquí la temperatura es controlada durante todo el proceso utilizando resistencias eléctricas montadas dentro o fuera de una mordaza que se fabrica de un buen conductor térmico, la temperatura es medida por un termopar conectado a ésta y el suministro de corriente controlado por algún instrumento de control (pirómetro). Otro sistema usado para este mismo tipo de sello es el denominado de impulso; en donde la temperatura no permanece constante en la mordaza, en realidad ésta no se calienta en sí lo que sella es una resistencia del tipo banda que sólo es calentada en una porción de tiempo pequeña del ciclo de sellado. El control de la temperatura de la mordazas de impulso se logra regulando el período de impulso de la corriente por medio de un temporizador (timer) electrónico y regulando el voltaje suministrado a la resistencia (28).

El sellado por impulso permite remover el calor rápidamente después de que el sello se ha producido teniendo presiones mayores sin flujo de material fundido produciendo una unión más resistente y una apariencia más homogénea (28).

Finalmente, el tercer sistema es el más utilizado para obtener una unión del tipo sello-corte y es denominada cuchilla caliente, con este sistema la unión se hace fundiendo completamente los extremos de la bolsa mediante una mordaza afilada que por ser delgada y estar elevada a altas temperaturas (300 a 400 °C) atravesará la película cortándola y separándola a la vez que ha sido sellada, al observar este sello veremos que una pequeña contracción del material ocurre por efecto del calor sobre la película y en muchos de los casos esto determina la resistencia del sello (28).

1.3.3 Principales productores a nivel mundial de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.

Los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado forman parte del gran sector denominado Plásticos. Dicho sector y sus manufacturas resulta ser uno de los sectores más competitivos en el mundo actual. Sus incrementos anuales de consumo han sido próximos al 10% durante las últimas décadas, confirmando su grado de aceptación en los mercados.

En la tabla 1.1 se presentan a los principales países productores a nivel mundial de plástico. El principal productor es Estados Unidos, que produce y consume tres veces más plásticos que sus inmediatos seguidores, Japón y Alemania. La producción de Estados Unidos es del orden de los 35 MT mientras que la de Japón es de 14 MT y la de Alemania de 11 MT. El nivel de producción de los tres principales países es parecido al del consumo. A bastante distancia de estos tres países se encuentra Francia, con una producción de 5,1 MT y un consumo de 4 MT. Después está Bélgica, con una producción apreciable y un consumo bastante inferior. Italia, Canadá y Gran Bretaña están inmediatamente por delante de España (46).

Tabla 1. 1. Principales Productores Mundiales de Plástico (46).

PAÍS	PRODUCCIÓN
Estados Unidos	35MT
Japón	14MT
Alemania	11MT
Francia	5,1MT
España	2,5MT

Fuente: Ensayo Principales Productores Mundiales de Plástico.

El crecimiento de la producción de polipropileno ha ido de la mano de una serie de fusiones entre los principales productores. Finalmente hoy en día son cuatro las empresas que se destacan como líderes mundiales productores de polipropileno.

La tabla 1.2 presenta a las tres empresas líderes a nivel mundial en la producción de polipropileno.

Tabla 1. 2 Empresas líderes a nivel mundial en producción de polipropileno.

EMPRESA	PAÍS PROCEDENCIA	DESCRIPCIÓN
MONTEDISON	Italia	En 1983, Montedison se fusionó con Hércules y se creó Himont, que aunaba la capacidad técnica de Montedison con la experiencia comercial de Hércules. Sin embargo el salto cuantitativo más importante se dio en 2009, cuando Himont se fusionó a su vez con Shell y se aunaron los intereses de ambas compañías en el sector del polipropileno para dar vida a Montell. Hasta el 2009, Montedison controlaba el 10% de la capacidad mundial de polipropileno y el 25% de

Tabla 1. 2 Empresas líderes a nivel mundial en producción de polipropileno.

EMPRESA	PAÍS PROCEDENCIA	DESCRIPCIÓN
		la europea. Y en junio de 2010, Dow cerraba un acuerdo con Montell para utilizar su tecnología y construir nuevas plantas de polipropileno (45).
BASELL	Holanda	Basell, junto con sus empresas conjuntas, tiene centros de producción en 19 países. Sus productos, comercializados en más de 120 países, son la materia prima de clientes que fabrican una amplia gama de bienes de consumo e industriales, como envases para comida y bebida, componentes para automóviles, artículos para el hogar y tuberías para canalizaciones subterráneas. Posee una capacidad de producción de más de 7,6 Mton/año (incluidas empresas conjuntas) (45).
AMOCO	Whiting, InMx-D, Estados Unidos	Amoco Corporation, anteriormente Standard Oil Company of InMx-D, fue una empresa petrolera y petroquímica estadounidense fundada en 1889. Esta compañía absorbió posteriormente a American Oil Company, fundada en Baltimore en 1910. Amoco fue totalmente adquirida por British Petroleum (BP) en 2000. Actualmente Amoco posee una capacidad productiva de 3 Mton/año (45).
REPSOL	España	Repsol YPF S.A. es una sociedad anónima, fundada en 1986. Las actividades de producción y marketing de productos químicos de Repsol YPF, están a cargo de Repsol Química, S.A. y consisten en la producción de derivados petroquímicos, entre ellos el polipropileno (45).

Una vez obtenido el polipropileno es posible la fabricación de una gama de diversos productos a partir de él. Dentro de dichos se pueden destacar a los empaques de polipropileno biorientado.

En la tabla 1.3 se presentan las cuatro empresas líderes a nivel mundial en producción de empaques de polipropileno biorientado y polipropileno biorientado metalizado.

Tabla 1. 3 Empresas líderes a nivel mundial en producción de empaques de BOPP y BOPP metalizado.

EMPRESA	PAÍS PROCEDENCIA	DESCRIPCIÓN
GRUPO TREFAN	México	Líder mundial en tecnología y producción de películas biorientadas de polipropileno (BOPP). Actualmente grupo TREFAN posee una capacidad de producción de 200.000 ton/año de BOPP (63).
GRUPO VIBAC	Europa Italia	Grupo empresarial privado líder en el desarrollo y fabricación de una variada línea de películas de embalaje y Cinta adhesiva. En la actualidad, el Grupo VIBAC posee un total de seis plantas de producción en Italia, Estados Unidos y Canadá (64). Posee una capacidad global productiva mundial de 190.000 ton/ año de películas de BOPP transparentes, metalizados, blanco y perlado.
DOW CHEMICAL COMPANY (DOW)	Midland, Míchigan, Estados Unidos	Líder mundial en la introducción de productos y tecnologías innovadoras en el mercado de resinas. Dow cuenta con una capacidad de fabricación de unos 3 millones de toneladas de producto para aplicaciones en diversos sectores (14).
VITPEL	Argentina	Inicia su producción de polipropileno biorientado en 1988 y su capacidad de producción fue de 5 mil ton/año. En 2002, además de la producción de BOPP empieza a producir BOPP metalizado aumentando sus niveles de producción a 25 mil ton/año Hoy en día destaca entre las 5 mayores empresas productoras de BOPP y BOPP metalizado con capacidad de producir 127 mil ton/año (67).

1.3.4 Aplicación de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.

El polipropileno ha sido uno de los plásticos con mayor crecimiento en los últimos años y se prevé que su consumo continúe creciendo más que el de los otros grandes termoplásticos (PE, PS, PVC, PET).

A comienzos de los años 70, la compañía Montecatini ubicada en Italia desarrolló el proceso para convertir el homopolímero de polipropileno en una película biorientada. Con la biorientación se logró mejorar notablemente las propiedades ópticas, mecánicas y de barrera al vapor de agua de este polímero.

El polipropileno biorientado (BOPP) comenzó entonces a convertirse en el film más versátil en la industria del envase flexible, llegando a desplazar totalmente al film de celofán en 20 años.

La principal aplicación del polipropileno biorientado es el empaquetado. Se comercializa una buena cantidad en forma de rollos de plástico transparente para envoltorios. Como empaque, el polipropileno por su excelente barrera al vapor de agua es utilizado mayoritariamente en una amplia variedad de productos del área de alimentos:

- Alimentos para mascotas.
- Alimentos Congelados.
- Alimentos líquidos.
- Alimentos secos.
- Empaques de exhibición.
- Empaques para carnes y quesos.
- Empaque para industria de panificados.
- Empaques para verduras y frutas frescas.
- Snacks (galletas, dulces, golosinas, etc.).

Además del área de alimentos, el polipropileno biorientado es utilizado en la fabricación de empaques para algunos productos farmacéuticos, en la fabricación de tejidos, equipos de laboratorio, películas transparentes, componentes automotrices, recipientes para productos químicos, etiquetas, entre otros.

1.3.5 Situación de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados a nivel internacional.

El sector del plástico y sus manufacturas resulta ser uno de los sectores más competitivos en el mundo actual, particularmente con el surgimiento de nuevos y grandes productores

y a la vez consumidores como China e India a los cuales se está desplazando la producción (e incluso últimamente el diseño) desde los países desarrollados. Algo similar ocurre en el ámbito europeo con la ampliación de la Unión Europea ya que la producción de los países industriales se está moviendo hacia los nuevos socios en busca de mano de obra más barata.

En la Figura 1.10 se presenta la comparación del consumo per cápita mundial de plástico entre el año 2001 y 2010.

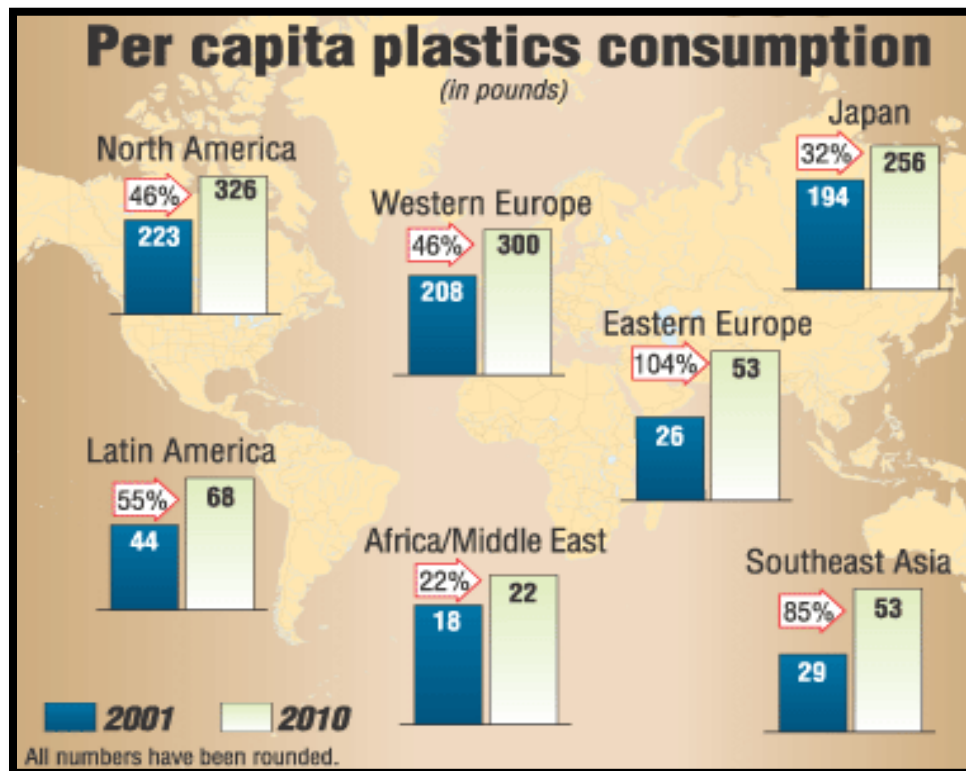


Figura 1.10 Consumo Mundial de Plástico (9).

La demanda mundial de plásticos fue de 235 millones de toneladas en el año 2005, pero se previó un aumento cercano al 30% para los siguientes cinco años. Actualmente la demanda mundial de plásticos supera los 300 millones de toneladas, de las cuales Europa consume el 25 por ciento del total y España ocupa el cuarto lugar entre los países europeos en demanda de estos materiales (62). El plástico, que superó en producción al acero en 1989, se ha convertido en los materiales del siglo XXI.

La figura 1.11 muestra que en el 2004 el consumo de polipropileno a nivel mundial fue de 37.8 millones de toneladas lo cual representa alrededor del 16.1 % de la producción de plástico a nivel mundial. Del volumen total de polipropileno 2,497.00 toneladas fueron consumidas por Latinoamérica.

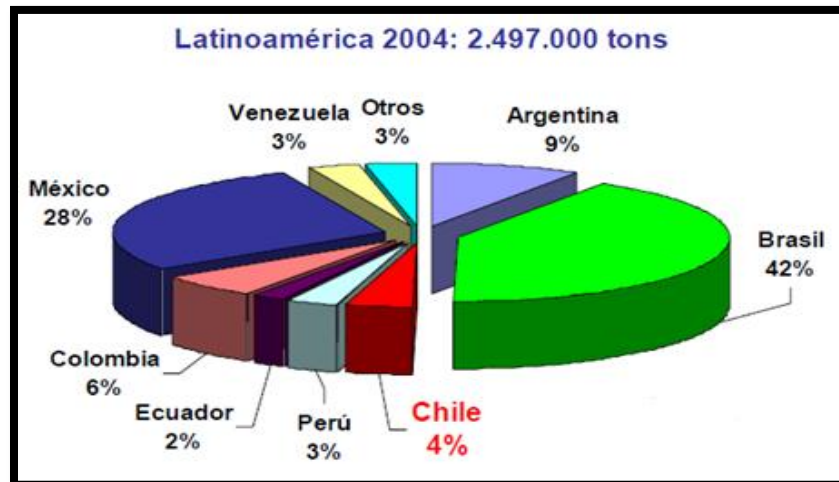


Figura 1.11 Consumo de Plástico en Latinoamérica en el 2004 (1).

En la figura 1.12, se observa porcentualmente el panorama mundial de los empaques flexibles para el año 2001.

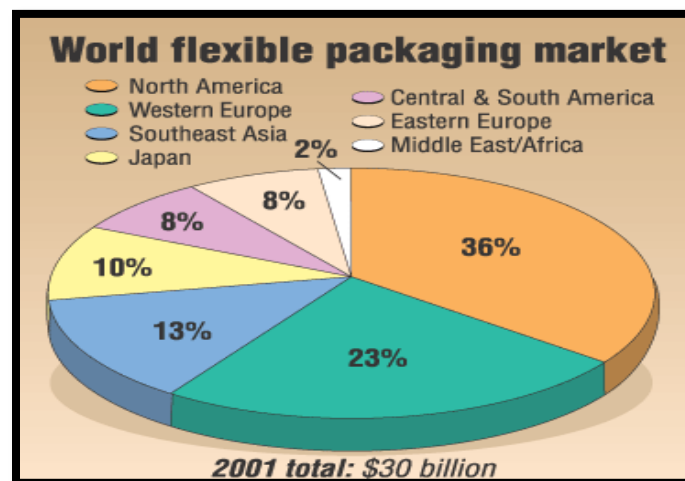


Figura 1.12. Mercado Mundial del Empaque Flexible en 2001 (10).

Los plásticos han protagonizado una gran carrera como material de empaque para diversos alimentos. En un espacio de tiempo relativamente corto se han convertido en la forma de envasado más importante en todo el mundo.

En la figura 1.13 presenta la manufactura de los plásticos que está comprendida por el área de empaque y embalaje, construcción, Industria automotriz, industria eléctrica, bienes del hogar, muebles, agricultura entre otros. Para todo esto, se utilizan películas del mismo material. Entre el 2004 y el 2009 la demanda mundial de películas de polipropileno creció en promedio un 7.3%, consumiéndose en 2004 aproximadamente 5,4 millones de toneladas. China, Japón, Corea del Sur y Taiwán perfilan actualmente como los mayores productores y consumidores de polipropileno con un 49% de la demanda y capacidad

productiva mundial de dicho. Las aplicaciones de películas de BOPP como empaques flexibles conforman el 80% de la demanda mundial.

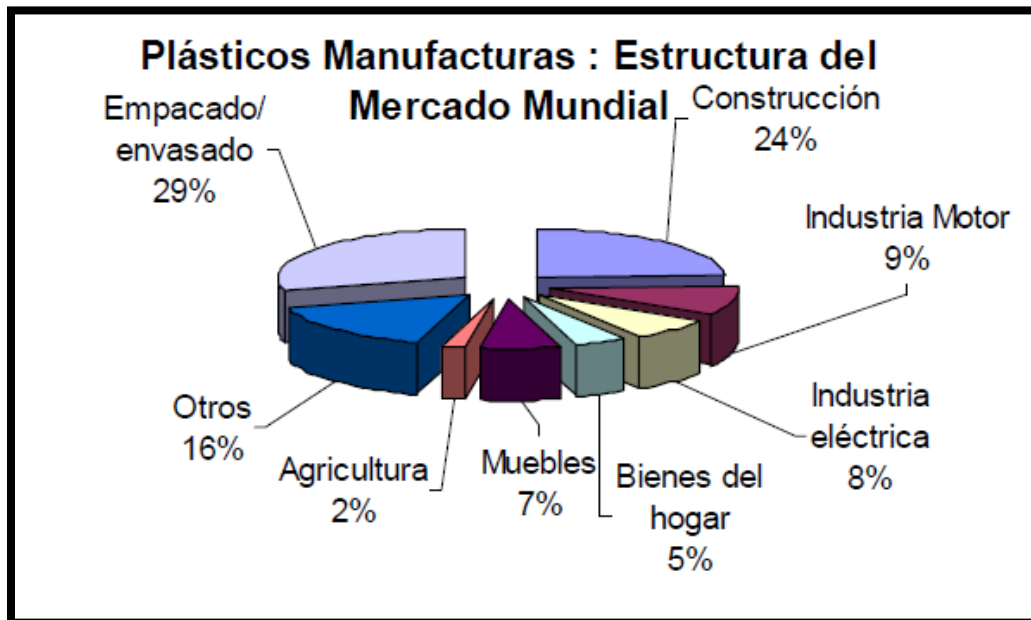


Figura 1.13 Estructura del Mercado Mundial del Plástico (1).

1.4. Marco institucional de residuos sólidos.

Actualmente en El Salvador existen leyes y normativas dirigidas a la protección ambiental. De acuerdo al Artículo 117 de la Constitución, se declara de interés social la protección, restauración, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales. El Estado creará los incentivos económicos y proporcionará la asistencia técnica necesaria para el desarrollo de programas adecuados.

De acuerdo con lo anterior El Salvador, cuenta básicamente con instituciones públicas en el ámbito general que atienden dichas circunstancias.

En primer lugar a través del Ministerio de Ambiente y de los Recursos Naturales y en segundo lugar a través del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Tienen también atribuciones en materia de gestión ambiental, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio de Educación y el Ministerio de Economía, así como las Municipalidades, que con base al Código Municipal tienen también injerencia en la materia. Finalmente se cuenta con un Consejo Nacional de Medio Ambiente, para elevar la óptima y racional utilización de los recursos naturales, el cual está en íntima vinculación con el Consejo Nacional para el Desarrollo Sostenible, formados por los principales Ministros del Comité Económico y elementos del sector privado. Además de acuerdo al Artículo 30 de la Ley del Medio Ambiente; existe el Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente, denominado

SINAMA, el cual estará conformado por todas las unidades ambientales de los diferentes Ministerios y entes descentralizados. (49)

Las municipalidades cuentan con un código Municipal el cual les brinda autonomía suficiente para que puedan mediante ordenanzas de tipo local y en coordinación de las instituciones del gobierno ejercer algún control o implementar medidas de protección o conservación del medio ambiente en El Salvador.

La legislación salvadoreña en materia ambiental se puede estructurar en (49):

Legislación Casual: Regula diferentes actividades o materias jurídicas; dentro de sus disposiciones encontramos cierto contenido o alusión a lo ambiental, así tenemos: el Código de Salud, el Código Municipal y la Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y Municipios Aledaños.

Legislación Sectorial: Normativa que regula determinados recursos naturales, así como las competencias de las autoridades encargadas de su aplicación dentro de la administración pública, entre las que podemos mencionar: Ley Forestal, Ley de Riego y Avenamiento, Ley de Conservación de Vida Silvestre, Ley General de Actividades Pesqueras (Ministerio de Agricultura y Ganadería), Ley de Minería (Dirección General de Energía y Minas) y la Ley de Hidrocarburos (Comisión Ejecutiva del Río Lempa – CEL)

Legislación Especializada: Tiene por objeto la protección, conservación y recuperación del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales, ejemplo de este tipo de legislación es la Ley del Medio Ambiente.

La Ley de Medio Ambiente, es el marco legal que establece los principios que deben guiar la política ambiental del país, determina diferentes derechos y obligaciones para los particulares, así como para la sociedad en general e impone al Estado una serie de obligaciones o responsabilidades, principalmente en lo que respecta a la Gestión Pública Ambiental, que son las actividades que realiza el Estado o las municipalidades con relación al medio ambiente en general.

La Ley del Medio Ambiente en su artículo 11, identifica a los siguientes instrumentos de la política del medio ambiente (49):

- a) El ordenamiento ambiental dentro de los planes Nacionales o Regionales de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial;
- b) La evaluación ambiental (artículo 16);
- c) La información ambiental;

- d) La participación de la población;
- e) Los programas de incentivos y desincentivos ambientales, para facilitar la reconversión de procesos y actividades contaminantes (Capítulo VI);
- f) El Fondo Ambiental de El Salvador y cualquier otro programa de financiamiento de proyectos ambientales (artículo 32);
- g) La ciencia y tecnología aplicadas al medio ambiente;
- h) La educación y formación ambientales;
- i) La estrategia nacional del medio ambiente y su plan de acción.

Conforme a los artículos 21, 22, 23 y 24, de la Ley del Medio Ambiente el ente competente para exigir estudios de evaluación de impacto ambiental, es el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales ([ver Anexo 1](#)).

El manejo integral de los residuos sólidos es un área dentro de la gestión ambiental que contribuye con la protección de los recursos naturales en El Salvador. La normativa ambiental divide al Manejo de Desechos y Residuos en tres sectores (áreas): Desechos domésticos y desechos sólidos no peligrosos, Desechos tóxicos y peligrosos, Desechos radiactivos.

Los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado post-consumo son parte de los desechos domésticos y residuos sólidos no peligrosos. El Artículo 52 de la Ley del Medio Ambiente, determina que el Ministerio de Medio Ambiente y de Recursos Naturales promoverá en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Gobiernos Municipales y otras organizaciones de la sociedad y el sector empresarial, programas de reducción de la fuente, reciclaje, reutilización y adecuada disposición final de los desechos sólidos. Para lo anterior se formulará un programa nacional para el manejo integral de los desechos sólidos, el cual incorporará, criterios de selección de los sitios para su disposición final. **(49)**

El reglamento para el Manejo integral de residuos sólidos contiene regulaciones sobre las especificaciones que deben seguirse en lo referente al almacenamiento, recolección y transporte, estaciones de transferencia, tratamiento y aprovechamiento, así como de la disposición final de los residuos sólidos.

Por su parte, el Código Municipal en su Artículo 4 numeral 23, otorga a los municipios atribuciones en lo relativo a “la prestación del servicio de aseo, barrido de calles, recolección y disposición final de basuras” **(49)**.

El Código de Salud, en su sección siete, referente al “Saneamiento del Ambiente Urbano y Rural”, literalmente dispone, en el Artículo 56: El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social por medio de los organismos regionales, departamentales y locales de salud desarrollará programas de saneamiento ambiental, encaminadas a lograr para las comunidades: La eliminación de basuras y otros desechos (49).

Para la implementación de un proyecto en la industria de reciclaje y reutilización de residuos sólidos es necesario tener en cuenta como parte del desarrollo de su gestión ambiental aspectos como los impactos en los diferentes medios que componen el ambiente. La gestión ambiental también incluye factores como la contaminación atmosférica, de recursos hídricos, suelos y aspectos como ruidos, vibraciones, olores molestos entre otros. La Ley de Medio Ambiente en su Artículo 46, establece que para asegurar un eficaz control de protección contra la contaminación ambiental, El Ministerio del Medio Ambiente y los Recursos Naturales establecerá mecanismos de coordinación con el Ministerio de Salud y Asistencia Social y con las autoridades competentes en materia de normatividad del uso y protección del agua, el aire y el suelo.

La tabla 1.4 presenta las normativas o leyes que regulan la contaminación atmosférica, de los recursos hídricos y suelos.

Tabla 1. 4 Normativas o leyes que relacionadas con el reciclaje y reutilización de empaques.

MEDIO	CLASIFICACIÓN SEGÚN LEY DE MEDIO AMBIENTE	LEY/NORMA
ATMÓSFERA	Fuentes fijas	Norma salvadoreña límites permisibles de emisiones de contaminantes a la atmósfera NSO 13.11.02:01
	Fuentes móviles	Norma salvadoreña límites permisibles de emisiones de contaminantes a la atmósfera NSO 13.11.03:01
RECURSOS HÍDRICOS	Para Consumo Humano	<ul style="list-style-type: none"> • Ley de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados ANDA • Ley de Riego y Avenamiento
	Para la Agricultura	Ley de Riego y Avenamiento
	Para la Minería	No hay regulación específica
	Para la Acuicultura	Ley General de las Actividades Pesqueras y el Reglamento para el Establecimiento de Salineras y Explotaciones con Fines de Acuicultura Marina en los Bosques Salados

Tabla 1. 4 Normativas o leyes que relacionadas con el reciclaje y reutilización de empaques.

MEDIO	CLASIFICACIÓN SEGÚN LEY DE MEDIO AMBIENTE	LEY/NORMA
	Para el Transporte	No hay regulación específica
	Para la Pesca	Ley General de las Actividades Pesqueras
	Para la Descarga de Aguas Residuales	<ul style="list-style-type: none"> • Ley sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos • Reglamento sobre la Calidad de Agua el Control de Vertidos y las Zonas de Producción. • Norma para regular calidad de aguas residuales de tipo Especial descargadas al alcantarillado sanitario • Aguas residuales Descargadas un cuerpo receptor NSO 13.49.01:06

Actualmente son las empresas no gubernamentales las que se encargan de la implementación de medidas y programas referentes al área de reciclaje y reutilización en el sector industrial de El Salvador, a través de la promoción de principios de reciclaje y reutilización de algunos materiales inorgánicos que se encuentran dentro de los residuos sólidos como lo son los plásticos. Las empresas gubernamentales, como el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), son los entes encargados de emitir las directrices para efectuar evaluaciones ambientales a dichos programas o medidas que la empresa privada quiera implementar, así como de aprobar y supervisar el cumplimiento de las recomendaciones que realice el MARN a dichos. Por otra parte las empresas gubernamentales son las encargadas de coordinar programas de concientización ambiental (55).



CAPITULO II

2. DIAGNÓSTICO DE LOS EMPAQUES LAMINADOS DE POLIPROPILENO Y POLIPROPILENO METALIZADO DESECHADOS EN EL SALVADOR.

Antes de abordar el diagnóstico de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados en El Salvador es necesario conocer el panorama general de la industria plástica, y de esta forma aproximarnos al subsector en estudio. Por esta razón a continuación se describe de forma general el sector de la industria plástica y sus manufacturas.

2.1. Panorama general de industria plástica.

La industria de plásticos es una pieza fundamental en el desarrollo de la economía de El Salvador iniciando desde los años 1950, esta industria ha venido creciendo en mercados de bolsas plásticas, botellas y cualquier otro material hecho con plástico, es esta industria la que posee un mayor desarrollo en empaques flexibles en la región centroamericana incluyendo la Región del Caribe (4).

El desarrollo de este sector se debe al crecimiento constante, tanto en el tamaño del sector como en la fabricación local de envases y empaques, debido a un crecimiento económico generalizado en la oferta y demanda que este rubro posee en el mercado de importación y exportación, el cual ha ocasionado mayores ingresos a las familias, ha traído mayor consumo y por ende una mayor producción de envases y empaques desde el año 1950 hasta el año 2011 en El Salvador.

A continuación se detallan algunos indicadores de desarrollo del sector plásticos para comprender el crecimiento constante de dicho rubro.

2.1.1. Indicadores económicos de la industria plásticos.

En El Salvador durante el año 2005 al año 2008 se observó un crecimiento favorable en las exportaciones en el sector de la industria plástica sobresaliendo en el año 2008 con un incremento del 44.16% en su volumen pero en el año 2009 estas disminuyeron en un 48.09%. En el gráfico 2.1 se detalla la tendencia de inflexión anterior.

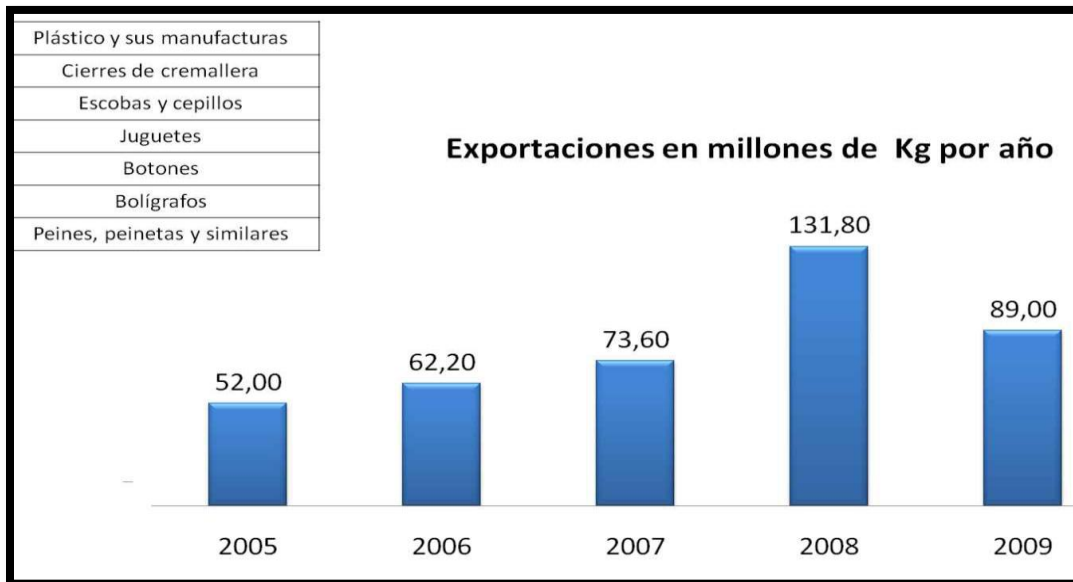


Gráfico 2.1 Exportaciones de productos terminados (4).

Fuente: Banco Central de Reserva (BCR). Elaborado por ASI

Las importaciones de materia, por otro lado, en el período del año 2005 al 2009 crecieron 15% en valor y 3% en volumen. A pesar que en el año 2009 experimento una disminución en su valor del 27% para el sector de exportaciones, el volumen de la misma aumento en 1% con respecto al año anterior (3). En el gráfico 2.2 se observa la tendencia antes citada.

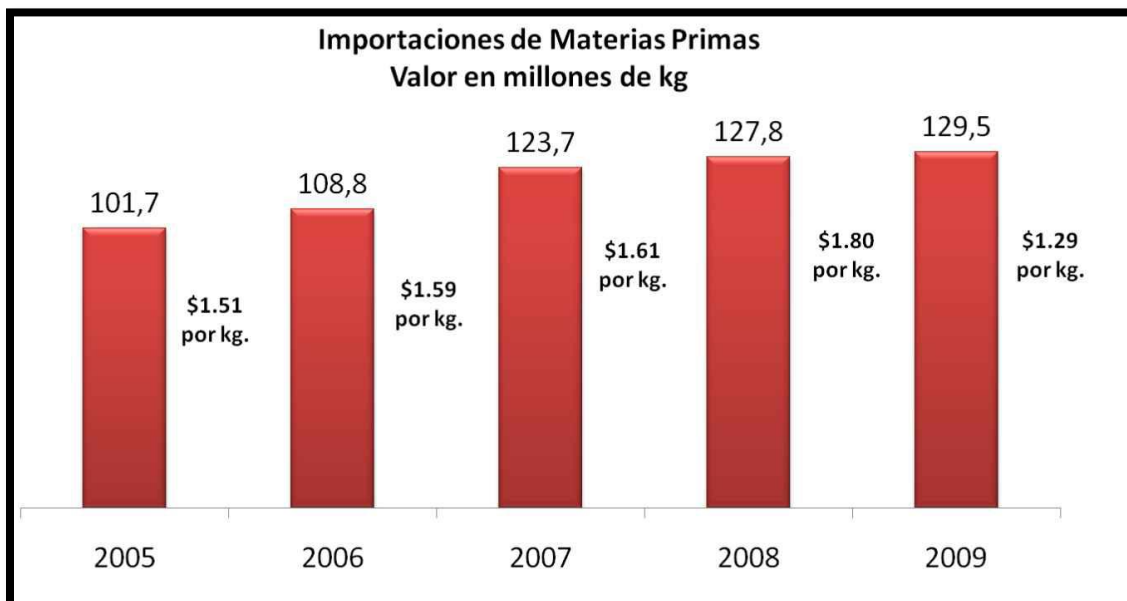


Gráfico 2.2 Importaciones de materias primas (3).

Fuente: BCR. Elaborado por Asociación Salvadoreña de Industriales (ASI)

De esta forma podemos establecer que la industria de plásticos contribuye en el desarrollo de la economía salvadoreña ya que este representa un 2 % del Producto Interno Bruto (PIB), 5 % de empleos para sector industrial (3).

2.1.2. Mercado del sector.

El mercado de la industria de plásticos de El Salvador es muy competitivo, ya que existen más 53 empresas productoras, transformadoras, recicladoras y comercializadoras de productos plásticos y equipo relacionado. Dichas empresas utilizan diferentes tipos de resinas plásticas para la elaboración de sus productos terminados y abastecer el consumo del mercado salvadoreño, a continuación se detallan el tipo de resinas plásticas utilizadas comúnmente (4):

- Poli-Etilenos de Baja Densidad. (LDPE)
- Poli-Etilenos de Alta Densidad (HDPE)
- Poli-Propilenos (PP)
- Poli-Cloluro de Vinilo (PVC)
- Poli-Estirenos (PS) y otras especialidades en el área de empaques flexible.

Para el estudio del sector de Envases y Empaques en El Salvador se dividió el sector en dos subsectores (48):

- **Envases y Empaques de Cartón:** Cajas plegadizas; empaques, etiquetas.
- **Envases y Empaques de Plástico:** Empaques flexibles para alimentos y productos de aseo; termo formados; envases y tubos colapsibles; frascos, botellas y artículos similares. Bolsitas y cucuruchos (conos); bolsas termoencogibles. Los envases y empaques de plástico son a la vez divididos por los productores en dos grandes grupos:
 - Rígidos: como las botellas para bebidas y
 - Flexibles:
 - o Polietilenos
 - o Polipropilenos
 - o Laminados.

Por la competitividad que ha existido y existe en la industria plástica en El Salvador surge la Asociación Salvadoreña de Industria Plástica (ASIPLASTIC) que es un organismo que se encarga de regular la industria de plásticos, constituida el 8 de Julio de 1997 como una institución apolítica, no lucrativa ni religiosa y según sus estatutos en el capítulo II, establece: *“La Asociación tiene como objetivo primordial el fomentar, conservar y defender la Industria del plástico en El Salvador, siguiendo los principios de la libre*

empresa, dentro de un estado de derecho en función del desarrollo económico y social del país”.

ASIPLASTIC aglutina a las Industrias Productoras del Plástico en El Salvador. Actualmente representa a 40 socios activos integrados por las empresas convertidoras y transformadoras del plástico, y 13 socios de casas representantes, que lo componen empresas proveedoras de algún material o equipo que esté de acuerdo a las necesidades de la industria. Además ASIPLASTIC es un organismo reconocido a nivel internacional debido a sus buenas relaciones con las instituciones a fines a la industria del plástico, como es el caso de Asociación Costarricense de la Industria del Plástico (ACIPLAST), la Asociación de Fabricantes de Plástico de Honduras (AFAPLASH), ALIPLAST que es la Asociación de Productores Plásticos en Latinoamérica, y FICAPLAST, Federación de la industria Centroamericana del Plástico (4)

2.2. Descripción de la situación de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado en El Salvador.

El mercado de importación de los empaques flexibles de polipropileno durante los años 2005 a 2010 ha crecido constantemente dando un aporte significativo al sub-sector industrial plástico teniendo su mayor volumen de importación para el año 2010 con un total de 10,319.67 Ton. De forma general podemos establecer que las importaciones se han desarrollado durante el período antes mencionado alcanzando un incremento del 25.89%.

La principal razón por la cual el subsector de empaques flexibles se ha desarrollado tanto en los últimos años radica en el valor agregado que aportan las propiedades de los materiales empleados para su elaboración. Entre algunas de ellas se puede destacar:

- **Baja densidad:** por su bajo peso específico implica costes razonables para el transporte y distribución
- **Higiene:** un diseño adecuado en cuanto a materias primas y hermeticidad lo convierten en altamente higiénico,
- **Integración del diseño:** los procesos de producción del plástico permiten una gran versatilidad.

En la industria de plásticos en El Salvador cada año el segmento que más incrementa es el de laminados de polipropileno, ya que la cantidad de energía que se necesita para producir este tipo de plástico es relativamente pequeña, comparada con otros empaques. La calidad que se puede lograr con empaques de polietileno no es buena, pues normalmente en esta clase de materiales son envasados productos como frijoles, azúcar, sal, y otros de consumo masivo popular de bajo precio, lo que hace que el empaque tenga

bajos costos sin embargo al ser comparados con los empaques de polipropileno estos poseen poca funcionalidad en productos que requieren un mayor nivel de protección para garantizar la inocuidad del mismo.

En la tabla 2.1 se presenta una comparación entre la competitividad de los empaques de polietileno y polipropileno.

Tabla 2.1 Diferencias entre los empaques flexibles con respecto a los empaques de polietilenos.

EMPAQUE DE POLIETILENO	EMPAQUES DE POLIPROPILENO
Transparente u opaco, buena barrera al agua, imprimible (con tratamiento), fácil de procesar, variedad de grados, buena base para metalizar.	Alta resistencia a la temperatura, buena rigidez, buena resistencia a la humedad y grasa, alto brillo y transparencia en películas orientadas, buenas propiedades de sellado, buena resistencia al agrietamiento.

Fuente: Capítulo 2, guión de la asignatura de Empaque y Embalaje, Ciclo I-09.

En el gráfico 2.3 se muestran algunos datos del mercado de los años 2005 al 2010 que demuestran el incremento de este rubro en importaciones y exportaciones anuales para el sector en estudio.

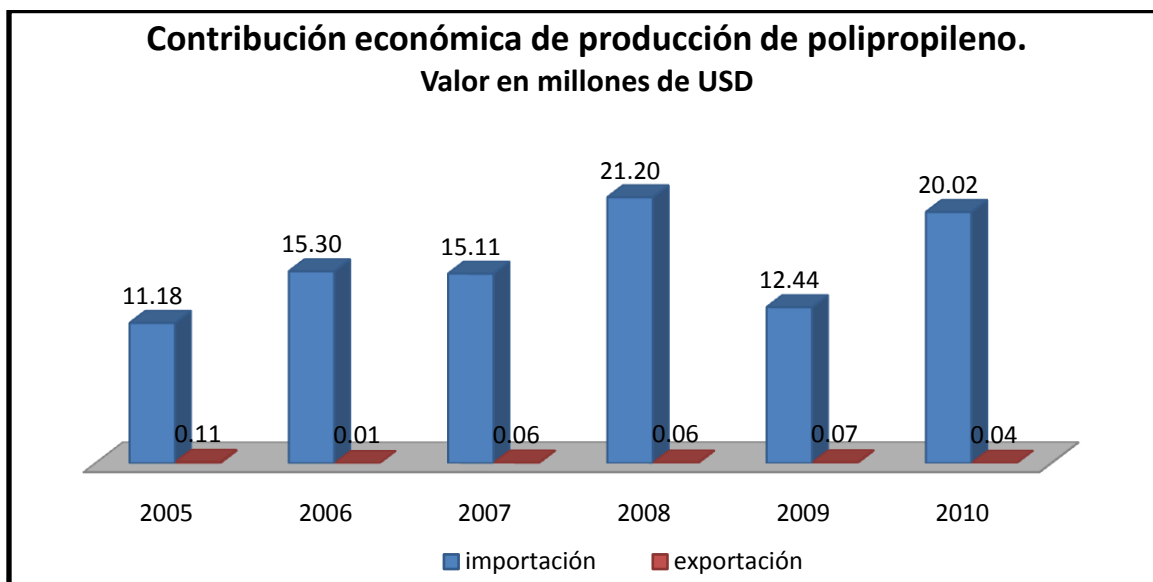


Gráfico 2.3 Contribución económica de importación y exportación de polipropileno en la industria plástica en El Salvador.

Fuente BCR.

En la tabla 2.2 se observa la mayor contribución económica con respecto a las exportaciones tienen auge en el año 2009 con un incremento de 17.44% con respecto al año 2008. Para el año 2010 las exportaciones decrecieron en un 51.98%, y esto se debe en gran medida, a la tendencia de crecimiento que hubo en la producción en el mercado salvadoreño durante el año 2009 ya que se genero la menor inversión de USD 12,436,160.56 para dicho año, y al ser comparada con demás los años en estudio se ratifica el aumento en la producción salvadoreña en el 2009.

Tabla 2.2 Valores por línea de importaciones en USD del año 2005 al 2010 en la industria plástica en El Salvador.

	USD					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Importación	11,176,531.80	15,295,599.74	15,107,659.15	21,195,795.24	12,436,160.56	20,018,464.96
Exportación	108,354.74	12,627.00	57,665.56	61,149.65	74,068.54	35,569.31

Fuente BCR.

El gráfico 2.4 muestra que en el año 2010 el crecimiento total en volumen de importaciones de materias primas para el sector plástico es de 33.29%.

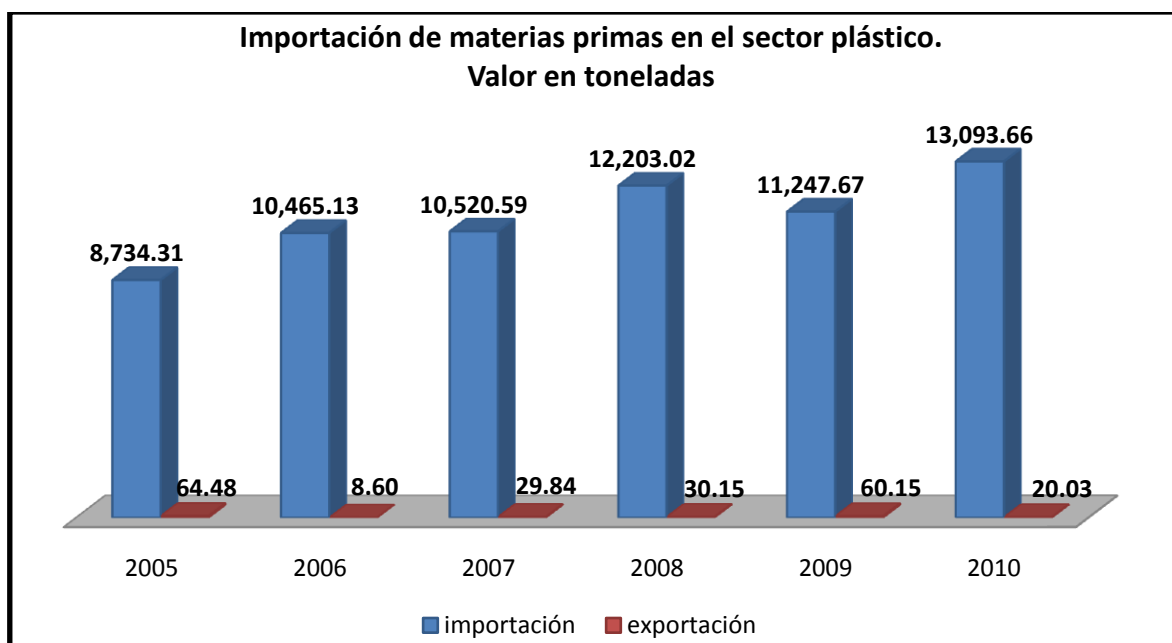


Gráfico 2.4 Importación de materias primas para el sector plástico.

Fuente BCR. Elaboración propia.

Las importaciones de polipropileno en volumen han crecido constantemente desde el año 2005 hasta el año 2010 igual que lo ha hecho el mercado. Pero dicho crecimiento no implica que se esté desplazando a los convertidores locales sino que la demanda se ha

expandido generando así una mayor importación de este material para la elaboración de empaques flexibles.

2.2.1. Oferta de mercado de empaques laminados de polipropileno en El Salvador.

Según la Asociación Salvadoreña de la Industria de Plástico (ASIPLASTIC), el sector de plásticos en El Salvador está formado por 53 empresas productoras, transformadoras, recicladoras y comercializadoras de productos plásticos y equipo relacionado de las cuales 9 empresas se dedican a la elaboración de empaques de polipropileno y/o polipropileno metalizado.

En el mercado de plásticos en El salvador se conocen dos grupos de empresas que se dedican a la conversión de los empaques en estudio. El primer grupo son las empresas que se caracterizan por comprar la materia prima para convertirla en empaques para su propio proceso productivo, denominadas convertidoras y en esta categoría se encuentran: ALIMENTOS DIANA S. A de C.V. y BOCADELI. El segundo grupo se encargan de convertir la materia prima en empaques para ser distribuidas a usuarios o empresas que requieran empaques para su proceso de producción, este grupo es conocido como distribuidores, algunas empresas de este grupo son: FLEXOPRINT S.A. DE C.V., FLEXOPACK, J DE J FLEXSAL S. A DE C.V., LABELS S.A DE C.V., Z PLASTIC, ROTOFLEX, CELPAC

Caracterización de empresas convertidoras de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.

El sector de empaques laminados de polipropileno se encuentra claramente liderado por las siguientes empresas: MX-D S.A de C.V., MX-B.

La tabla 2.3 detalla las principales empresas que se dedican a la fabricación de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado de alta oferta en el mercado salvadoreño.

Tabla 2.3 Principales empresas salvadoreñas fabricantes de BOPP y BOPP metalizado.

EMPRESA	DATOS DE LA EMPRESA.	DESCRIPCIÓN GENERAL
DIANA S. A de C.V.	<p>Dirección: 12 avenida sur Soyapango. APDO. Postal #117 San Salvador, El Salvador.</p> <p>Teléfono: 2277-1233</p>	<p>Productos Alimenticios DIANA es una empresa salvadoreña fundada en 1951 y dedicada a la manufactura de boquitas (snacks o botanas), dulces, conos para helados y galletas.</p> <p>Utiliza como material de empaques</p>

Tabla 2.3 Principales empresas salvadoreñas fabricantes de BOPP y BOPP metalizado.

EMPRESA	DATOS DE LA EMPRESA.	DESCRIPCIÓN GENERAL
		laminados de polipropileno y polipropileno biorientadas para proteger el producto terminado y conservar las propiedades organolépticas del mismo.
BOCADELI S. A de C.V.	<p>Dirección: Final Avenida Cerro Verde Colonia Sierra Morena #2 Soyapango, San Salvador.</p> <p>Teléfono: 2297-9025</p>	<p>Es una empresa regional líder en la producción y distribución de Snacks salados y dulces, Cereales y Galletas de Obleas ó Wafers.</p> <p>Esta empresa utiliza empaques o películas laminadas de polipropileno y polipropileno biorientadas para la comercialización de sus snaks. Entre los mercados en los cuales está presente BOCADELI, además de El Salvador, son importantes de mencionar: Honduras, Costa Rica, Guatemala, Belice, Nicaragua, Estados Unidos.</p>

Fuente: Directorio de Exportadores de El Salvador (20).

Caracterización de empresas distribuidoras de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.

En la tabla 2.4 se describe cada una de las empresas que fabrican empaques laminados para ser distribuidos en el mercado salvadoreño que se dedican a la conversión y distribución de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado:

Tabla 2.4 Principales empresas salvadoreñas fabricantes de BOPP y BOPP metalizado de baja demanda.

EMPRESA	DATOS DE LA EMPRESA.	DESCRIPCIÓN GENERAL
ROTOFLEX	<p>Dirección: Boulevard Del Ejercito Nacional , Km. 6 1/2, Soyapango,</p>	<p>Es una división de SIGMA Q S.A de C.V. Es la empresa más conocida del grupo. Se especializa en empaque flexible, haciendo excelentes laminados en lo</p>

Tabla 2.4 Principales empresas salvadoreñas fabricantes de BOPP y BOPP metalizado de baja demanda.

EMPRESA	DATOS DE LA EMPRESA.	DESCRIPCIÓN GENERAL
		<p>que a calidad se refiere. En otros países se encuentran compañías de este mismo grupo especializadas en este mismo empaque como Magan de Costa Rica, y Sierra Converting Corp en Estados Unidos.</p> <p>Rotoflex, exporta el 90% de su producción a Centroamérica, México, Estados Unidos, Hawaii, El Caribe Y Panamá, solamente el 10% de su producción es vendida en El Salvador, donde posee aproximadamente el 40% del mercado en empaque flexible.</p> <p>Esta empresa fabrica empaques para alimentos frescos, congelados, lácteos deshidratados, bebidas instantáneas, snack, farmacéuticos y de uso personal. Entre sus clientes más importantes se encuentran Nestlé, Yummies, Maggi, Malher, y Sun-Maid, entre otros.</p>
<p>CELPAC</p>	<p>Dirección: Blvd. Del Ejército Nacional Km. 7.5, San Salvador, El Salvador, C.A.</p> <p>Teléfono: 2551-6100</p>	<p>Perteneciente al grupo empresarial CYBSA, es una empresa especialista en la producción de empaques flexibles, confeccionados con poliéster, polipropilenos, polietilenos, aluminios, celofanes y películas metalizadas.</p> <p>Son conocidos en el mercado por sus excelentes laminados. Entre sus principales clientes son Gatorade, Quaker, Royal, Maggi, Nestle y Mc Cornick, Royal, Lipton, Leche Australian, Café Musun, y Kimberly Clark entre otros.</p>

Tabla 2.4 Principales empresas salvadoreñas fabricantes de BOPP y BOPP metalizado de baja demanda.

EMPRESA	DATOS DE LA EMPRESA.	DESCRIPCIÓN GENERAL
J DE J FLEXSAL S. A DE C.V.	Dirección: 1a. Calle Poniente Bis No.906 Y 15 Av. Norte. Teléfono: 22710331	J. De J. Flexográfica, Salvadoreña, S.A. De C.V. es una empresa que se encarga de la conversión y distribución de Películas de Polipropileno Impreso. <i>Países a los que exporta:</i> Honduras
LABELS S.A DE C.V.	Dirección: km. 28 y 1/2, carretera a Sonsonate teléfono: 23186648 Sitio web: www.labelsca.com	Se encarga de la conversión y distribución de: ✓ laminas flexibles c/impresión s/metalizadas y los demás polipropilenos flexibles c/impresión <i>Países a los que exporta:</i> Trinidad y Tobago, Puerto rico, Nicaragua, Jamaica, Honduras, Guatemala, Estados Unidos, Costa rica
FLEXOPRINT S.A.DE C.V.	Dirección: Autopista a Comalapa km 11 1/2 col. S Antigua # 19 Teléfono: 2213-0324	<i>Productos que convierte y distribuye:</i> ✓ Películas de polipropileno impreso ✓ las demás polipropilenos flexibles c/impresión ✓ Polipropileno s/impresión polipropileno impreso <i>Países a los que exporta:</i> Nicaragua, Honduras, Guatemala
FLEXOPACK	Dirección: Calle El Progreso, Quinta Los Niños, Colonia Delicias del Norte, C. A Mariona Mejicanos, San Salvador Teléfono: 22822233	Es una empresa que se encarga de la conversión y distribución de polipropileno s/impresión <i>Países a los que exporta:</i> Nicaragua, Honduras, Guatemala

Fuente: Directorio de Exportadores de El Salvador (20).

2.3. Ciclo de vida de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados en El Salvador.

El ciclo de vida es un concepto que permite medir el **impacto ambiental** de un producto desde que sus materias primas son extraídas de la **naturaleza** hasta que regresa a ella como un desecho o residuo (12).

El ciclo de vida está vinculado al análisis del ciclo de vida (ACV), ya que este último, es una herramienta que se usa para evaluar el impacto potencial sobre el medioambiente de un producto, proceso o actividad a lo largo de todo su ciclo de vida mediante la identificación, cuantificación y caracterización del uso de recursos ("entradas" como energía, materias primas, agua) y emisiones medioambientales ("salidas" al aire, agua y suelo) asociados con el sistema que se está evaluando. En la figura 2.1 muestra el ACV para un producto típico (61).

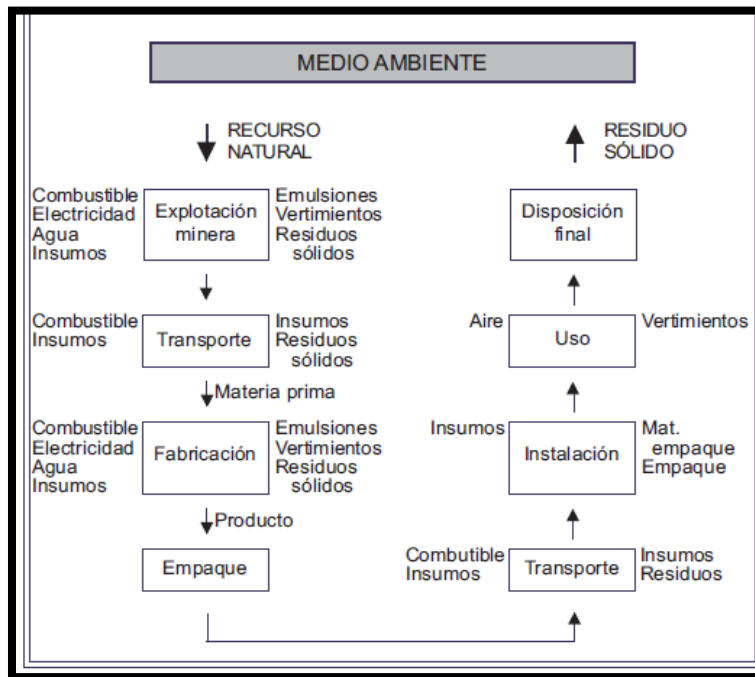


Figura 2.1 Análisis de Ciclo de vida de un producto típico (61).

Fuente: Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML) de Colombia 2001. (Rodríguez, Boletín: El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental, Colombia 2003)

El ACV de un producto típico tiene en cuenta el suministro de las materias primas necesarias para fabricarlo, la fabricación de intermedios y, por último, el propio producto, incluyendo envase, transporte de materias primas, intermedios y producto, la utilización del producto y los residuos generados por su uso (61).

La principal función del ACV es la de brindar soporte para tomar las decisiones que se relacionan con productos o servicios; y más específicamente, la de conocer las posibles consecuencias ambientales relacionadas con el uso de un producto o con la configuración y utilización de un servicio (61).

El ACV en el mercado, aunque sea a nivel teórico, puede resultar muy práctico para entender la evolución de éste, intentar prever su desarrollo y, desde luego, tratar de influir en esta evolución. Es por esta razón que se realizara un análisis de ciclo de vida al producto en estudio para determinar el impacto ambiental que tiene en el mercado de El Salvador.

En El Salvador existen tres fuentes de ingreso de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado en el mercado plástico, en esta sección se detallan los diferentes orígenes de los empaques:

1. Materia prima para elaboración de diversos empaques en forma de resinas o bobinas.
2. Producto Semi-Elaborado.
3. Producto Terminado

Debido a la inexistencia de la materia prima para la elaboración de empaques en Centroamérica, la mayoría de empresas dedicadas a este rubro, importan su materia prima de Estados Unidos, Europa y México, de esta forma adquieren insumos de buena calidad y de bajo costo.

Las empresas convertidoras con más tiempo en el mercado de plástico salvadoreño mantienen su fidelidad en las relaciones comerciales con sus proveedores debida a la alta calidad de materias primas mientras que las nuevas empresas pequeñas que surgen del mercado de plásticos varían de proveedores constantemente debidos principalmente a los precios de adquisición de sus materias primas. La mayor parte de la materia prima que se utiliza en El Salvador proviene de Estados Unidos, especialmente para empaques de polipropileno, pero no es una regla ya que como se mencionó los proveedores son cambiados frecuentemente por precio.

Según el Sistema Arancelario Centroamericano (SAC) el “Plástico y sus Manufacturas” están clasificados dentro del Capítulo 39. Para el caso en estudio, la tabla 2.5 detalla las partidas arancelarias de los productos relacionado con el sector industrial plástico:

Tabla 2.5 Partidas Arancelarias para los productos en estudio según el SAC.

CODIGO ARANCELARIO	PRODUCTO
3920	Las demás placas, laminas, hojas y tiras, de plástico no celular y sin refuerzo, estratificación ni soporte o combinación similar con otras materias
392020	- De polímeros de propileno:
3920201	- - Flexibles, sin impresión:
39202014	- - - Las demás metalizadas
39202019	- - - Las demás
3920202	- - Flexibles, con impresión:
39202021	- - - Placas, Hojas y Películas Metalizadas
39202029	- - - Las demás Placas
39202090	- - Otras

Fuente: BCR.

2.3.1. ACV materia prima.

El ciclo de vida para empaques que ingresan a El Salvador como materia prima inicia con la importación de las materias primas donde llega al fabricante para la elaboración del empaque y que se utilizará como envase para preservar el producto que contendrá. Elaborado el empaque será usado por el fabricante y se genera un residuo de tipo directo, posteriormente surge la recolección del empaque. Luego el empaque pasa a un proceso de transformación para nuevamente ser nuevamente incorporado al mercado. En la figura 2.2 se detalla en ACV para empaque con producto semi-elaborado.



Figura 2.2 Diagrama ciclo de vida materia prima.

Elaboración propia.

A esta categoría corresponden aquellos materiales procedentes de diversos países que ingresan al mercado en forma de bobinas. Además el material se encuentra sin impresión ni laminación.

A continuación se detallan las dos subdivisiones de los productos que son importados en mercado de plásticos.

a. 39202014 - - - Las demás metalizadas

En la tabla 2.6 se muestran los datos de importación de empaques flexibles sin impresión: las demás metalizadas, para el año 2005 al 2010 con su respectivo país de procedencia.

Tabla 2.6 Datos de importación de empaques flexibles sin impresión: las demás metalizadas.

PAÍSES	KILOGRAMOS/AÑO					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Canadá	11.8	0	135	0	883	0
Estados Unidos (U.S.A.)	113,512.39	260,139.00	349,355.10	294,023.72	548,147.27	1627,311.34
México	58.62	7,700.19	2,427.95	21,869.58	81,839.22	108,593.63
Guatemala	592.01	2,320.13	6.8	4,103.19	227.5	74
Panamá	0	0	0	1,210.00	0	0
Colombia	55,373.48	96,276.38	56,054.58	95,808.30	175,576.34	101,434.34
Ecuador	0	0	74	0	19,539.97	11,903.85
Brasil	744,212.83	659,863.20	672,903.74	55,203.67	22,345.50	17,524.29
Argentina	63,591.76	63,533.40	101,549.17	71,304.16	9,782.10	0
Perú	25,081.59	0	65,645.99	107,683.91	210,668.21	465,215.63
Chile	458,884.72	598,546.67	214,173.28	355,312.10	205,759.59	173,696.10
Bélgica	0	0	0	0	136	0
España	0	1,666.00	41,919.00	0	0	0
Hungría	0	0	0	162	0	0
Italia	51,657.64	107,261.75	379,138.00	479,020.00	0	1,335.51
Republica Popular de China	0	0	0	0	409.09	3,359.82
Hong Kong	1,530.00	0	0	0	0	0
India	0	0	0	1,056.92	0	80.16
Emiratos Árabes Unidos	0	0	0	21	10,014.04	22,955.89

Tabla 2.6 Datos de importación de empaques flexibles sin impresión: las demás metalizadas.

PAÍSES	KILOGRAMOS/AÑO					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Mascate Y Omán	0	0	42,156.00	63,310.54	56	0
TOTAL	1,514,506.84	1,797,306.72	1,925,538.61	1,550,089.09	1,285,383.83	2,533,484.56

Fuente BCR.

La gráfica de los datos de importación de la materia prima, según el SAC flexibles sin impresión: las demás metalizadas; que se utilizan para la conversión de los diversos productos en El Salvador para el año 2005 al 2010.

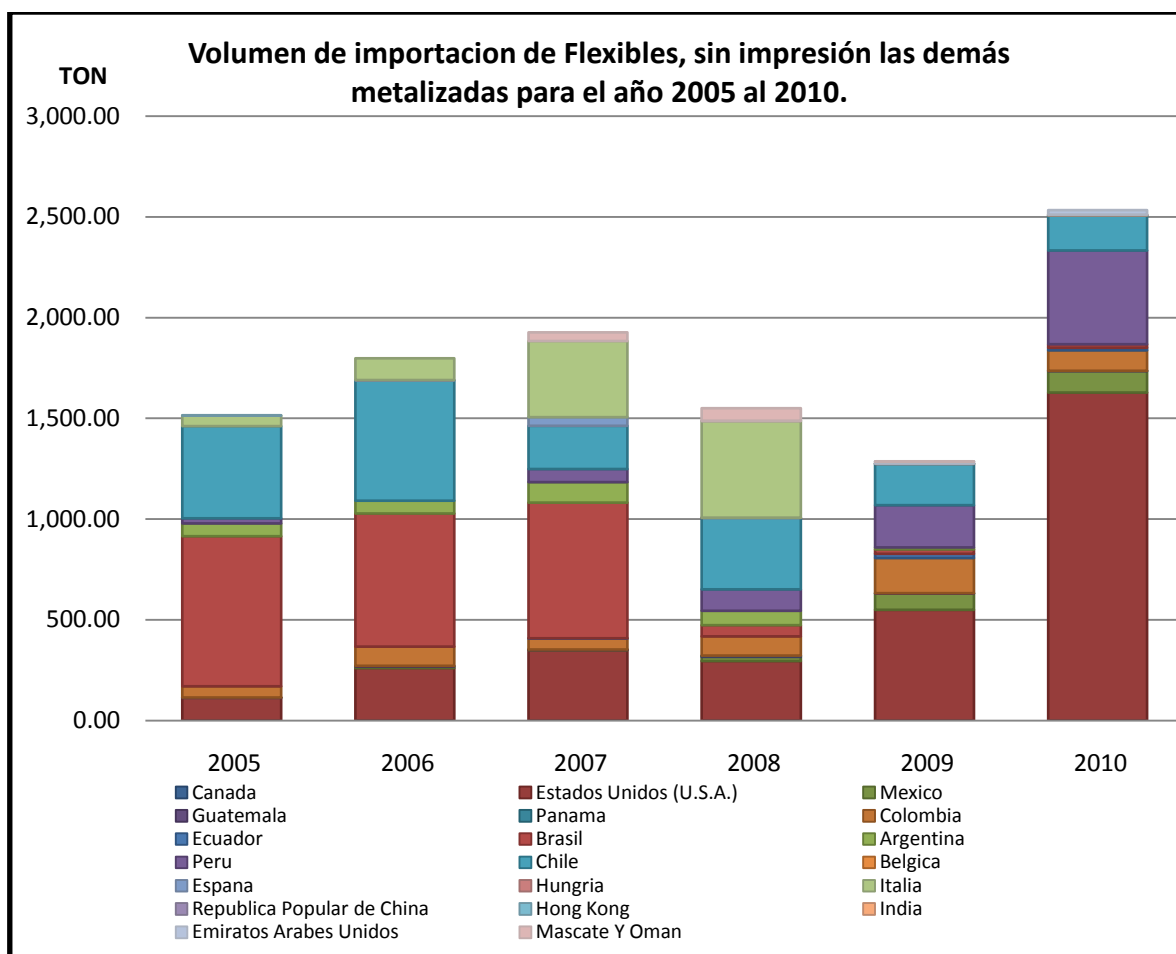


Gráfico 2.5 Datos de importación de la materia prima, según el SAC empaques flexibles sin impresión: las demás metalizadas.

Fuente BCR. Elaboración propia.

Como se observa en la gráfica 2.5 los volúmenes de importación de empaques flexibles, sin impresión las demás metalizadas han incrementado constantemente, únicamente

hubo una reducción del 19.50% y 9.17% para el año 2008 y 2009 respectivamente y esto como consecuencia de la crisis mundial para dichos años. Durante los años 2005 al 2010 los principales países que importaron este tipo de empaques a El Salvador fueron Estados Unidos, Chile y Brasil, siendo este último una de los mayores contribuyente hasta el año 2008. En el año 2010 Guatemala crece en volumen de importaciones considerablemente tal como se muestra en la gráfica anterior.

b. 39202019 - - - Las demás

En la tabla 2.7 se revelan los datos de importación de empaques flexibles sin impresión: las demás, para el año 2005 al 2010 con su respectivo país de procedencia.

Tabla 2.7 Datos de importación de empaques flexibles sin impresión: Las demás

PAÍSES	KILOGRAMOS/AÑO					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Canadá	31,361.00	35,965.00	0	107.3	42.9	586.75
Estados Unidos (U.S.A.)	1111,435.56	2,160,465.59	1600,015.87	1951,605.12	2799,990.74	4435,051.08
México	377,123.86	630,274.92	572,877.87	670,127.63	144,256.34	346,222.41
Guatemala	50,529.70	21,460.84	39,971.53	35,514.72	31,958.72	64,173.87
Honduras	1,365.24	22	5,799.11	65.15	326.86	0.5
Nicaragua	0	0.29	0	0	0	0
Costa Rica	32,045.07	41,730.01	42,919.35	38,454.00	9,902.85	3,910.64
Panamá	138.43	0	0	3,180.00	0	0
Colombia	597,511.71	796,779.54	608,635.83	771,312.72	739,198.51	530,504.50
Ecuador	0	0	0	0	46,899.83	36,000.90
Brasil	2574,474.15	2,049,844.91	866,133.81	521,232.73	24,427.50	166,110.18
Uruguay	5.5	0	0	0	0	0
Argentina	9,031.10	23,528.25	239,878.64	316,067.08	141,645.00	107,590.20
Perú	60,738.41	0	1680,713.01	1549,712.01	1118,257.12	1221,395.30
Chile	679,132.20	899,202.89	189,798.65	540,059.40	287,458.91	280,099.14
Bélgica	0	157	0	0	0	0
España	0	120	0	0	176	595
Italia	82,143.36	383,349.62	1144,153.00	387,632.50	9,982.00	38,144.49
Holanda	0	41,136.00	0	0	0	0
Polonia	0	3,166.00	0	0	0	0

Tabla 2.7 Datos de importación de empaques flexibles sin impresión: Las demás

PAÍSES	KILOGRAMOS/AÑO					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Reino Unido	9,794.00	42	17,527.00	0	0	0
Suecia	0	0	0	0.01	0	0
Suiza	15.07	0	0	267.44	230.67	0
Corea Del Sur	46,967.00	30,263.00	23,919.00	0	600	730
Corea Del Norte	0	4,063.00	1,166.00	0	0	0
República Popular de China	4,701.01	92,216.04	32,067.93	34,288.52	23,154.88	50,327.86
Taiwán	11,191.06	209,321.30	141,865.78	55,243.25	0	61.51
Hong Kong	815	1,118.00	7,112.00	12,078.83	2,450.80	2,621.00
India	47,627.50	0	2,072.70	1,130.10	0	160.84
Indonesia	0	0	617.41	0	0	0
Emiratos Árabes Unidos	0	0	153	253	86,315.36	161,686.21
Israel	12,690.18	0	0	0	0	0
Mascate Y Omán	0	0	0	104.46	84.5	32,198.20
Singapur	19.51	0	0	0	0	0
Tailandia	0	24,382.00	3,600.00	60,250.00	0	0
Turquía	9,709.00	0	0	0	0	0
Otros Países	0	0	0	0	0	22,443.38
TOTAL	5,750,564.62	7,448,608.20	7,220,997.49	6,948,685.97	5,467,359.49	7,500,613.96

Fuente BCR.

La gráfica 2.6 detalla los datos de importación de la materia prima, según el SAC flexibles sin impresión: las demás; que se utilizan para la conversión de los diversos productos en El Salvador para el año 2005 al 2010.

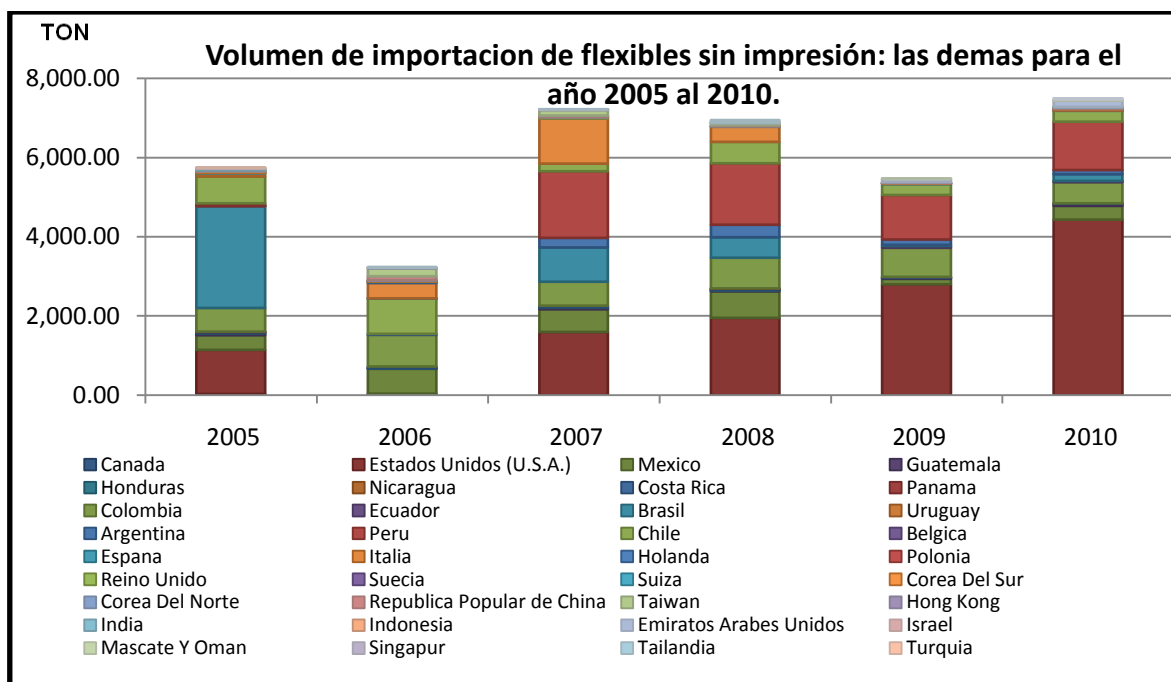


Gráfico 2.6 Datos de importación de la materia prima, según el SAC empaques Flexibles, sin impresión las demás.

Fuente BCR.

Como se observa en la gráfica 2.6 los volúmenes de importación de empaques flexibles, sin impresión las demás metalizadas han incrementado constantemente, teniendo su mínimo en importación de 3.06% para el año 2006 y un máximo en importación de 27.11% para el año 2010. Para los años 2005 al 2010 los principales países que importaron este tipo de empaques a El Salvador fueron Estados Unidos y Perú.

La tabla 2.8 establece de manera general el volumen de las importaciones que representa cada uno de productos según el SAC para la categoría de materias primas:

Tabla 2.8 Importaciones para la categoría de materias primas.

CODIGO ARANCELARIO	KILOGRAMOS/AÑO					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
39202014	1514,506.84	1797,306.72	1925,538.61	1550,089.09	1285,383.83	2533,484.56
39202019	5750,564.62	7448,608.20	7220,997.49	6948,685.97	5467,359.49	7500,613.96
TOTAL	7265,071.46	9245,914.92	9146,536.10	1550,089.09	6752,743.32	10034,098.52

Fuente: BCR

La gráfica 2.7 detalla los datos de importación de la materia prima, según el SAC, que se utilizan para la conversión de los diversos productos en El Salvador para el año 2005 al 2010.

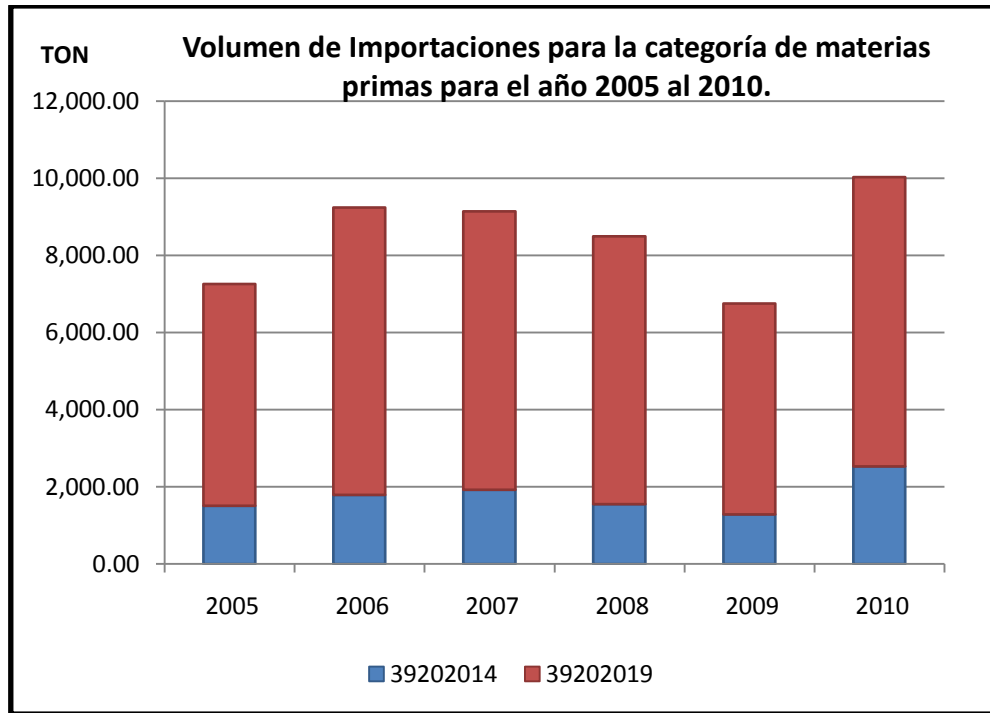


Gráfico 2.7 Importaciones para la categoría de materias primas.

Fuente: BCR

Para la categoría de materias primas el producto que tiene más representatividad es el empaque flexible sin impresión: las demás con código arancelario 39202019, mostrando una alta diferencia con respecto al otro producto de esta categoría.

2.3.2. ACV producto semi-elaborado.

El ciclo de vida para empaques que ingresan a El Salvador con producto semi-elaborado inicia con la importación de las materias primas donde llega al fabricante para la elaboración del empaque que servirá como envase para preservar el producto que contendrá. Fabricado el empaque es almacenado en bodegas con el producto donde será distribuido a supermercado o tiendas y llegar al consumidor final o cliente. Una vez consumido el producto se desecha el empaque, surge la recolección del empaque. Luego el empaque pasa a un proceso de transformación para nuevamente ser nuevamente incorporado al mercado cumpliendo una función diferente. En la figura 2.3 se detalla el ACV para el empaque como producto semi-elaborado.

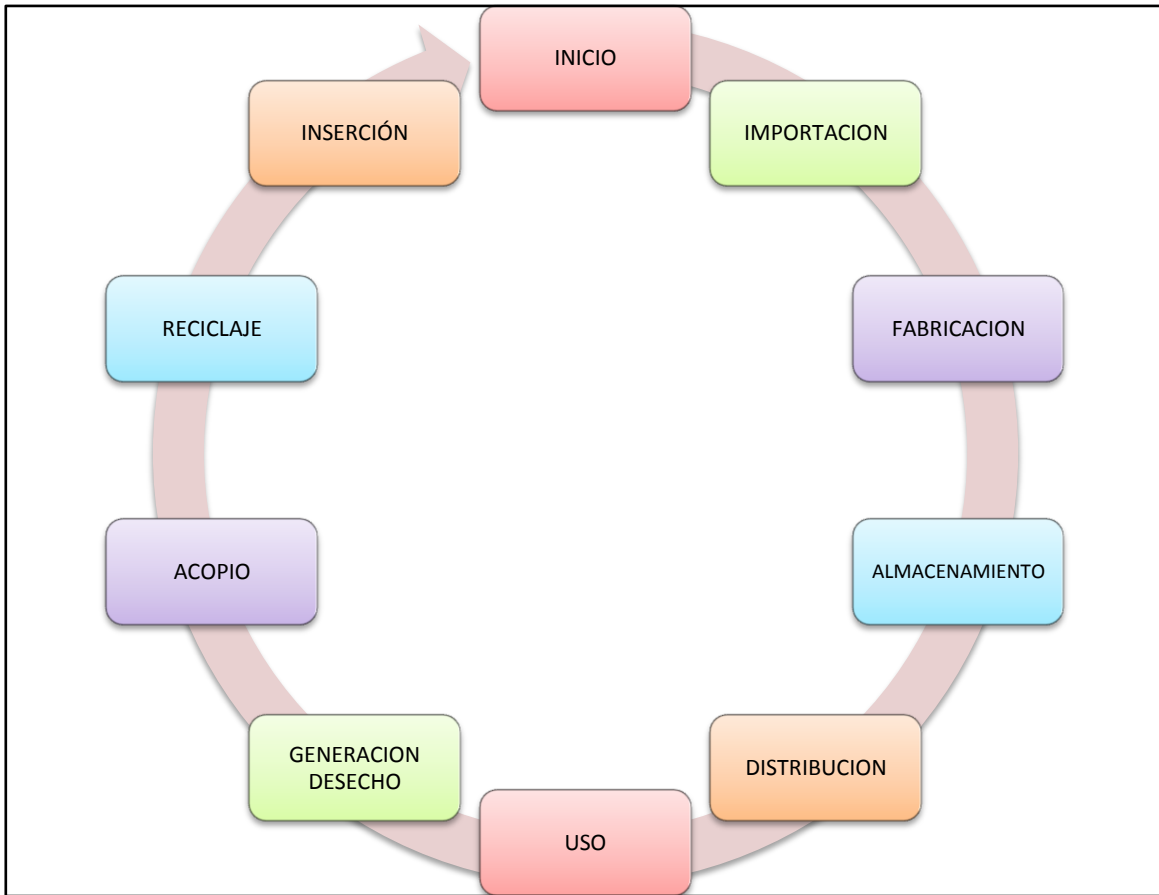


Figura 2.3 Diagrama ciclo de vida de producto semi-elaborado.

Elaboración Propia.

A esta categoría corresponden aquellos materiales procedentes de diversos países que ingresan al mercado en forma de bobinas y además el material se encuentra laminado con impresión y películas con impresión y sin laminar.

Las tres subdivisiones de los productos que son importados en el mercado de plásticos a continuación se detallan.

a. 39202021- - Placas, Hojas y Películas Metalizadas

En la tabla 2.9 se muestran los datos de importación de empaques flexibles sin impresión: las demás metalizadas para el año 2005 al 2010 con su respectivo país de procedencia.

Tabla 2.9 Datos de importación de empaques flexibles con impresión: placas, hojas y películas metalizadas

PAÍSES	KILOGRAMOS/AÑO					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Estados Unidos (U.S.A.)	7	0	0	62.36	0	0
México	0	714.52	0	0	0	0
Honduras	0	0	74	0	0	0
Guatemala	2,253.58	8,765.38	19,768.00	3,068.00	4,955.53	2,361.24
Costa Rica	4,891.21	9,386.89	10,999.62	0	0	0
Cuba	6,833.00	0	0	0	0	0
Puerto Rico	0	0	0	9.09	0	0
Perú	139	0	894	0	0	0
Chile	117,645.80	158,106.37	193,319.40	189,758.24	178,075.23	174,586.82
España	0	3,282.00	0	0	0	0
Hungría	0	0	0	88	0	0
Italia	0	0	0	606	0	0
República Popular de China	0	0	0	1,197.36	3,088.24	0
TOTAL	131,769.59	180,255.16	225,055.02	194,789.05	186,119.00	176,948.06

Fuente BCR. Elaboración propia.

En la gráfica 2.8 se muestran los datos de importación del producto semi-elaborado, según el SAC, flexibles con impresión: placas, hojas y películas metalizadas; que se utilizan para la conversión de los diversos productos en El Salvador para el año 2005 al 2010.

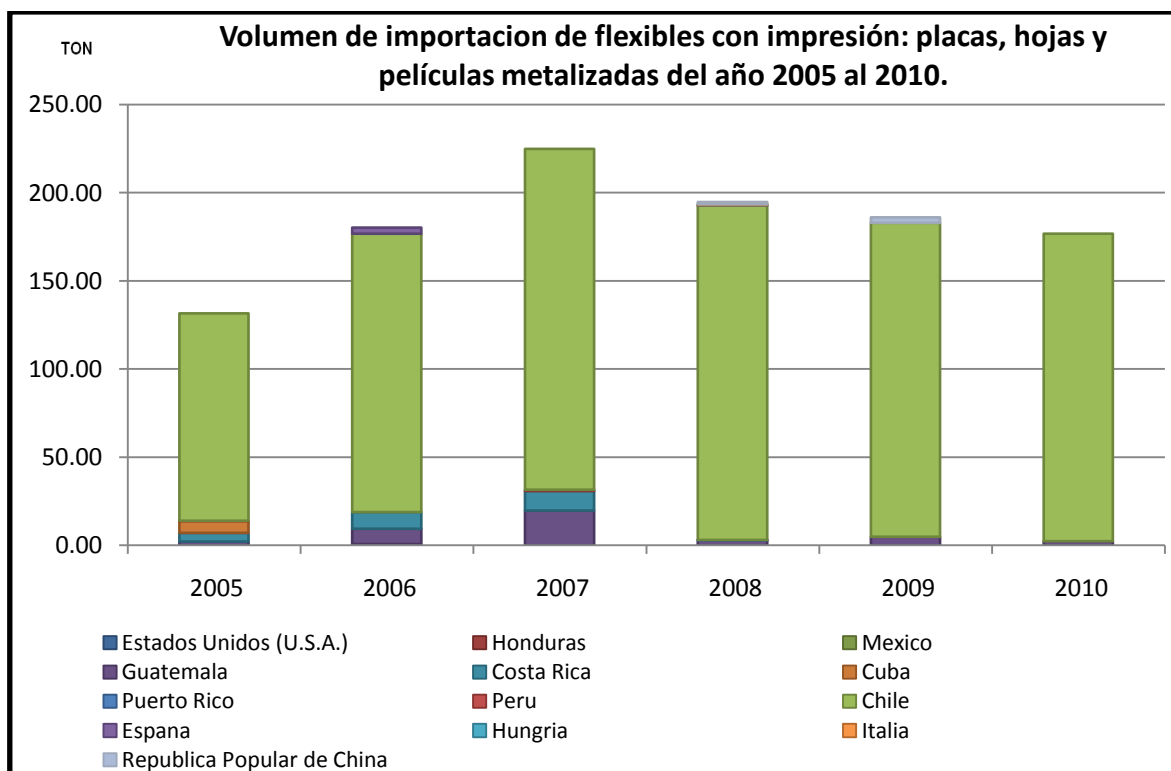


Gráfico 2.8 Datos de importación de producto semi-elaborado, según el SAC, empaques flexibles con impresión: placas, hojas y películas metalizadas.

Fuente BCR. Elaboración propia.

En la gráfica 2.8 el principal contribuyente de empaques flexibles con impresión: placas, hojas y películas metalizadas desde el año 2005 al 2010 es Chile ya que la tendencia de crecimiento en volumen de importación genero que los demás países competidores abandonarán el mercado de importación de éstos empaques pudiéndose deber a dos factores el primero la alta competitividad de oferta de chile y el segundo por la alta calidad de sus materias primas.

b. 39202029--- Las demás Placas

En la tabla 2.10 se muestran los datos de importación de empaques flexibles con impresión: las demás, para el año 2005 al 2010 con su respectivo país de procedencia.

Tabla 2.10 Datos de importación de flexibles con impresión: Las demás placas

PAÍSES	KILOGRAMOS/AÑO					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Estados Unidos (U.S.A.)	13,252.64	3,753.02	2,935.98	644.15	24.65	331.83
México	4,746.31	2,540.75	1,643.04	5,383.63	2,568.40	294.28

Tabla 2.10 Datos de importación de flexibles con impresión: Las demás placas

PAÍSES	KILOGRAMOS/AÑO					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Guatemala	26,433.47	53,562.51	42,491.48	33,924.09	6,762.61	20,078.26
Honduras	1.00	0.00	0.00	28,910.12	4,924.19	8,391.41
Nicaragua	0.00	0.00	1,223.00	0.00	0.00	735.00
Costa Rica	17,296.11	3,608.83	5,935.04	3,338.31	14,075.35	7,824.95
Panamá	595.24	461.57	0.00	16.02	12.19	108.27
República Dominicana	0.00	0.00	21,692.02	0.70	1.80	0.00
Colombia	2,655.50	1,404.98	235.80	175.00	1.20	138.60
Argentina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.91
Perú	131,316.99	150,941.96	214,379.74	90,685.00	2,382.40	7,008.50
Chile	9,063.34	0.00	0.00	0.00	3,990.00	13,462.28
Alemania	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00
España	4,413.76	2,849.00	5,010.00	2,703.00	0.00	7,474.00
Italia	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Suecia	0.00	0.00	1,479.70	0.00	0.00	0.00
República Popular de China	0.00	0.00	0.00	59.13	0.00	3,491.09
Taiwán	365.56	23,522.64	4,773.80	1,185.60	9.10	0.00
Hong Kong	0.00	0.00	2,493.80	144.00	0.00	0.00
Singapur	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00
España	4,413.76	2,849.00	5,010.00	2,703.00	0.00	7,474.00
Italia	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Suecia	0.00	0.00	1,479.70	0.00	0.00	0.00
República Popular de China	0.00	0.00	0.00	59.13	0.00	3,491.09
Taiwán	365.56	23,522.64	4,773.80	1,185.60	9.10	0.00
Hong Kong	0.00	0.00	2,493.80	144.00	0.00	0.00
Singapur	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	210,151.92	242,672.76	304,293.40	167,168.75	34,751.89	69,360.38

Fuente BCR. Elaboración propia.

La gráfica 2.9 especifican los datos de importación de producto semi-elaborado, según el SAC, flexibles con impresión: Las demás placas; que se utilizan para la conversión de los

diversos productos en El Salvador para el año 2005 al 2010. Además los datos denotan un decrecimiento constantemente a partir del año 2007, tiendo su máxima aportación de 304.93 Ton para dicho año. Con lo anterior se puede visualizar una reducción global del 79.18% en volumen para dicho producto.

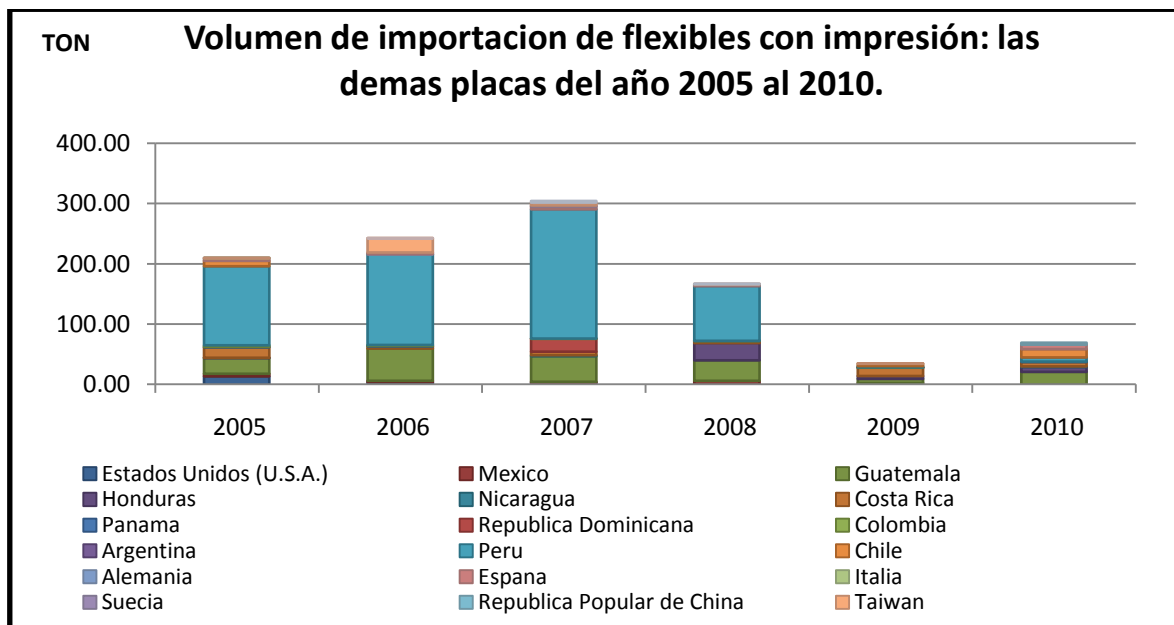


Gráfico 2.9 Datos de importación de producto semi-elaborado, según el SAC, empaques flexibles con impresión: Las demás placas

Fuente BCR. Elaboración propia.

c. 39202090--- Otras

En la tabla 2.11 se muestran los datos de importación de empaques flexibles con impresión: Otras, para el año 2005 al 2010 con su respectivo país de procedencia.

Tabla 2.11 Datos de importación de empaques flexibles con impresión: Otras.

PAÍSES	KILOGRAMOS/AÑO					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Estados Unidos (U.S.A.)	1,961.95	546.48	180.46	3,527.26	240.96	1,014.68
México	11,697.88	1,388.30	240.25	0.39	127.53	0
Guatemala	1,228.40	55.5	5,210.37	5,651.53	3,577.04	5,003.20
Honduras	500.63	450	947.37	0	0	0
Nicaragua	0	0	0	2	51	27
Costa Rica	13,299.24	2,830.65	777	0	360.56	0

Tabla 2.11 Datos de importación de empaques flexibles con impresión: Otras.

PAÍSES	KILOGRAMOS/AÑO					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Panamá	0	0	47.5	0	0	0
Colombia	10,492.50	148.27	0	120	0	19,692.39
Perú	0	0	0	9.9	0	0
Chile	0	0	0	0	52	0
Alemania	100	0	0	0	0	0
Francia	66	0	0	0	0	0
Italia	0	352	0	0	0	0
Suiza	0	0	0	0	0	267.22
Corea Del Norte	0	908	0	0	0	0
República Popular de China	0	0	0	17,283.00	5,532.00	10,991.55
Taiwán	1,382.60	3,750.60	0	2,366.67	2,264.74	2,267.00
TOTAL	210,151.92	242,672.76	304,293.40	167,168.75	34,751.89	69,360.38

Fuente BCR.

La gráfica 2.10 contiene los datos de importación de producto semi-elaborado, según el SAC, flexibles con impresión: Otras; que se utilizan para la conversión de los diversos productos en El Salvador para el año 2005 al 2010.

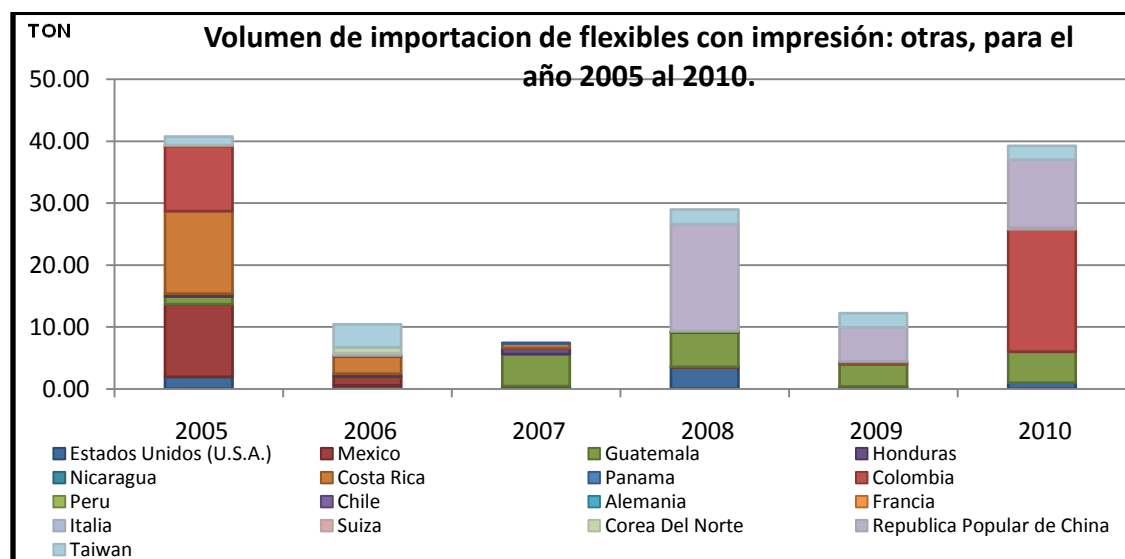


Gráfico 2.10 Datos de importación de la materia prima, según el SAC empaques Flexibles, con impresión Otras.

Fuente BCR. Elaboración propia.

Según la gráfica 2.10 se observa que no existe una tendencia definida en cuanto a volúmenes de importación de flexibles sin impresión: las demás. De igual forma no existe un país que lidere este mercado puesto que aún entre ellos las variaciones de volumen de importación son considerablemente fluctuantes.

La tabla 2.12 muestra de manera general el volumen de las importaciones que representa cada uno de productos según el SAC para la categoría de producto semi-elaborado:

Tabla 2.12 Importaciones para la categoría de producto semi-elaborado

CODIGO ARANCELARIO	KILOGRAMOS/AÑO					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
39202021	131,769.59	180,255.16	225,055.02	194,789.05	186,119.00	176,948.06
39202029	210,151.92	242,672.76	304,293.40	167,168.75	34,751.89	69,360.38
39202090	40,729.20	10,429.80	7,402.95	28,960.75	12,205.83	39,263.04
TOTAL	382,650.71	433,357.72	536,751.37	390,918.55	233,076.72	285,571.48

Fuente: BCR. Elaboración propia.

La gráfica 2.11 se detalla los datos de importación de producto semi-elaborado, según el SAC, que se utilizan para la conversión de los diversos productos en El Salvador para el año 2005 al 2010.

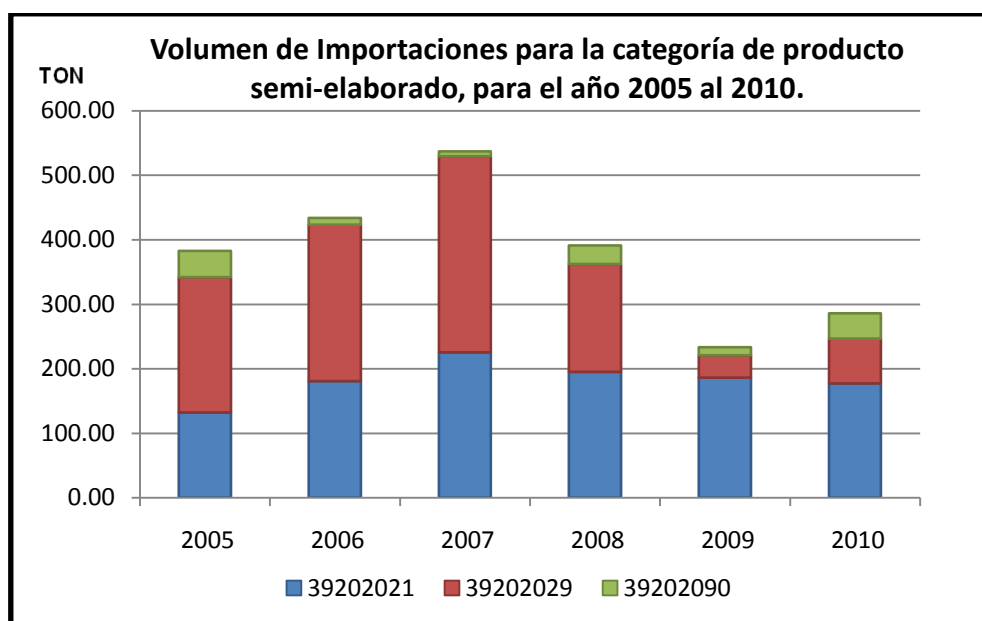


Gráfico 2.11 Importaciones para la categoría de producto semi-elaborado.

Fuente: BCR. Elaboración propia.

Para la categoría de materias primas el producto que tiene más representatividad es el empaque flexible con impresión placas, hojas y películas metalizadas con código arancelario 39202019, mostrando una alta diferencia con respecto al otro producto de esta categoría.

2.3.3. ACV producto terminado

El ciclo de vida para empaques que ingresan a El Salvador con producto terminado inicia con la importación de los diversos productos que contienen dichos empaques, donde son transportados y almacenados en bodegas para nuevamente ser distribuidos a supermercado o tiendas y llegar al consumidor final o cliente. Una vez consumido el producto se desecha el empaque, a este proceso se le denomina como generación de residuo, y de esta etapa surge la recolección del empaque. Luego el empaque pasa a un proceso de transformación para nuevamente ser nuevamente incorporado al mercado. En el diagrama a continuación se detalla en ACV para empaque con producto terminado.

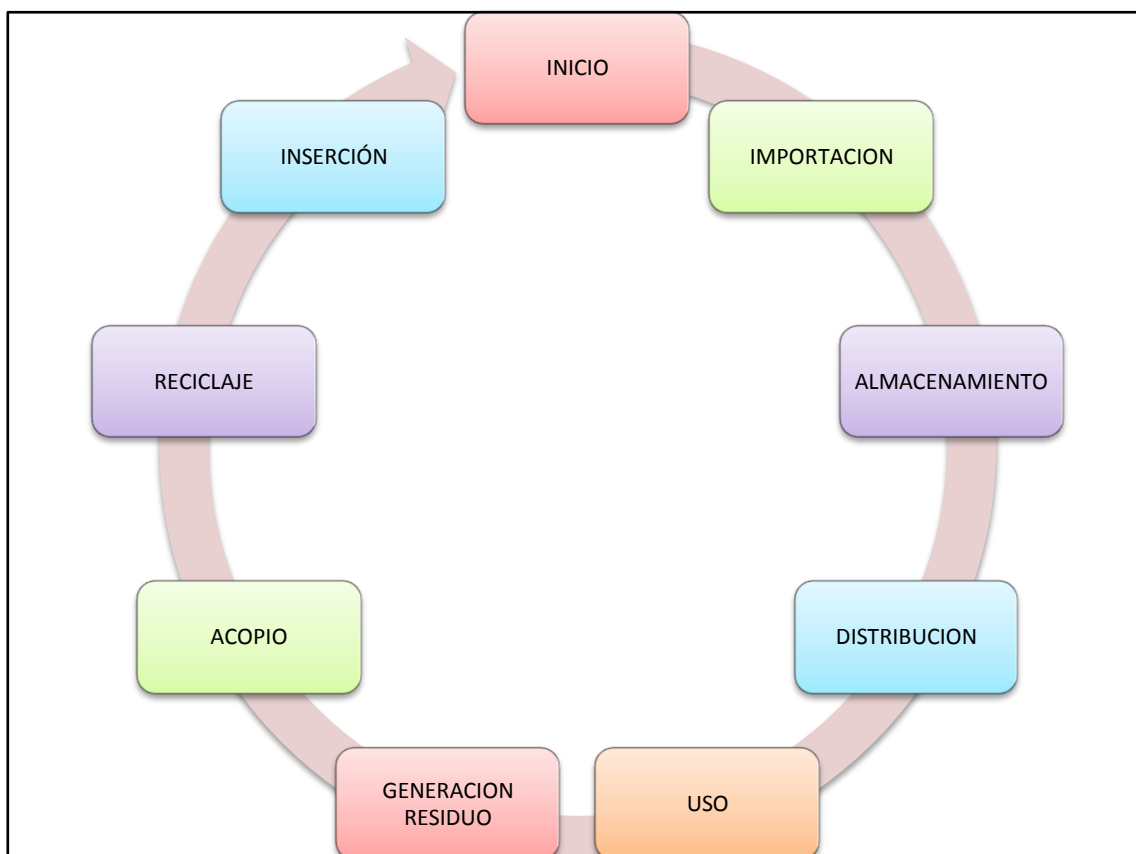


Figura 2.4 Diagrama ciclo de vida de producto terminado.

Elaboración propia.

A esta categoría corresponden aquellos materiales procedentes de diversos países que ingresan al mercado en forma de empaque protegiendo un producto en específico. Además el material se encuentra sin impresión ni laminación.

A continuación se detalla las dos subdivisiones de las empresas que importan los empaques en estudio.

a. Corporación DINANT

La tabla 2.13 detalla la importación mensual de empaques de polipropileno metalizado de la empresa DINANT en El Salvador para el año 2010.

Tabla 2.13 Importación mensual de empaques de polipropileno metalizado de empresa DINANT para el año 2010.

MES	TON
Enero	1.54
Febrero	2.74
Marzo	3.56
Abril	1.88
Mayo	1.93
Junio	2.40
Julio	3.31
Agosto	0.88
Septiembre	4.68
Octubre	2.93
Noviembre	1.22
Diciembre	1.18
TOTAL	28.24

Fuente: Visita a Corporación DINANT. Elaboración propia.

b. FRITO LAY

Los productos de FRITO LAY son importados en dos presentaciones diferentes: SNACK PEQUEÑO Y MEDIANO, conocidas comúnmente producto de consumo popular y el SNACK GRANDE que se caracteriza por ser un producto de consumo familiar. En la tabla 2.14 se detallan los datos correspondientes a las unidades por caja de los productos de presentación que son necesarios para calcular el peso del empaque para cada una de las presentaciones.

Tabla 2.14 Peso empaque por producto de importación para empresa FRITO LAY

PRODUCTO	Importación de producto para el año 2010.				
	CAJAS	UNIDADE S	UNIDADES POR CAJA	PESO POR EMPAQUE TOTAL	
				kg	Ton
SNACK PEQUEÑO Y MEDIANO	484402	13468.00	31449842.0	57477.73	57.48
SNACK GRANDE	111740	816	1536514	5,616.76	5.62
TOTAL				63,094.49	63.10

Fuente: Visita a FRITO LAY. Elaboración propia.

2.4. Datos de Generación de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados en El Salvador.

El Salvador no cuenta con un registro sobre los volúmenes de generación residuos de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado. Es por ello que se tomará el balance comercial entre las importaciones y exportaciones de materia prima y producto semi-elaborado para estimar los datos de generación de residuos del empaque en estudio.

2.4.1. Generación de residuos de empaque laminado por materia prima

La generación de residuo de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado por materia prima se ha estimado según la diferencia de volumen de importaciones y exportado en El Salvador.

La tabla 2.15 muestra el volumen de residuo sólidos para el año 2005 al 2010.

Tabla 2.15 Volumen de residuo de empaque laminado generados por materia prima.

RESIDUO	KILOGRAMOS/AÑO					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Importación	7,265,071.46	9,245,914.92	9,146,536.10	8,498,775.06	6,752,743.32	10,034,098.52
Exportación	115,250.94	38,883.74	161,871.26	46,642.15	83,045.41	50,809.93
Residuo Generado	7,149,820.52	9,207,031.18	8,984,664.84	8,452,132.91	6,669,697.91	9,983,288.59

Fuente: BCR. Elaboración propia.

Según la tabla 2.15 el volumen de residuo de empaque laminado por fuente de procedencia de materia prima para los años 2005 al 2010 ha crecido en 28.32% presentando su mayor incremento en el año 2010 con 9983,288.59 Kg, el cual equivale a 998.29 Ton anual de residuo generado. La tendencia en positiva únicamente decae en el año 2009, y esto es producto de la crisis mundial que hubo para dicho año. Si se utiliza el

valor de volumen residuo de empaque laminado de este tipo fuente de procedencia en Ton mensuales para el año 2010, en promedio se tendría 831.94 Ton, lo cual indica que es una cifra que posee un alto valor como material de reciclaje y/o reutilización dada la tendencia de crecimiento de mercado reflejados en los años antes citados.

2.4.2. Generación de residuo de empaque por producto semi-elaborado

La generación de residuos de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado por producto semi-elaborado se ha estimado según la diferencia de volumen de importaciones y exportaciones de este tipo de productos en El Salvador.

En la tabla 2.16 se presenta el volumen de residuo generado por productos semi-elaborado para el año 2005 al 2010.

Tabla 2.16 Volumen de residuo de empaque laminado generado por producto semi-elaborado.

RESIDUO	KILOGRAMOS/AÑO					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Importación	382,650.71	433,357.72	536,751.37	390,918.55	233,076.72	285,571.48
Exportación	833,094.33	697,871.76	2752,137.63	2120,430.68	1341,056.00	1390,847.15
Residuo Generado	-450,443.62	-264,514.04	-2215,386.26	-1729,512.13	-1107,979.28	-1,105,275.67

Fuente: BCR. Elaboración propia.

En la tabla 2.16 se muestran el volumen de residuos generados por fuente de tipo producto semi-elaborado, los valores son negativos, es decir, que las exportaciones son mayores que las importaciones y de esta forma se genera una balanza comercial positiva. En otras palabras se puede establecer que no hay residuo de este tipo fuente en El Salvador puesto que la cantidad en volumen de este material es exportado totalmente y será obviado en el análisis de generación de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.

En síntesis para esta sección se puede concretar que el análisis de los datos de generación de residuo de los empaques por materia prima y producto semi-elaborado en estudio únicamente contempla los materiales Laminado por fuente de procedencia de tipo materia prima ya que los únicos antecedentes que denotan el origen de los desperdicios por su volumen generado en los años 2005 año 2010.

En la gráfica 2.12 se esquematiza la alta incidencia de residuo generado por las diferentes fuentes de procedencia de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado en El Salvador.

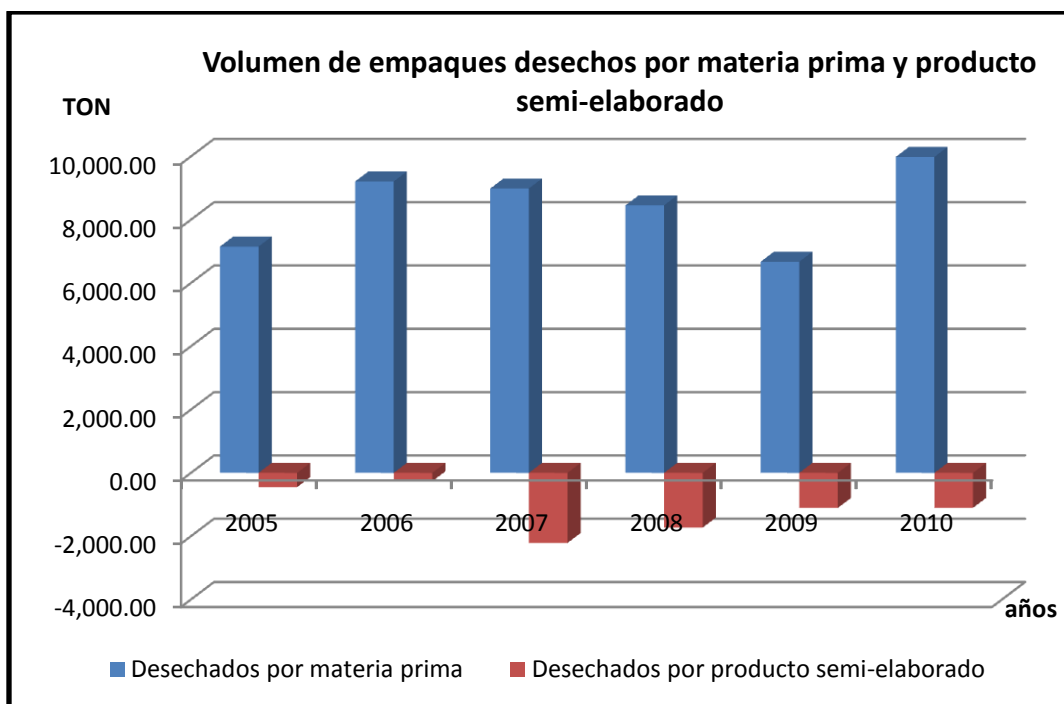


Gráfico 2.12 Empaques generados por materia prima y producto semi-elaborado para los años 2005 al 2010.

Fuente: BCR. Elaboración propia.

La tabla 2.17 especifica los volúmenes de residuo de empaque laminado generado por materia prima y producto semi-elaborado.

Tabla 2.17 Volumen de residuo de empaque laminado generado por materia prima y producto semi-elaborado.

TOTAL RESIDUO		KILOGRAMOS/AÑO					
		2005	2006	2007	2008	2009	2010
Materia prima		7,149,820.52	9,207,031.18	8,984,664.84	8,452,132.91	6,669,697.91	9,983,288.59
Producto semi-elaborado.		-450,443.62	-264,514.04	-2,215,386.26	-1,729,512.13	-1,107,979.28	-1,105,275.67
Residuo Generado	KG	6,699,376.90	8,942,517.14	6,769,278.58	6,722,620.78	5,561,718.63	8,878,012.92
	TON	6,699.38	8,942.52	6,769.28	6,722.62	5,561.72	8,878.01

Fuente: BCR. Elaboración propia.

2.4.3. Generación de residuo de empaque por producto terminado

La generación de residuo de empaque por producto elaborado ([ver Anexo 2](#)) resulta de la combinación de las dos empresas mencionadas anteriormente:

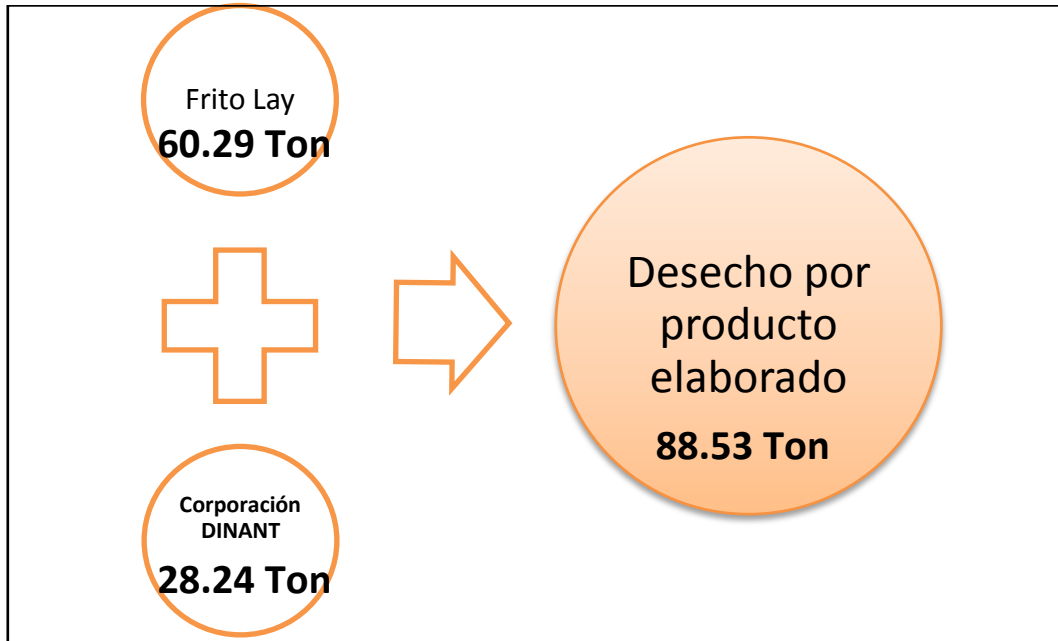


Figura 2.5 Generación de residuo de empaque por producto elaborado.

Fuente: Visita a Frito Lay y Corporación DINANT. Elaboración: Propia

En conclusión la generación de residuo del empaque en estudio para el año 2010 es de 8966.54 Ton por materia prima, producto semi-elaborado y producto terminado. De los cuales se estima que por lo menos el 50% sea reciclado o reutilizado. En otras palabras la cantidad de residuo de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado está dada por el siguiente cálculo:

$$Desecho\ real = Desecho\ teórico * Rendimiento\ de\ recolección\ de\ desecho$$

$$Desecho\ real = \left(8966.54 \frac{ton}{año} \right) * (0.50)$$

$$Desecho\ real = 4483.27 \frac{ton}{año} \cong 4483270.00 \frac{Kg}{año} \cong 12,453.528 \frac{Kg}{día}$$



CAPITULO III

3. DESARROLLO EXPERIMENTAL PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN.

Los residuos plásticos se pueden clasificar, por su forma de recuperación, en:

- Residuo Plástico Post Industrial

Materiales originados de operaciones de las plantas industriales, que pueden consistir en un material único, mezclas de materiales o unidades de empaque y transporte.

- Residuo Plástico post-consumo

Son aquellos productos generados por industrias y consumidores finales, que habiendo sido utilizados y desechados, se separan con el propósito de recolectarlos y reciclarlos, antes de que lleguen a los depósitos de basura (54).

Esto quiere decir, que los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado, pertenecen a la categoría de residuo plástico post consumo.

3.1. Tipos de pruebas a realizar para la recolección de datos.

El plástico para su reciclaje o reutilización requiere:

- Estar separado en base a su nomenclatura

Estos símbolos desarrollados en 1988 por la Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI por sus siglas en inglés), Inc., identifican el contenido de resina del recipiente en el que se han colocado los símbolos. Durante 20 años, el sistema del Código de Identificación de Resinas de la SPI ha facilitado el reciclaje de los plásticos después de utilizados por el consumidor (69).

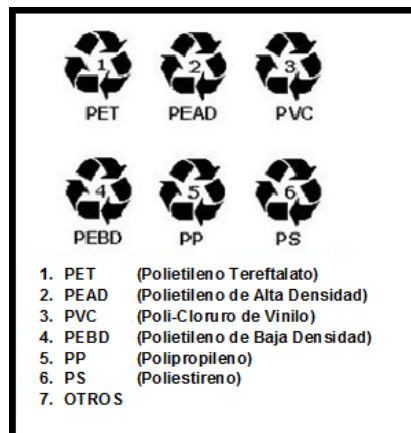


Figura 3.1 Nomenclatura SPI de Plásticos (69).

- Estar clasificado por color
- Estar separado de otros materiales
- Estar limpio.

Los empaques los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado son utilizados para contener alimentos, por lo que, es recomendable que se laven con agua y jabón y luego dejar secar para posteriormente ser almacenado.

Etapas para reciclar el plástico

- a. **Recolección:** Todo sistema de recolección diferenciada que se implemente descansa en un principio fundamental, que es la separación, es necesario separar los residuos de plástico de los demás (orgánicos, metal, vidrio, etc.). Esto tiene como finalidad evitar que los empaques se contaminen y facilitar la clasificación.
- b. **Recepción:** Se reciben los residuos plásticos mixtos que pueden ser almacenados a la interperie. Existen limitaciones para el almacenamiento prolongado en estas condiciones, ya que la radiación ultravioleta puede afectar a la estructura del material, razón por la cual se aconseja no tener el material expuesto más de tres meses. Es importante mencionar que los empaques deben estar limpios para ser almacenados.
- c. **Clasificación:** Luego de la recepción se efectúa una clasificación de los productos por tipo de plástico y color. Si bien esto puede hacerse manualmente, se han desarrollado tecnologías de clasificación automática, que se están utilizando en países desarrollados (15).

Norma ISO para reciclar plástico

ISO, Normas internacionales, Plástico, Reciclado

La International Organization for Standardization ha presentado una nueva normativa: se trata de la ISO 15270:2008, sobre Plásticos - Directrices para la recuperación y reciclado de residuos plásticos.

La norma pretende colaborar en la selección de metodologías y procesos para el manejo de plásticos post-consumo, que pueden llevarse a cabo de acuerdo a varias estrategias.

En general, las tecnologías de recuperación de plásticos pueden ser clasificadas en dos tipos:

- ✓ Recuperación de material: reciclado mecánico o químico y reciclado biológico u orgánico

- ✓ Recuperación de energía: en forma de calor, vapor o generación de electricidad utilizando residuos plásticos como sustitutos de fuentes primarias de combustibles fósiles.

La ISO 15270:2008 también provee recomendaciones en cuanto a estándares de materiales, estándares de ensayos y especificaciones de productos (35).

A continuación se una descripción las pruebas de laboratorio a realizar con respecto las muestras recolectadas donde se detallan las especificaciones técnicas y la condición de operación para cada uno de los ensayos.

3.1.1. Prueba de gramaje.

➤ Definición

Es el peso de un material por unidad de área. Factor importante para definir el precio del papel o algún material (37).

El peso del papel se expresa como gramos por metro cuadrado en el sistema métrico y se denomina *gramaje*. En el sistema inglés se denomina *peso base*, y se expresa en libras por resma, libras por mil hojas, o libras por mil pies cuadrados.

➤ Normas

Los ensayos de gramaje se basan de acuerdo a la norma American Standard Technical Materials (ASTM) D646-96 y norma Technical American Paper and Pulp International (TAPPI) T-410 (ver Anexo 3). En el método estándar TAPPI T410, se encuentra el procedimiento detallado para la determinación del peso base, que consiste en pasar varias hojas de dimensiones conocidas y calcular su peso en gramos por metro cuadrado.

➤ Descripción

El área de varias hojas de papel o cartón se determina a partir de mediciones lineales y la masa (comúnmente llamado "peso") se determina mediante pesada. El gramaje es calculado a partir de la relación de la masa a la zona después de la conversión al sistema métrico decimal cuando sea necesario.

Efecto de la humedad en el peso base.

El contenido de humedad del papel depende de la humedad relativa del aire con el que está en contacto. Debido a que el gramaje o el peso base se expresan siempre como el

peso total del papel, incluyendo la humedad, debe determinarse el peso en condiciones estándar si se requiere que sea reproducible.

Importancia del gramaje.

El peso afecta todas las propiedades físicas y muchas de las propiedades ópticas y eléctricas del papel. Al evaluar estas propiedades es importante distinguir entre las variaciones ocasionadas por los cambios en peso, y las ocasionadas por otras diferencias en el papel. Por esta razón, el gramaje o el peso base deben determinarse siempre al medir las propiedades sensibles al peso. La uniformidad en el peso es también importante. La mayoría de los equipos pueden ajustarse para utilizar papeles de distintos pesos, sin embargo, cuando el peso varía de una hoja a la siguiente, no se pueden hacer ajustes entre las hojas, y surge así un problema (37).

La importancia principal del análisis de gramaje es definir el peso de las muestras para posteriormente determinar el precio de venta como material que se utilizara para la reutilización o reciclo del mismo. La mayoría del papel se compra y se vende de acuerdo con su masa por unidad de superficie, y por lo tanto el gramaje tiene una gran importancia tanto para el consumidor y el productor en la definición de precios.

Factores que afectan el gramaje.

Existen cuatro tipos de variaciones en el peso del papel: 1) variaciones sobre áreas relativamente grandes, de un metro cuadrado o más, 2) bandas pesadas y ligeras presentes en el papel, 3) variaciones sobre distancias relativamente cortas, ocasionadas por remolinos y corrientes en la caja de entrada, y 4) diferencias entre manchas muy cercanas, lo que se considera normalmente como variaciones en la formación (37).

➤ **Material/Equipo**

Material:

Para realización de los ensayos de gramaje se seleccionaron cuatro muestras que representan las 4 empresas de mayor comercialización de los empaques en estudio. Para la prueba de gramaje y para todas las pruebas en esta capítulo, las muestras en análisis se denominaron por las siguientes abreviaturas; muestra 1: MX-D, muestra 2: MX-B, muestra 3: MX-F, muestra 4: MX-Y.

Equipo: Balanza Analítica

Es importante tanto la calibración del instrumento para pesar, como la exactitud en las dimensiones de las muestras de prueba. A continuación se esquematiza el equipo para la prueba de gramaje o peso.



Figura 3.2 Aparato de ensayo de gramaje.

Descripción de sus partes:

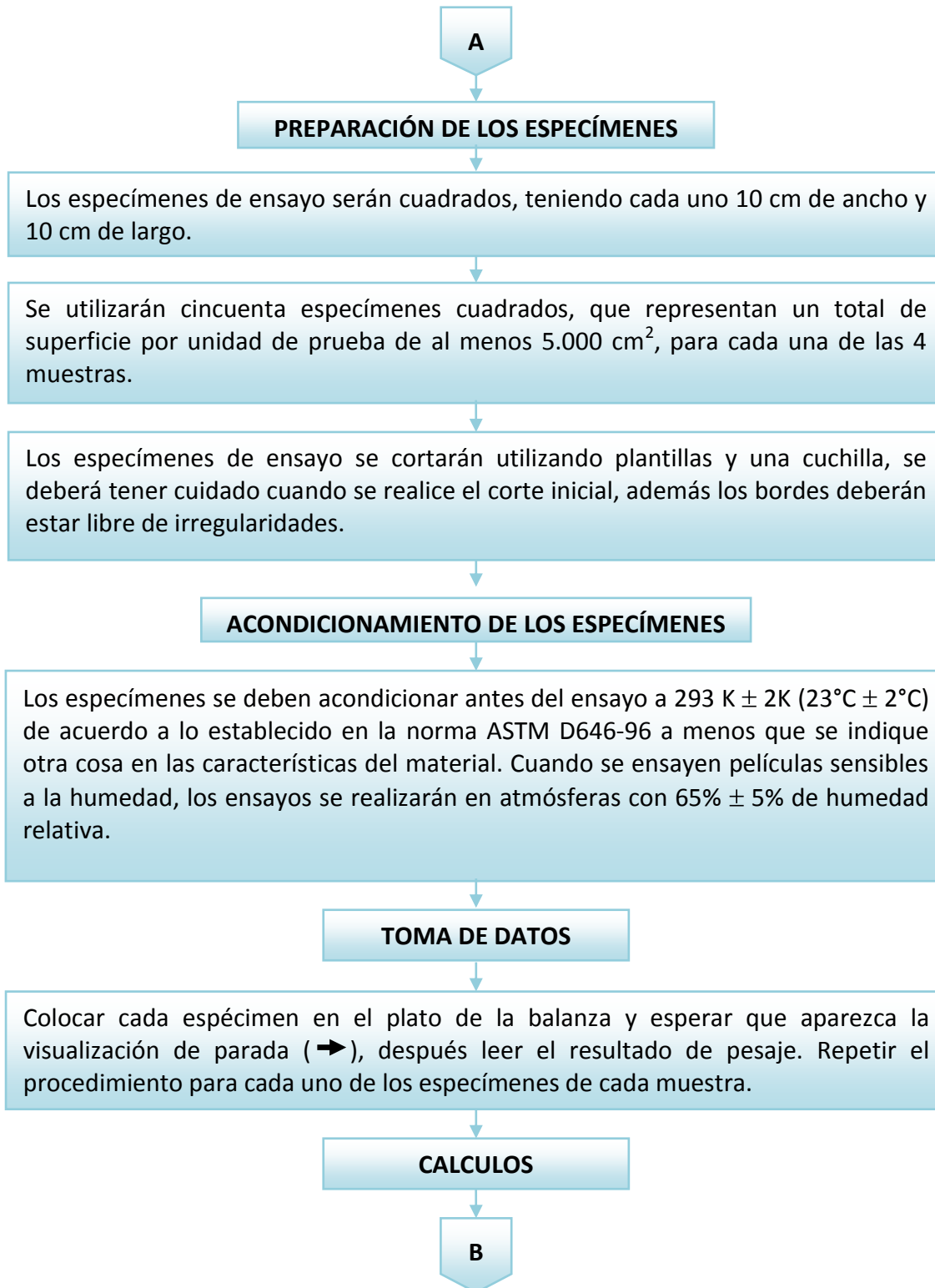
1. Indicador de estabilidad: contiene los 4 menús de configuración que permiten activar o desactivar las respectivas funciones de los mismos.
2. Platillo
3. Cabina de pesaje
4. Patas niveladoras (37).

Procedimiento ([Anexo 7](#))

CALIBRACIÓN DEL APARATO

Antes de iniciar una serie de ensayos se debe comprobar si la balanza se encuentre nivelada con respecto a la mesa de trabajo (nivel de burbuja centrado), en caso de no estarlo, mover los tornillos que se encuentran en la parte inferior. Luego Oprimir el botón de encendido de la balanza y esperar hasta que se nivele.

A



B

De las mediciones, calcular la masa por unidad de superficie de cada muestra. Si M es la masa y A es el área de las probetas en las unidades de medida, el gramaje, en gramos por metro cuadrado (g/m²) puede ser calculada por la fórmula:

$$G = \frac{K * M}{A}$$

Donde K es factor dado en la tabla 1

Table 1. Conversion factors

<i>Units of measurement</i>		<i>Conversion factors</i>
<i>Mass (M)</i>	<i>Area (A)</i>	<i>K</i>
Gram	cm ²	10,000
Gram	in. ²	1,550
Indicated weight (lb) for 500-sheet ream	cm ²	9,070
Indicated weight (lb) for 500-sheet ream	in. ²	1,406

EXPRESIÓN DE RESULTADOS

Calcular la media de los resultados de cada unidad de muestra, y expresar en g/m² con tres cifras significativas

3.1.2. Prueba de calibre.

➤ Definición

Este método describe el procedimiento para medir el espesor de una hoja y las variaciones en el espesor de la lámina de papel, cartón y tabla combinada.

El espesor o calibre afecta casi todas las propiedades físicas, ópticas y eléctricas del papel y laminas de plásticos. El calibre uniforme es muy importante en las láminas de polipropileno para imprimir. La presión que se aplica en el proceso de la impresión se afecta por el espesor del papel, y si este espesor varía, la presión variará también.

➤ Normas

Los ensayos de calibre se basan de acuerdo a la norma ASTM D 645-96 y T-411 ([ver Anexo 3](#)). En los laboratorios del Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y Embalaje de Centro América y Panamá (CDIECAP) de la Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura son aplicadas las normas mencionadas para la prueba de calibre en papel y cartón.

➤ Descripción

En una película lisa de plástico, por medio de un medidor, micrométrico, se hacen mediciones del espesor en diferentes partes.

Importancia

El grueso es una propiedad importante de papel, cartón, tablero o combinados, y las variaciones en el espesor también son importantes sobre todo para papeles y cartones utilizados para fines mecánicos. La prueba es útil para el trabajo de investigación, control de rutina, el diseño de productos de uso final, y para las pruebas de aceptación de conformidad con las especificaciones. El grueso es una de las características importantes que afecta a la rigidez a la flexión.

➤ Material/Equipo

Para las muestras se utilizara las mismas muestras de las pruebas de gramaje.

Equipo: Micrómetro.

El micrómetro es un instrumento que permite realizar comparaciones de medición entre dos objetos. También tiene aplicaciones de alineación de objetos en maquinarias. Necesita de un soporte con pie magnético ([68](#)). En la siguiente ilustración se detallan las partes que componen a un micrómetro.

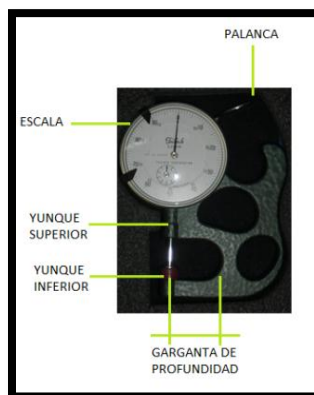
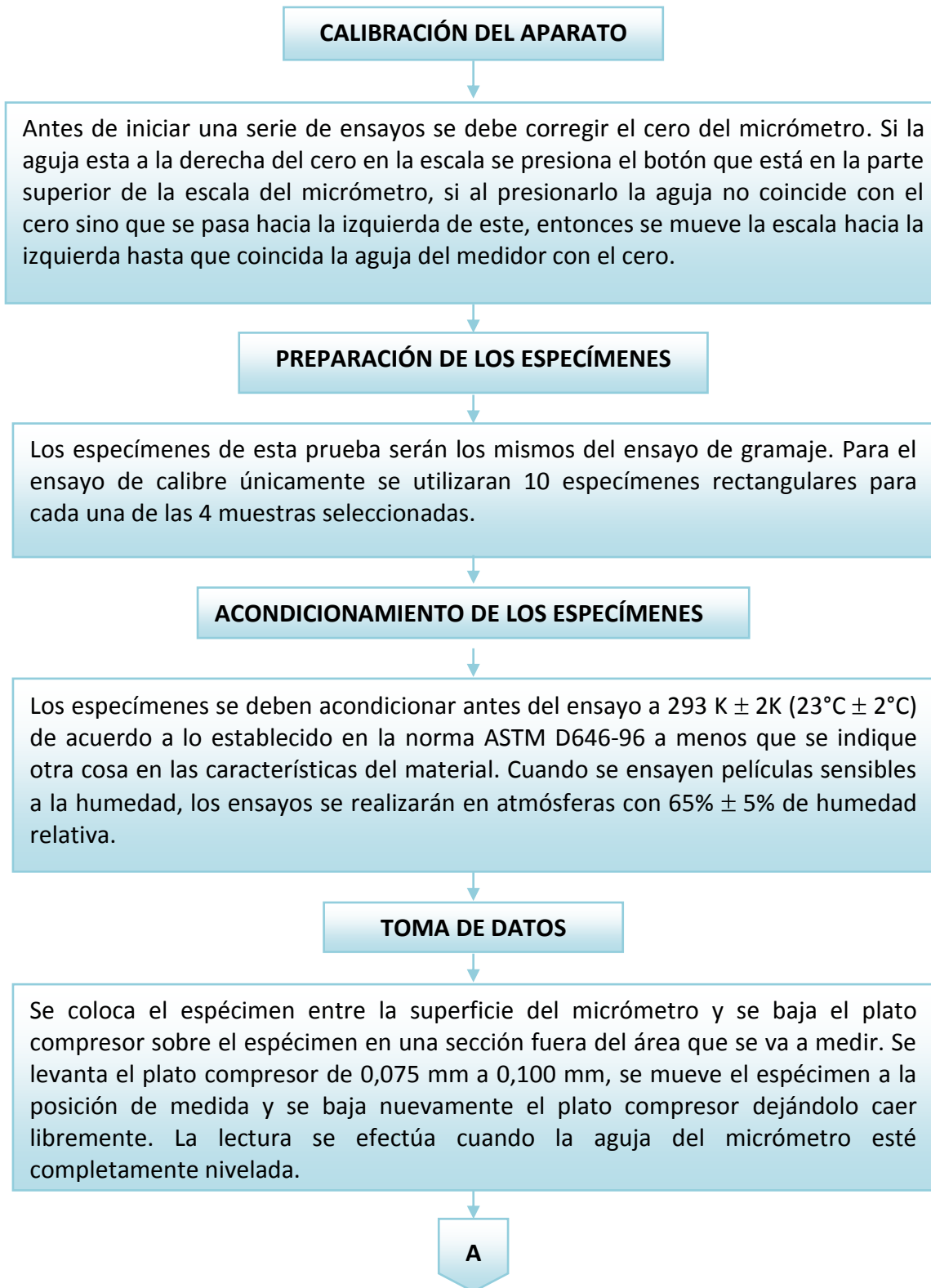
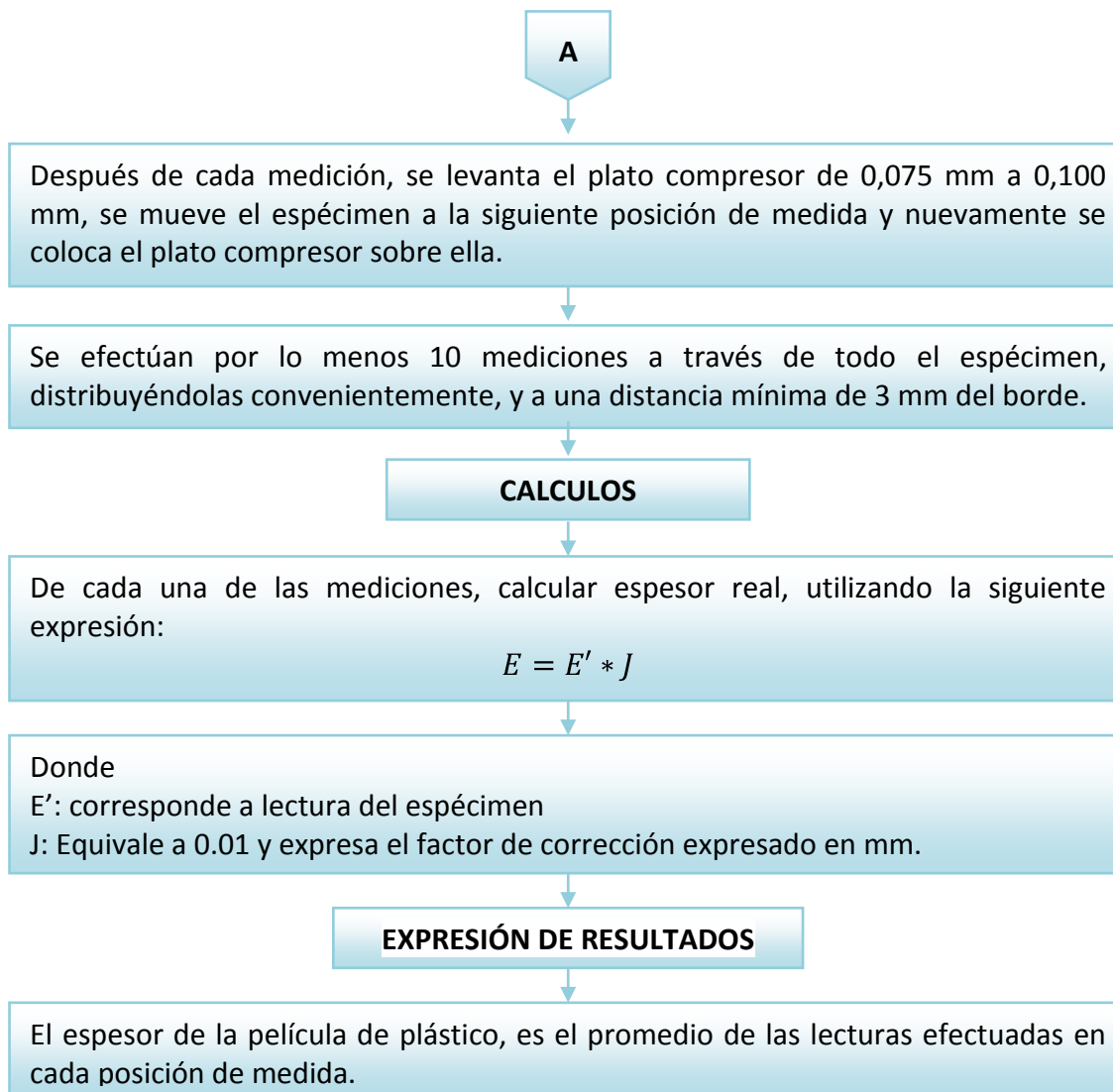


Figura 3.3 Partes de un micrómetro.

➤ Procedimiento ([Anexo 7](#))





3.1.3. Prueba de rasgado.

➤ Definición

La resistencia al rasgado no es más que la medida de la capacidad de láminas o películas para soportar el rasgado (30). Cuando la resistencia se mide en una probeta en que no se ha iniciado el rasgado, se denomina resistencia al rasgado del borde, y cuando ya se ha iniciado el rasgado, se llama resistencia interna al rasgado. Existen diferentes pruebas para evaluar estas dos propiedades. Sin embargo, en la práctica, la prueba más utilizada es la resistencia interna al rasgado, que es la fuerza requerida para continuar un rasgado (43).

Resistencia al rasgado del borde.

Rara vez se determina como una prueba de rutina por la dificultad de su medición y porque la mayoría de las roturas en los bordes del papel se producen por causas accidentales muy difíciles de controlar y que en el resultado de la prueba no aparecen; o bien, porque la mayoría de los papeles no resistirían la aplicación de una tensión excesiva (43).

Resistencia interna al rasgado.

La resistencia interna al rasgado a menudo se conoce simplemente como prueba de rasgado o también como prueba de Elmendorf, tomando el nombre del inventor del aparato estándar que se emplea para su determinación. La resistencia interna al rasgado es el trabajo realizado para rasgar un papel a través de una distancia determinada, después de haber iniciado la rotura del papel por medio de un corte. Esta se utiliza como una prueba de control, debido a que refleja la naturaleza general de las fibras presentes en el papel, así como el grado de refinación al que han sido sometidas (35).

Este método mide la fuerza perpendicular al plano del papel requerida para rasgar múltiples capas (plies) desde una distancia especificada utilizando un aparato de rasgado tipo Elmendorf. Los resultados de la medición pueden servir para calcular el rasgado aproximado que sufriría una sola hoja (26).

➤ **Norma**

El ensayo de Rasgado de láminas plásticas por el Método Elmendorf está basado en la norma ASTM D 1922-00a 2003 ([ver Anexo 3](#)).

➤ **Descripción**

Este ensayo consiste en someter, a la acción de una fuerza de rasgado un espécimen de forma rectangular con un corte previamente efectuado: dicha fuerza se obtiene a partir de la energía almacenada por un péndulo de dimensiones determinadas. La resistencia al rasgado del espécimen se calcula a partir de la energía utilizada al rasgar la misma.

➤ **Material/Equipo**

Dinamómetro de péndulo tipo Elmendorf, véase figura 3.4

Estará constituido por un péndulo, cuya masa oscilante es un sector circular provisto en su borde exterior de una escala graduada y en su extremo interior de una mordaza. El elemento fijo del péndulo irá provisto de otra mordaza, que cuando el péndulo esté bloqueado deberá quedar alineada con la mordaza del sector. Las medidas de la superficie

de sujeción de cada mordaza, serán mayores de 15 mm y 13 mm respectivamente. El espesor de cada mordaza, estará comprendida entre 9 mm y 13 mm. El péndulo estará provisto de un mecanismo de sujeción y desenganche y llevará una pesa adicional por si fuera necesario modificar la energía del péndulo.

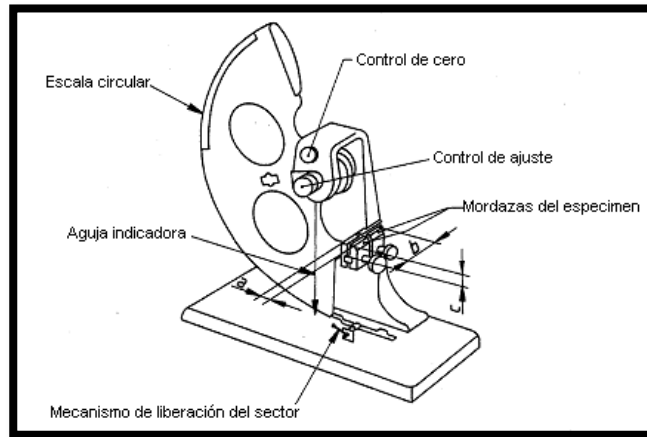


Figura 3.4 Aparato de ensayo de rasgado Elmendorf.

Micrómetro

Un micrómetro para medir el espesor u otro sistema de medida que tenga una precisión de $\pm 0,002$ mm.

Probetas

Los especímenes de ensayo pueden ser de radios constantes o rectangulares, deberán tener la forma y medidas indicadas en la figura 3.5.

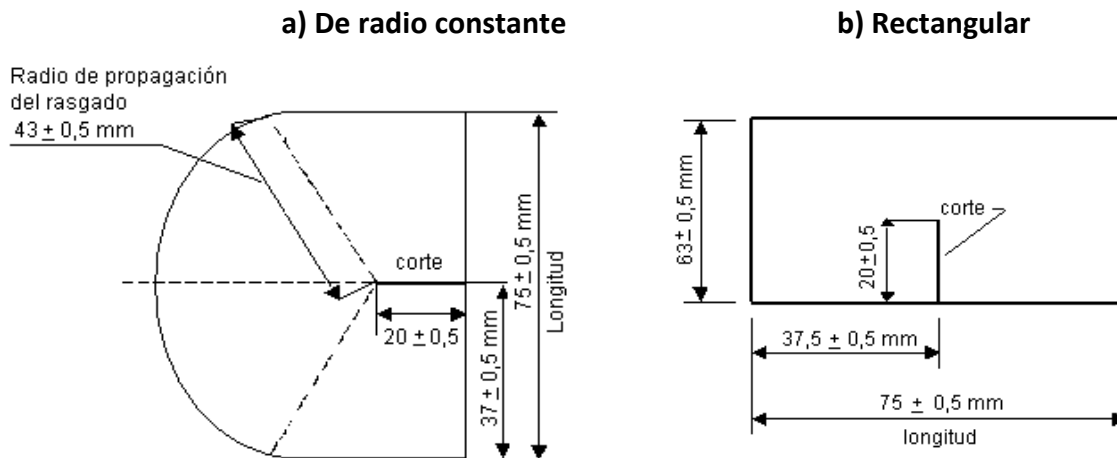
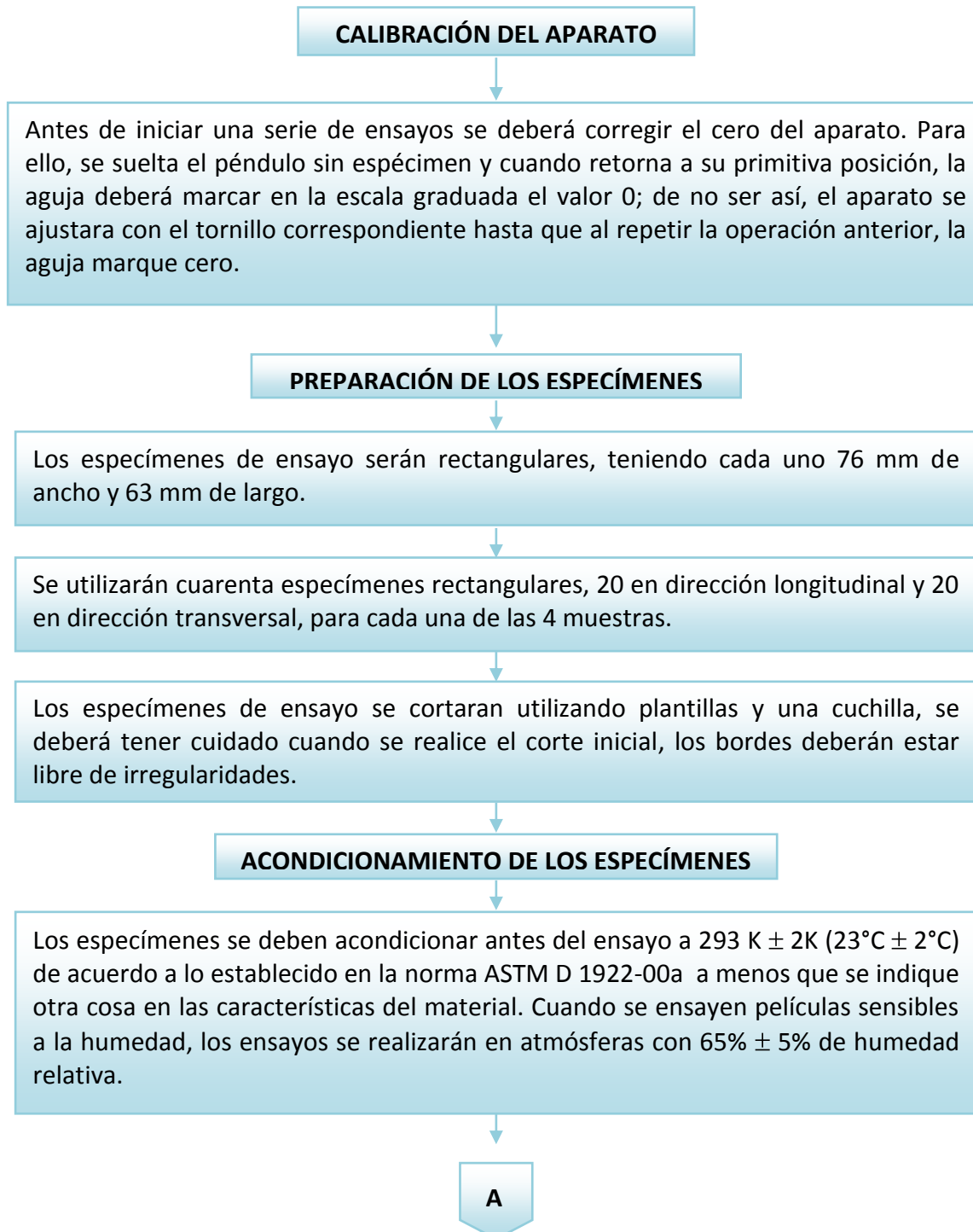
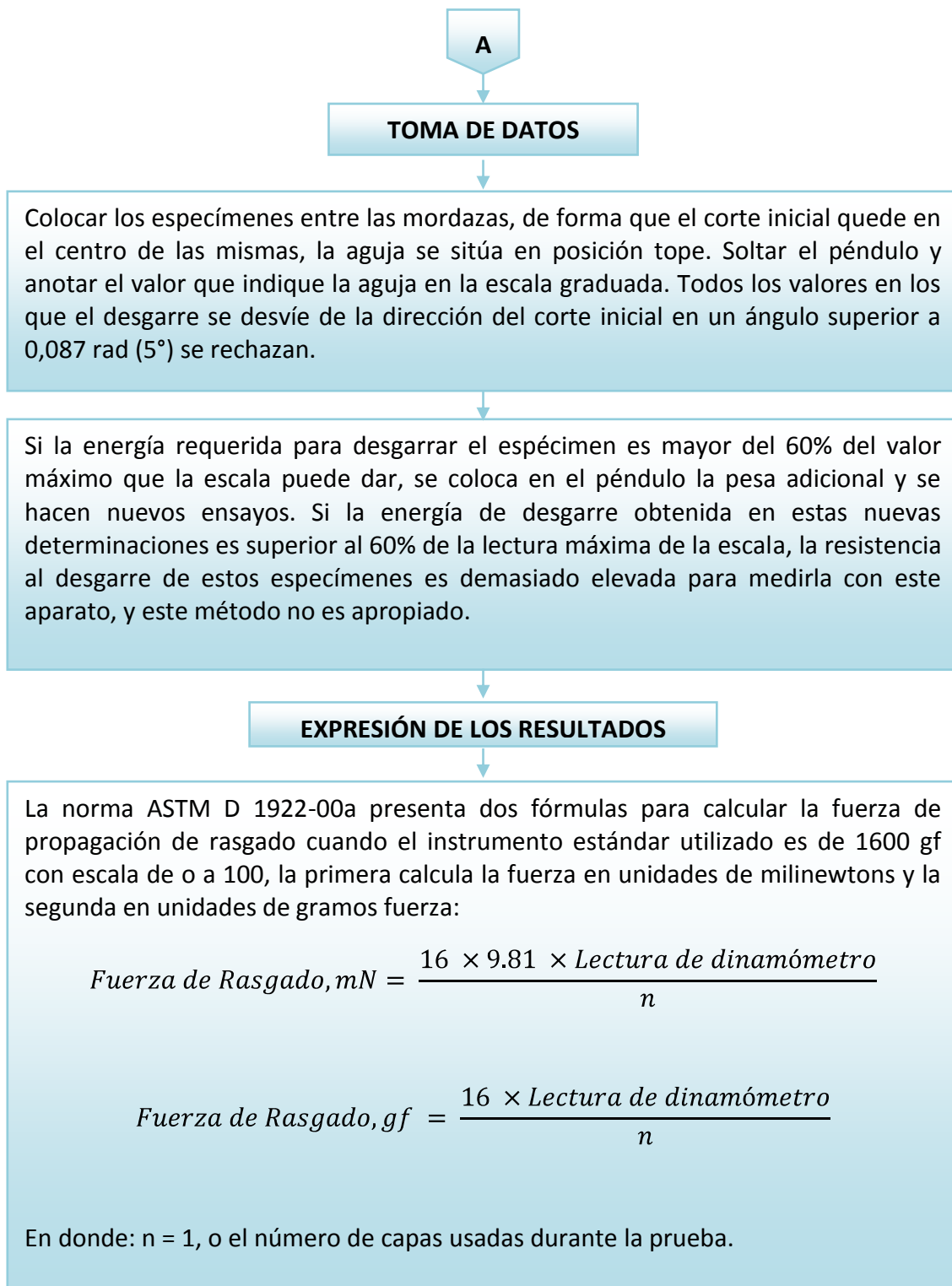


Figura 3.5 Especímen de ensayo prueba de rasgado.

Para este ensayo se contará con cuatro muestras de que representan las empresas de mayor comercialización de los empaques en estudio en El Salvador. Cada muestra conformada por cuarenta especímenes rectangulares, 20 en dirección longitudinal y 20 en dirección transversal.

➤ **Procedimiento** ([Anexo 7](#))





3.1.4. Prueba de tensión.

➤ Definición

Se denomina prueba de tensión al ensayo que permite conocer las características de un material cuando se somete a esfuerzos de tracción. El objetivo es determinar la resistencia a la rotura y las principales propiedades mecánicas del material que es posible apreciar en el diagrama carga-deformación (68).

- Límite elástico
- Punto de fluencia
- Límite de fluencia
- Resistencia a la fatiga
- Punto de fractura

➤ Normas

El ensayo para la determinación de las propiedades de tensión en láminas de plástico está basado en la norma ASTM D 882 - 02 2003 ([ver Anexo 3](#)).

➤ Descripción

La prueba consiste en posicionar una probeta en una máquina de tensión sometiéndola a un estiramiento hasta conseguir su ruptura (39). En un ensayo de tensión simple, la operación se realiza sujetando los extremos opuestos de la pieza de material y separándolos.

En un ensayo de tensión, la probeta se alarga en una dirección paralela a la carga aplicada; en un ensayo de compresión, la pieza se acorta. Dentro de los límites de la práctica, la resultante de la carga se hace coincidiendo con el eje longitudinal de la probeta.

➤ Material/Equipo

Máquina Universal de Pruebas (MTS Test System 810)

Esta máquina tiene la capacidad de realizar pruebas de cargas estáticas y dinámicas en materiales y componentes. Posee un sistema variado de cargas controladas y diferentes grados de flujo en el servo-válvula. Se pueden utilizar diferentes materiales desde plásticos, aluminio, compuestos hasta aceros. Tiene la capacidad de realizar diferentes pruebas como pruebas de tensión, compresión, fatiga, fractura mecánica y durabilidad de los materiales (60).

Micrómetro

Un micrómetro para medir el espesor u otro sistema de medida que tenga una precisión de $\pm 0,002$ mm.

Probetas

Los especímenes de ensayo generalmente poseen una sección circular, pero también pueden utilizarse probetas de sección rectangular. Las dimensiones para ambos tipos de probetas se muestran en la figura 3:

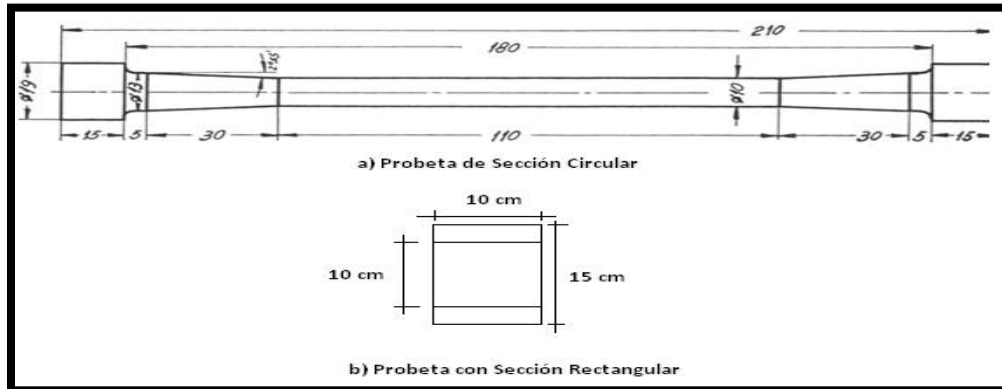
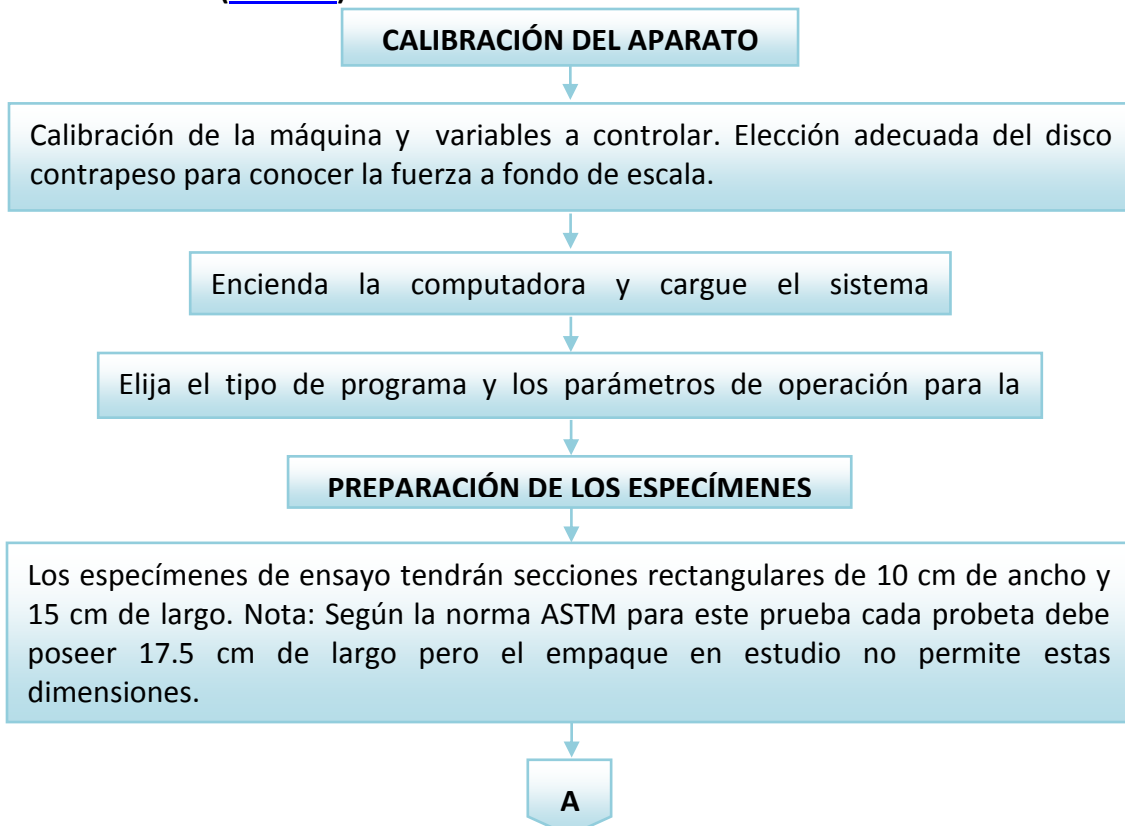
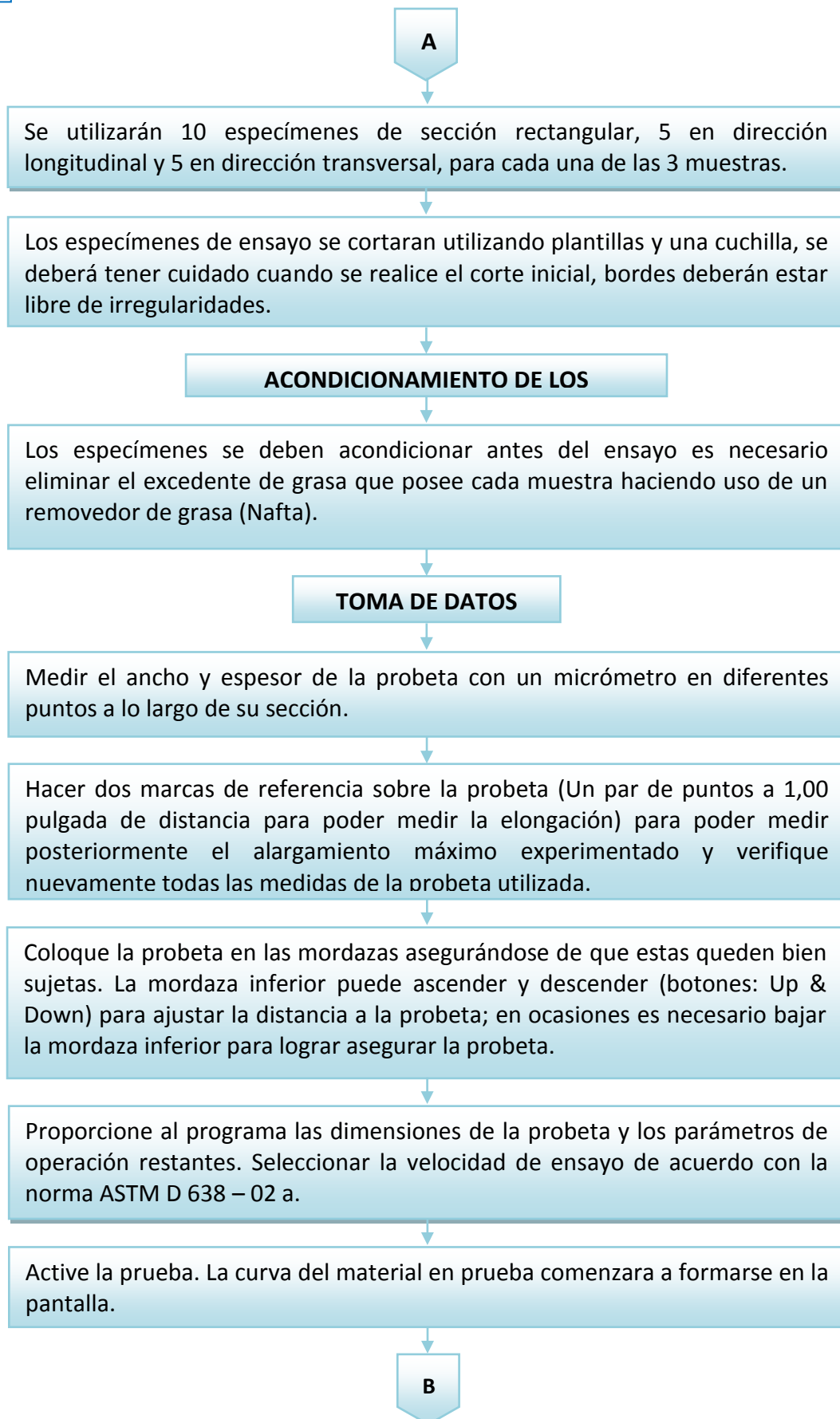


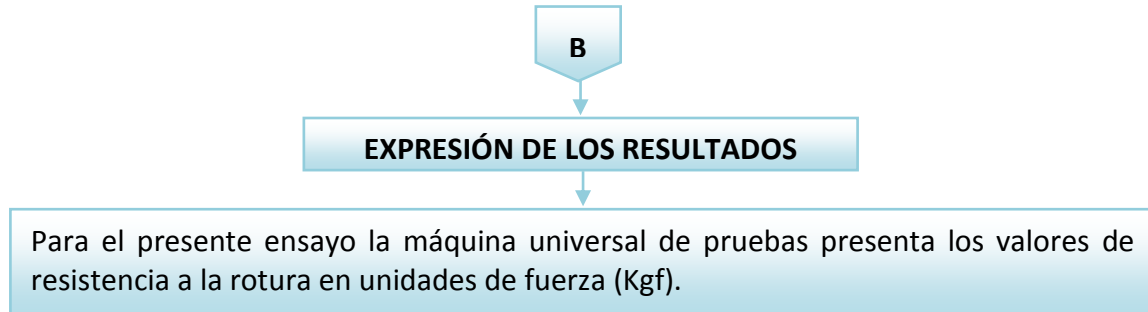
Figura 3.6 Especímenes de ensayo prueba de tensión.

Para este ensayo se contará con tres muestras que representan las empresas de mayor comercialización de los empaques en estudio en El Salvador. Por tratarse de plásticos no rígidos se utilizaran 10 probetas con secciones rectangulares por muestra, 5 en dirección longitudinal y 5 en dirección transversal.

➤ Procedimiento ([Anexo 7](#))







3.1.5. Prueba de resistencia a la explosión.

➤ Definición

Resistencia a la explosión (Mullen). Esta prueba realizada en el aparato de mullen mide la resistencia del material a la explosión, al aplicar a la explosión una presión puntual creciente hasta el punto en que el que el material termina por explotar.

Esta medida se expresa en unidades de Presión Kgf/cm^2 o equivalentes.

➤ Normas

El ensayo para la determinación de las propiedades de tensión en láminas de plástico está basado en la norma ASTM D 882 - 02 2003 ([ver Anexo 3](#)).

➤ Descripción

El objetivo de la prueba de explosión es medir la resistencia a la perforación o estallamiento de un empaque como un indicador de su capacidad de carga bajo condiciones específicas.

Los ensayos se realizan por medio de una presión hidráulica transmitida a la muestra a ensayar a través de una membrana (diafragma) de caucho natural. El diafragma se expande junto a la muestra de papel ó cartón hasta llegar a la ruptura de la misma, la fuerza de ruptura se corresponde con la de la presión alcanzada en el momento de la ruptura.

➤ Material/Equipo

Máquina de Explosión HT - 8321

Esta máquina tiene la característica de poder operar a baja o altas presiones de aceite.

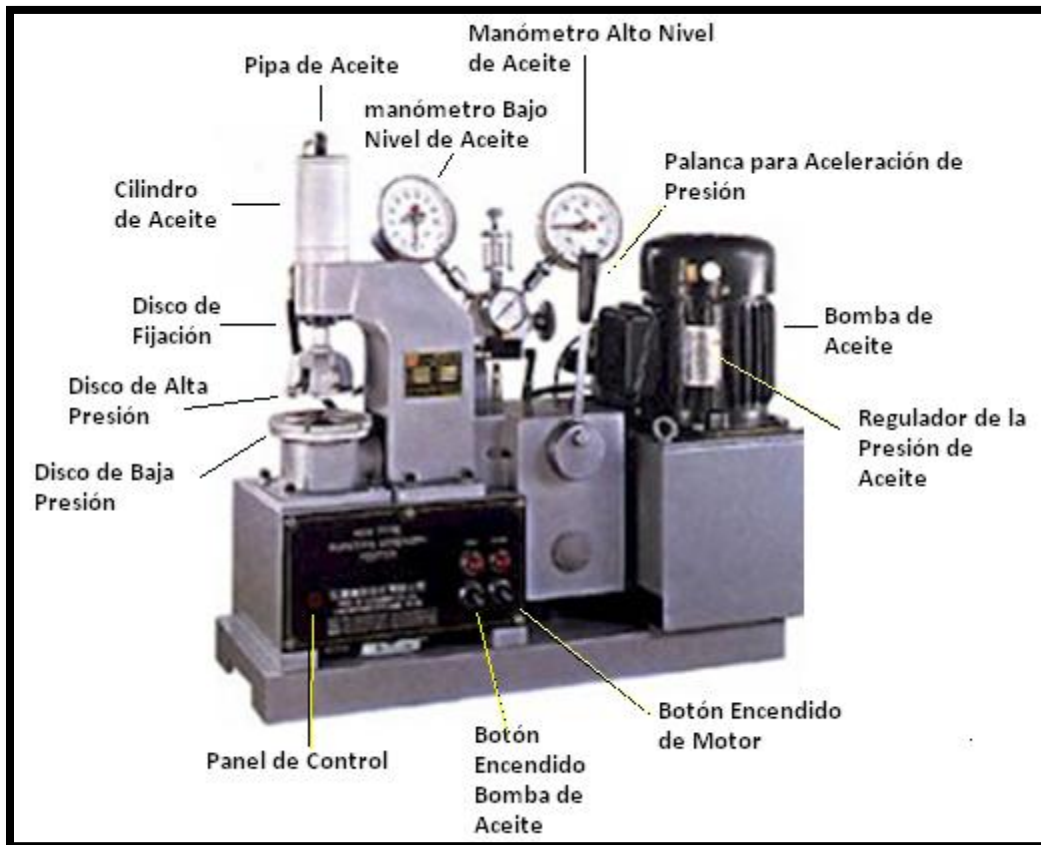


Figura 3.7 Máquina de Explosión HT – 8321.

Probetas

Para la prueba de resistencia a la explosión se contará con 4 tipos de muestra cada una conformada por 10 especímenes. Cada espécimen tendrá forma cuadrada de 10 cm longitud.

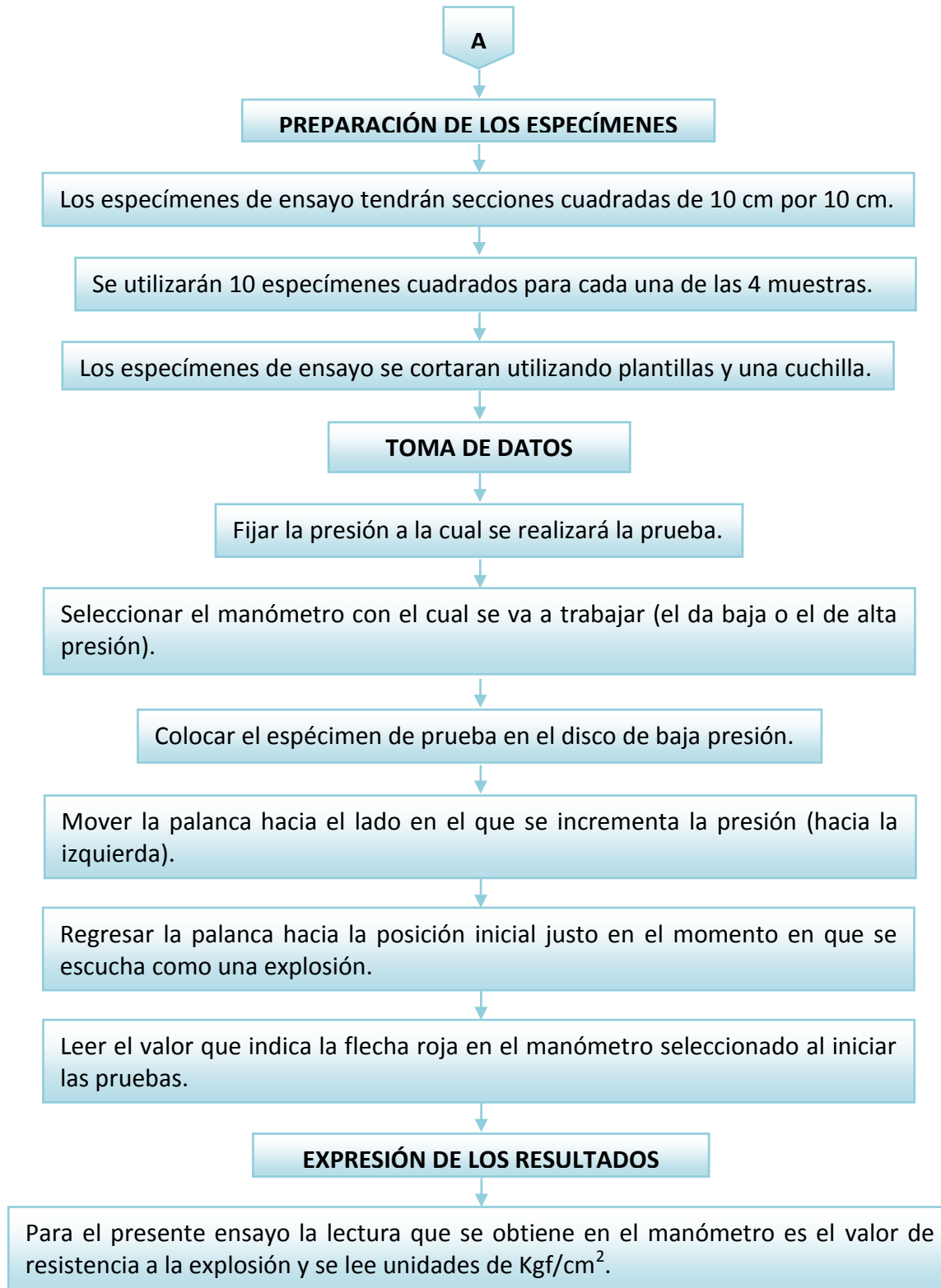
➤ Procedimiento ([Anexo 7](#))

CALIBRACIÓN DEL APARATO

El equipo de estar previamente calibrado por un equipo técnico especializado para la realización de las pruebas. El equipo es calibrado cada determinado tiempo de funcionamiento.

Encender el equipo 15 minutos antes de iniciar la realización de la prueba como parte del acondicionamiento de éste.

A



3.1.6. Prueba de delaminación de empaques.

➤ Definición

Este método consiste en separar las capas que componen el empaque en estudio, dicha separación se logra con la aplicación de una fuerza mecánica. El resultado de la delaminación es la identificación y caracterización de cada uno de los materiales que conforman el empaque.

➤ Descripción

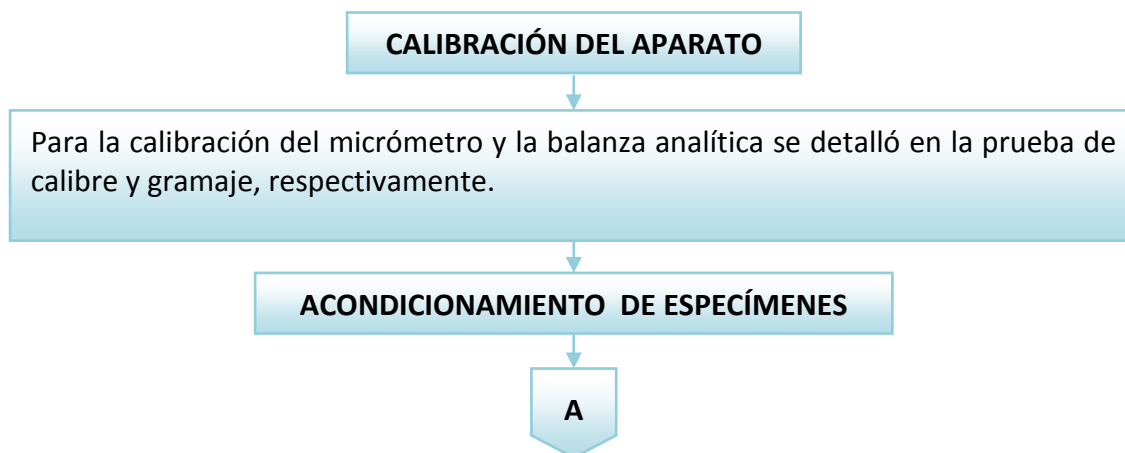
El empaque es sometido a una fuerza mecánica donde se separan los materiales que lo conforman. Inicialmente se desprende de forma manual, en un extremo del empaque, cada una de las capa posteriormente se sujeta el empaque desprendido y es aplicada la fuerza mecánica de tal forma que la separación de cada capa se realiza en su totalidad. Una vez separados cada uno de los materiales se procede a la identificación y caracterización.

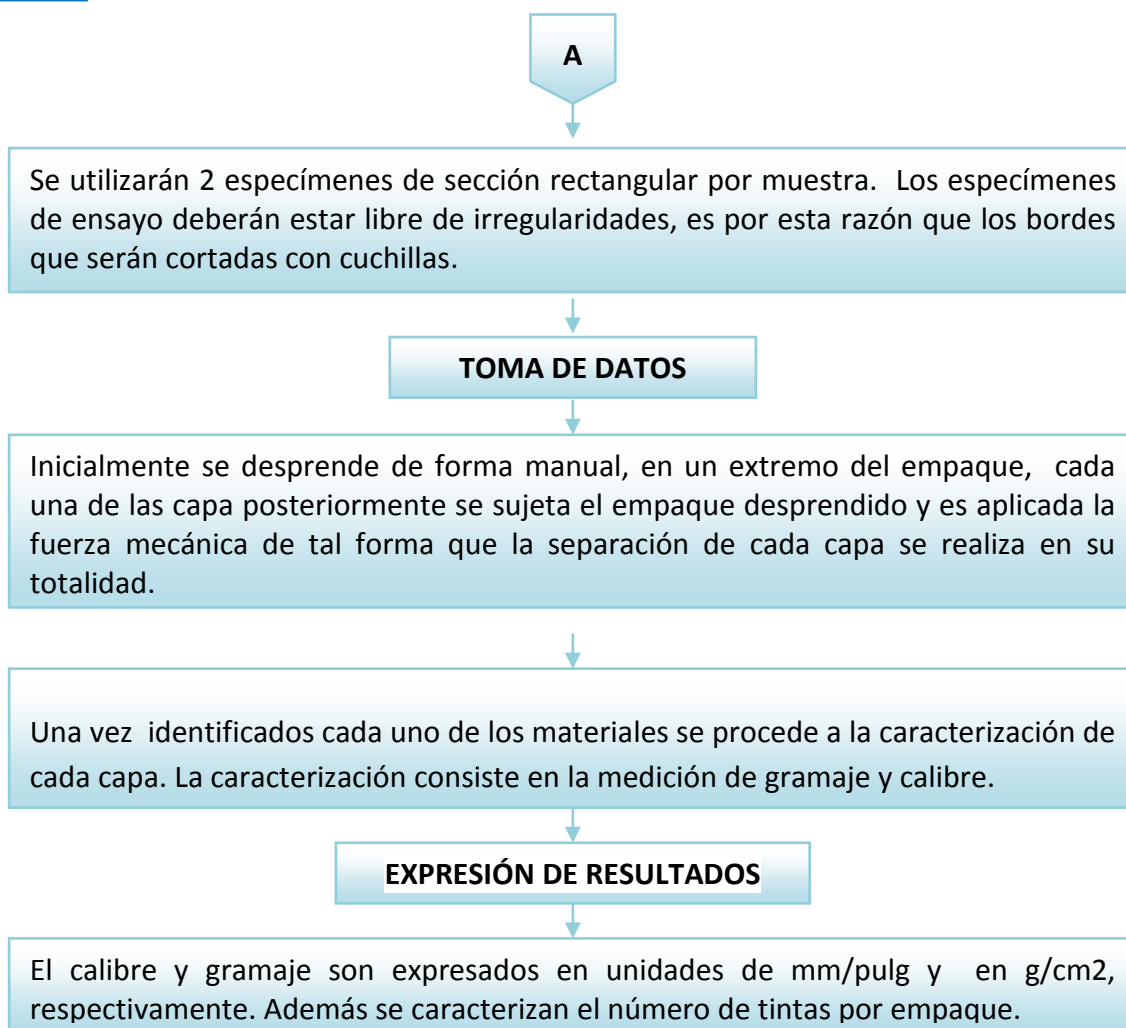
➤ Material/Equipo

Material: Para realización de delaminación se seleccionaron 2 probetas por muestra que representan las 4 empresas de mayor comercialización de los empaques en estudio.

Equipo: Balanza Analítica y Micrómetro.

➤ Procedimiento





3.2. Análisis e interpretación de tipo físico.

El primer paso para lograr un buen análisis estadístico es la organización y representación de los datos obtenidos en la recolección de información. El primer ordenamiento es la tabulación y la posterior construcción de la distribución de frecuencias ([ver Anexo 4](#)). Esta no es más que un agrupamiento de datos en categorías mutuamente excluyentes que presenta el número de observaciones de cada categoría. En esta primera fase se organizaran los datos obtenidos en las pruebas de tipo físico referentes al gramaje y calibre de cada una de las muestras.

3.2.1. Prueba de gramaje.

En tabla 3.1 se presenta la recolección de datos de gramaje obtenida para cada una de las probetas según la muestra por empresa. De acuerdo a la Norma de ASTM D646-96 y TAPPI

T410 cada muestra posee un área de 5000 cm² conformados por cincuenta probetas cuadradas con dimensiones de 10 cm de ancho y 10 cm de alto.

Tabla 3.1 Tabulación de datos para prueba de gramaje.

N° DE PROBETA	PESO DE PROBETA POR MUESTRA (g)			
	MX-D	MX-F	MX-B	MX-Y
1	0.3919	0.3454	0.3464	0.3435
2	0.3865	0.3432	0.3609	0.3535
3	0.4005	0.3459	0.3584	0.3638
4	0.4050	0.3701	0.3535	0.3930
5	0.4126	0.3767	0.3461	0.3633
6	0.4099	0.3472	0.3330	0.3334
7	0.3930	0.3444	0.3476	0.4041
8	0.3965	0.3461	0.3551	0.3936
9	0.4134	0.3639	0.3433	0.3233
10	0.3955	0.3452	0.3405	0.3636
11	0.3789	0.3483	0.3455	0.3635
12	0.3897	0.3561	0.3464	0.3555
13	0.3825	0.3414	0.3499	0.3759
14	0.3759	0.3460	0.3443	0.3972
15	0.3972	0.3395	0.3506	0.3460
16	0.3820	0.3643	0.3567	0.3395
17	0.3857	0.3667	0.3377	0.3443
18	0.3942	0.3451	0.3395	0.3506
19	0.4052	0.3723	0.3601	0.3759
20	0.3996	0.3759	0.3646	0.3524
21	0.3900	0.3699	0.3622	0.3431
22	0.3915	0.3640	0.3481	0.3559
23	0.3900	0.3524	0.3642	0.3588
24	0.3996	0.3552	0.3617	0.3430
25	0.3872	0.3803	0.3636	0.3514
26	0.3865	0.3988	0.3556	0.3485
27	0.3927	0.3535	0.3491	0.3035
28	0.3991	0.3517	0.3649	0.3430
29	0.3908	0.3439	0.3563	0.3514
30	0.3936	0.3781	0.3497	0.3485

Tabla 3.1 Tabulación de datos para prueba de gramaje.

N° DE PROBETA	PESO DE PROBETA POR MUESTRA (g)			
	MX-D	MX-F	MX-B	MX-Y
31	0.4044	0.3756	0.3577	0.3609
32	0.3915	0.3596	0.3528	0.3584
33	0.3831	0.3799	0.3521	0.3535
34	0.3850	0.3849	0.3473	0.3379
35	0.3922	0.3473	0.3387	0.3732
36	0.4020	0.3408	0.3556	0.3702
37	0.3979	0.3381	0.3469	0.3936
38	0.3888	0.3379	0.3453	0.4044
39	0.3775	0.3732	0.3541	0.3915
40	0.3772	0.3702	0.3544	0.3831
41	0.3782	0.3610	0.3533	0.3464
42	0.3982	0.3640	0.3553	0.3609
43	0.3966	0.3594	0.3519	0.3584
44	0.3803	0.3887	0.3486	0.3831
45	0.3952	0.3431	0.3430	0.3464
46	0.3842	0.3559	0.3514	0.3609
47	0.3850	0.3588	0.3485	0.3535
48	0.3928	0.3715	0.3424	0.3517
49	0.3851	0.3584	0.3534	0.3439
50	0.3874	0.3771	0.3409	0.3036
Media aritmética	0.3920	0.3595	0.3510	0.3608
Varianza	8.2549E-05	2.2696E-04	5.8177E-05	3.6159E-04
Desviación estándar	0.0091	0.0151	0.0076	0.0190
Precisión como Coeficiente de Variación (CV) (%)	2.3178	4.1902	2.1732	5.2703
Nivel de Aceptación	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy bueno
Intercepto	0.3764	0.3338	0.3378	0.3291
Pendiente	0.0006	0.0010	0.0005	0.0012
R²	0.9580	0.9568	0.9737	0.9067
Error Típico	0.0019	0.0032	0.0012	0.0059

Antes de abordar el análisis estadístico, un primer paso consiste en presentar la información de forma sistemática y resumida para su posterior interpretación. En el gráfico 3.1 se muestran los datos del ensayo de gramaje:

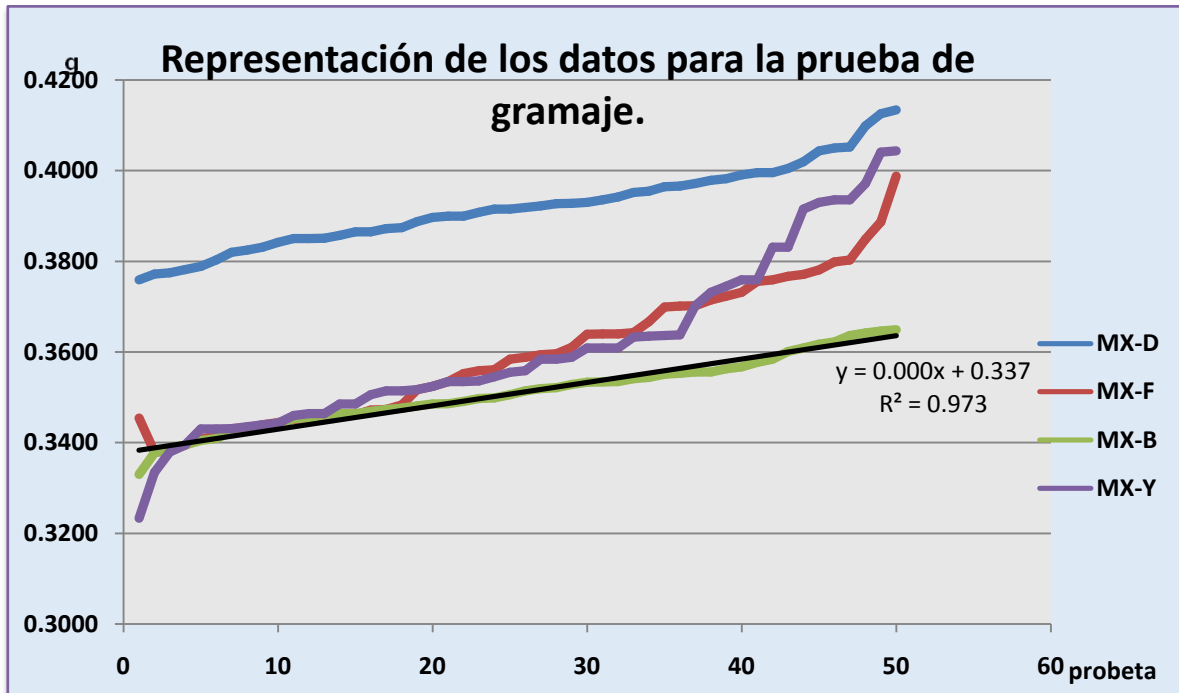


Gráfico 3.1. Representación de los datos para el ensayo de gramaje.

Los valores de gramaje según la tabla 3.1 y el gráfico 3.1 para cada una de las empresas que conforman el grupo en estudio para el análisis del potencial de reciclaje y reutilización de empaques de polipropileno y polipropileno metalizado son bastante similares entre sí, mostrando una variabilidad de datos de 8.2549E-05, 2.2696E-04, 5.8177E-05 y 3.6159E-04 para la muestra que conforman las empresas en estudio: MX-D, MX-F, MX-B y MX-Y respectivamente. El grado de exactitud en la toma de datos es alto ya que al calcular el coeficiente de regresión lineal (R^2) para cada serie de probetas por muestra estos se encuentran dentro del rango de aceptabilidad de precisión y exactitud, es decir, que se encuentran en el rango arriba del 95%. En base a lo anterior se establece que los datos obtenidos son confiables.

Por otro lado al analizar los valores promedios de cada muestra entre sí, los cuales son: 0.3920, 0.3595, 0.3510, 0.3608 g, se tiene que la precisión entre estos son muy buenos ya que los valores del CV son menores 5%. Posteriormente dichos valores promedio serán utilizados para calcular el valor de gramaje (g/cm^2) que presenta el empaque de cada una de las empresas. A continuación en la tabla 3.2 se muestra el resultado del cálculo del valor de gramaje basado en el procedimiento de la norma ASTM – D 646-96.

Interpretación de resultados para prueba de gramaje.

En la tabla 3.2 se realiza la interpretación de resultados para la prueba de gramaje.

Tabla 3.2 Estadística descriptiva por muestra para prueba de gramaje.

PARÁMETROS ANALIZADOS	RESULTADOS DE MUESTRA POR EMPRESA			
	MX-D	MX-F	MX-B	MX-Y
Media de muestra	0.3920	0.3595	0.3510	0.3720
Gramaje (g/cm ²)	39.1986	35.9538	35.0982	37.2032
Media aritmética (g/cm ²)	36.8635			
Varianza	1.780629689			
Desviación	3.17064209			
Precisión como CV (%)	4.8303			
Nivel de Aceptación	Muy bueno			
Intervalo de confianza para la media aritmética.	Mínimo		Máximo	
	32.8400		41.1550	
Intercepto	0.3398			
Pendiente	0.01295			
R ²	0.9737			
Error Típico	0.0034			

La gráfica 3.2 presenta los datos promedios por muestra analizada.

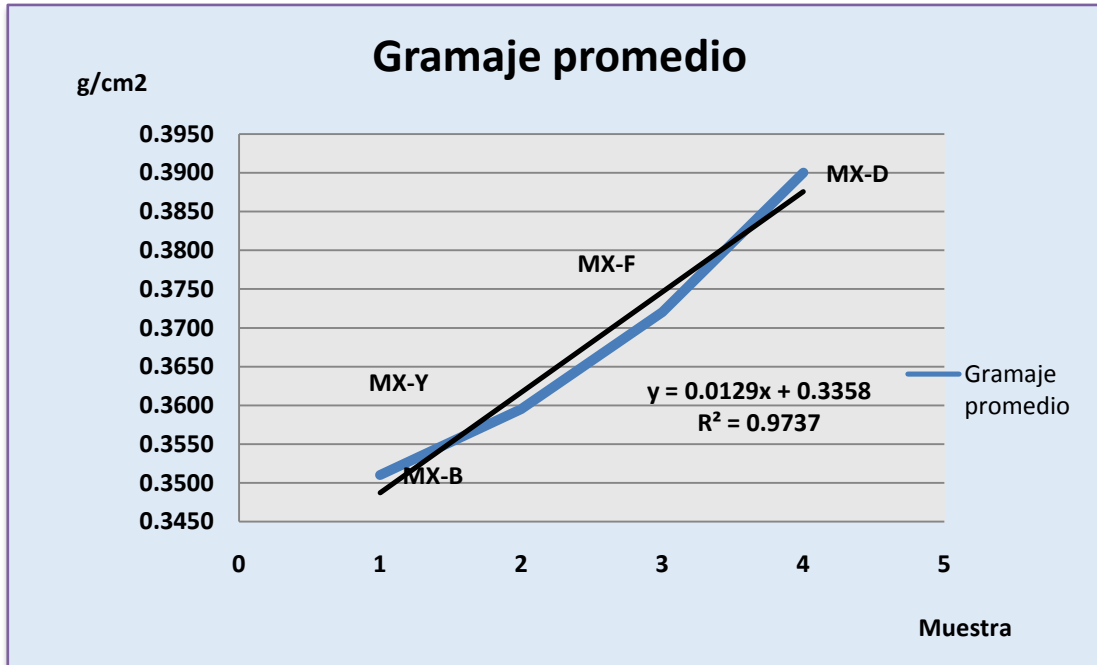


Gráfico 3.2 Representación de los datos promedio de Gramaje por muestra

Al finalizar las pruebas de gramaje y realizar los cálculos respectivos para cada una de las muestras se obtuvo que los valores de gramaje para los empaques de MX-D, MX-B, MX-F y MX-Y son: 38.74 g/cm², 37.71 g/cm², 34.09 g/cm² y 37.45 g/cm² respectivamente. Estos valores al ser interpretados desde un análisis tipo estadístico con una de las medida de tendencia central o localización, en este caso la media aritmética revela un valor de 36.9976 g/cm², y también, haciendo el análisis estadístico con las medidas de variabilidad muestra un valor de varianza de 4.0674 y una desviación de estándar de 2.01679. Lo anterior nos indica que el grado de dispersión entre los valores de gramaje para cada una de las muestras en estudio es poco significativo entre sí ya que ya que la prueba presenta un valor de exactitud de 4.83% y un coeficiente de regresión lineal de 97.37%.

3.2.2. Prueba de calibre.

De la tabla 3.4 a la tabla 3.7 se presenta la recolección de datos de calibre obtenida para cada una de las probetas según la muestra por empresa. De acuerdo a la Norma ASTM D 645-96 y TAPPI T-411 cada muestra está conformada por diez probetas cuadradas con dimensiones de 10 cm de ancho y 10 cm de alto. Cada probeta fue medida con el micrómetro en diez puntos diferentes a lo largo de su área a una distancia mínima de 3 mm del borde y posteriormente se realiza un promedio de dichas mediciones dando el valor de calibre cada una de las probetas.

Tabla 3.3 Tabulación de datos de prueba de calibre para probetas MX-D.

N° DE PROBETA	MX-D (MM)										Media Aritmética	Desviación Estándar	Varianza
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	0.0450	0.0500	0.0450	0.0400	0.0450	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0500	0.0435	0.0041	1.6944E-05
2	0.0500	0.0450	0.0450	0.0500	0.0500	0.0450	0.0450	0.0450	0.0450	0.0600	0.0480	0.0048	2.3333E-05
3	0.0600	0.0650	0.0600	0.0650	0.0600	0.0600	0.0500	0.0450	0.0550	0.0550	0.0575	0.0063	4.0278E-05
4	0.0600	0.0600	0.0650	0.0600	0.0500	0.0500	0.0450	0.0500	0.0450	0.0450	0.0530	0.0075	5.6667E-05
5	0.0450	0.0450	0.0800	0.0500	0.0500	0.0500	0.0450	0.0450	0.0450	0.0450	0.0500	0.0108	1.1667E-04
6	0.0500	0.0500	0.0650	0.0600	0.0500	0.0500	0.0650	0.0600	0.0500	0.0450	0.0545	0.0072	5.2500E-05
7	0.0500	0.0450	0.0450	0.0500	0.0450	0.0500	0.0500	0.0550	0.0500	0.0500	0.0490	0.0032	1.0000E-05
8	0.0450	0.0400	0.0450	0.0450	0.0400	0.0400	0.0550	0.0400	0.0400	0.0450	0.0435	0.0047	2.2500E-05
9	0.0450	0.0550	0.0400	0.0400	0.0450	0.0400	0.0450	0.0400	0.0550	0.0400	0.0445	0.0060	3.5833E-05
10	0.0550	0.0450	0.0550	0.0450	0.0450	0.0500	0.0450	0.0400	0.0400	0.0450	0.0465	0.0053	2.8056E-05

Tabla 3.4 Tabulación de datos de prueba de calibre para probetas MX-B.

N° DE PROBETA	MX-B (mm)										Media aritmética	Desviación estándar	Varianza
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	0.0450	0.0500	0.0500	0.0450	0.0500	0.0450	0.0450	0.0450	0.0450	0.0400	0.0460	0.0032	1.0000E-05
2	0.0400	0.0500	0.0400	0.0400	0.0500	0.0450	0.0450	0.0400	0.0400	0.0550	0.0445	0.0055	3.0278E-05
3	0.0450	0.0400	0.0400	0.0400	0.0500	0.0400	0.0400	0.0500	0.0450	0.0450	0.0435	0.0041	1.6944E-05
4	0.0500	0.0500	0.0500	0.0550	0.0500	0.0550	0.0550	0.0500	0.0400	0.0500	0.0505	0.0044	1.9167E-05
5	0.0450	0.0400	0.0400	0.0400	0.0450	0.0400	0.0500	0.0450	0.0500	0.0450	0.0440	0.0039	1.5556E-05
6	0.0450	0.0450	0.0450	0.0750	0.0500	0.0450	0.0400	0.0400	0.0450	0.0400	0.0470	0.0103	1.0667E-04
7	0.0500	0.0550	0.0550	0.0550	0.0450	0.0400	0.0500	0.0500	0.0450	0.0400	0.0485	0.0058	3.3611E-05

Tabla 3.4 Tabulación de datos de prueba de calibre para probetas MX-B.

N° DE PROBETA	MX-B (mm)										Media aritmética	Desviación estándar	Varianza
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
8	0.0500	0.0600	0.0500	0.0600	0.0550	0.0450	0.0450	0.0500	0.0450	0.0550	0.0515	0.0058	3.3611E-05
9	0.0500	0.0500	0.0550	0.0600	0.0550	0.0550	0.0550	0.0500	0.0500	0.0500	0.0530	0.0035	1.2222E-05
10	0.0450	0.0550	0.0500	0.0450	0.0450	0.0450	0.0450	0.0500	0.0450	0.0500	0.0475	0.0035	1.2500E-05

Tabla 3.5 Tabulación de datos de prueba de calibre para probetas MX-F.

N° DE PROBETA	MX-F (mm)										Media aritmética	Desviación estándar	Varianza
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0600	0.0400	0.0450	0.0400	0.0400	0.0400	0.0425	0.63	4.028E-01
2	0.0450	0.0600	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0425	0.63	4.028E-01
3	0.0600	0.0550	0.0500	0.0400	0.0500	0.0500	0.0550	0.0450	0.0400	0.0550	0.0500	0.67	4.444E-01
4	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.00	0.000E+00
5	0.0400	0.0350	0.0400	0.0358	0.0350	0.0450	0.0400	0.0400	0.0350	0.0350	0.0381	0.34	1.175E-01
6	0.0350	0.0350	0.0350	0.0500	0.0400	0.0550	0.0450	0.0400	0.0400	0.0400	0.0415	0.67	4.472E-01
7	0.0450	0.0500	0.0500	0.0450	0.0500	0.0700	0.0400	0.0450	0.0400	0.0400	0.0475	0.89	7.917E-01
8	0.0450	0.0600	0.0450	0.0500	0.0450	0.0700	0.0400	0.0650	0.0600	0.0550	0.0535	1.00	1.003E+00

	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
9	0.040 0	0.040 0	0.060 0	0.060 0	0.040 0	0.045 0	0.045 0	0.045 0	0.045 0	0.045 0	0.0465	0.75	5.583E-01
10	0.050 0	0.070 0	0.045 0	0.040 0	0.050 0	0.045 0	0.060 0	0.050 0	0.040 0	0.040 0	0.0490	0.97	9.333E-01

Tabla 3.6 Tabulación de datos de prueba de calibre para probetas MX-Y.

N° DE PROBETA	MX-Y (mm)										Media aritmética	Desviación estándar	Varianza
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0600	0.0400	0.0450	0.0400	0.0400	0.0400	0.0425	0.0063	4.0278E-05
2	0.0500	0.0450	0.0450	0.0500	0.0500	0.0450	0.0450	0.0450	0.0450	0.0500	0.0470	0.0026	6.6667E-06
3	0.0600	0.0650	0.0600	0.0650	0.0600	0.0600	0.0500	0.0450	0.0450	0.0450	0.0555	0.0083	6.9167E-05
4	0.0600	0.0400	0.0400	0.0600	0.0500	0.0500	0.0450	0.0500	0.0450	0.0450	0.0485	0.0071	5.0278E-05
5	0.0450	0.0350	0.0350	0.0450	0.0400	0.0550	0.0400	0.0450	0.0450	0.0550	0.0440	0.0070	4.8889E-05
6	0.0450	0.0400	0.0400	0.0600	0.0500	0.0500	0.0650	0.0600	0.0500	0.0550	0.0515	0.0085	7.2500E-05
7	0.0500	0.0400	0.0400	0.0500	0.0450	0.0500	0.0500	0.0550	0.0500	0.0550	0.0485	0.0053	2.8056E-05
8	0.0500	0.1050	0.1100	0.0450	0.0400	0.0400	0.0550	0.0400	0.0400	0.0450	0.0570	0.0271	7.3444E-04
9	0.0450	0.0550	0.0400	0.0400	0.0450	0.0400	0.0450	0.0450	0.0500	0.0450	0.0450	0.0047	2.2222E-05
10	0.0550	0.0450	0.0400	0.0450	0.0450	0.0500	0.0450	0.0550	0.0500	0.0500	0.0480	0.0048	2.3333E-05

En la tabla 3.7 se realiza el promedio de cada una de las muestras en estudio con su respectivo valor de varianza y desviación estándar para comprobar la confiabilidad de los datos obtenidos.

Tabla 3.7 Datos promedios de calibre de cada una de las muestras en estudio.

N° DE PROBETA	MX-D	MX-B	MX-FS	MX-Y
1	0.0435	0.0460	0.0425	0.0425
2	0.0480	0.0445	0.0425	0.0470
3	0.0575	0.0435	0.0500	0.0555
4	0.0530	0.0505	0.0400	0.0485
5	0.0500	0.0440	0.0381	0.0440
6	0.0545	0.0470	0.0415	0.0515
7	0.0490	0.0485	0.0475	0.0485
8	0.0435	0.0515	0.0535	0.0570
9	0.0445	0.0530	0.0465	0.0450
10	0.0465	0.0475	0.0490	0.0480
Media aritmética	0.0493	0.0476	0.0447	0.0488
Varianza	0.0048	0.0033	0.0049	0.0047
Desviación estándar	2.3056E-05	1.0656E-05	2.4363E-05	2.2292E-05
Precisión como CV (%)	9.7440	6.8561	11.0484	9.6684
Nivel de aceptación	Aceptable	Aceptable	Moderado	Aceptable
Intercepto	0.0404	0.0417	0.0365	0.0405
Pendiente	0.0016	0.0011	0.0016	0.0015
R²	0.9646	0.9788	0.9877	0.9485
Error Típico	0.0010	0.0005	0.0006	0.0011

En el gráfico 3.3 se detalla una comparación de los valores de calibre de las diferentes probetas de muestras.

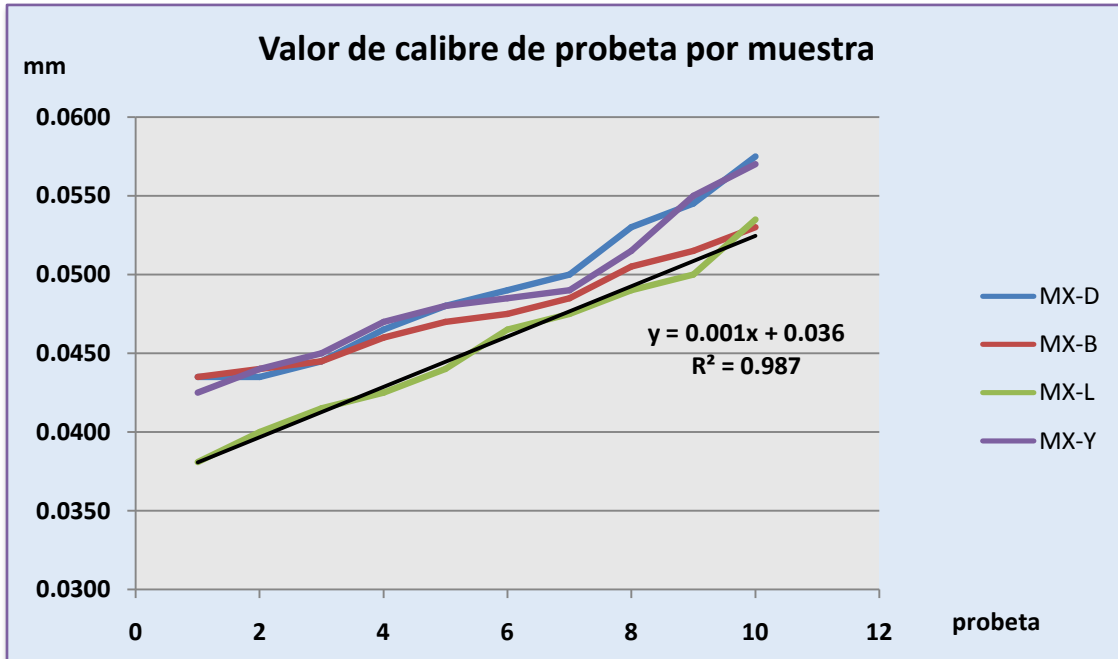


Gráfico 3.3 Valor de calibre de probeta por muestra.

Los valores de calibre según la tabla 3.7 y el gráfico 3.3 para cada una de las empresas que conforman el grupo en estudio para el análisis del potencial de reciclaje y reutilización de empaques de polipropileno y polipropileno metalizado son bastante similares entre sí, mostrando una variabilidad de datos de 0.0048, 0.0033, 0.0049 y 0.0047 para la muestra que conforman las empresas en estudio: MX-D, MX-B, MX-F y MX-Y respectivamente. El grado de exactitud en la toma de datos es alto ya que al calcular el coeficiente de regresión lineal (R^2) para cada serie de probetas por muestra estos se encuentran dentro del rango de aceptabilidad de precisión y exactitud, es decir, que se encuentran en el rango arriba del 95%, únicamente para la muestra MX-Y el valor de R^2 se encuentra levemente por debajo de dicho valor, esto como consecuencia del mal estado físico en que se encontraban los empaques recolectados. A pesar que no todos los coeficientes de regresión sobrepasan el 95% se puede establecer que los datos obtenidos durante la realización de la prueba de calibre son confiables.

Interpretación de resultados para prueba de calibre.

En la tabla 3.8 se realiza la interpretación de resultados para la prueba de calibre.

Tabla 3.8 Estadística descriptiva por muestra para prueba de calibre.

PARÁMETROS ANALIZADOS	RESULTADOS PARA PRUEBA DE CALIBRE.			
	MX-D	MX-B	MX-F	MX-Y
Calibre (mm)	0.0493	0.0476	0.0447	0.0447
Media aritmética (mm)	0.0476			
Desviación	4.2962E-06			
Varianza	2.0727E-03			
Precisión como CV (%)	4.3545			
Nivel de aceptación	Muy bueno			
Intervalo de confianza para la media aritmética.	Mínimo		Máximo	
	32.8400		41.1550	
Intercepto	0.0439			
Pendiente	0.0015			
R ²	0.8830			
Error Típico	0.0009			

En la gráfica 3.4 se detalla una comparación de los valores promedios de calibre por muestras.

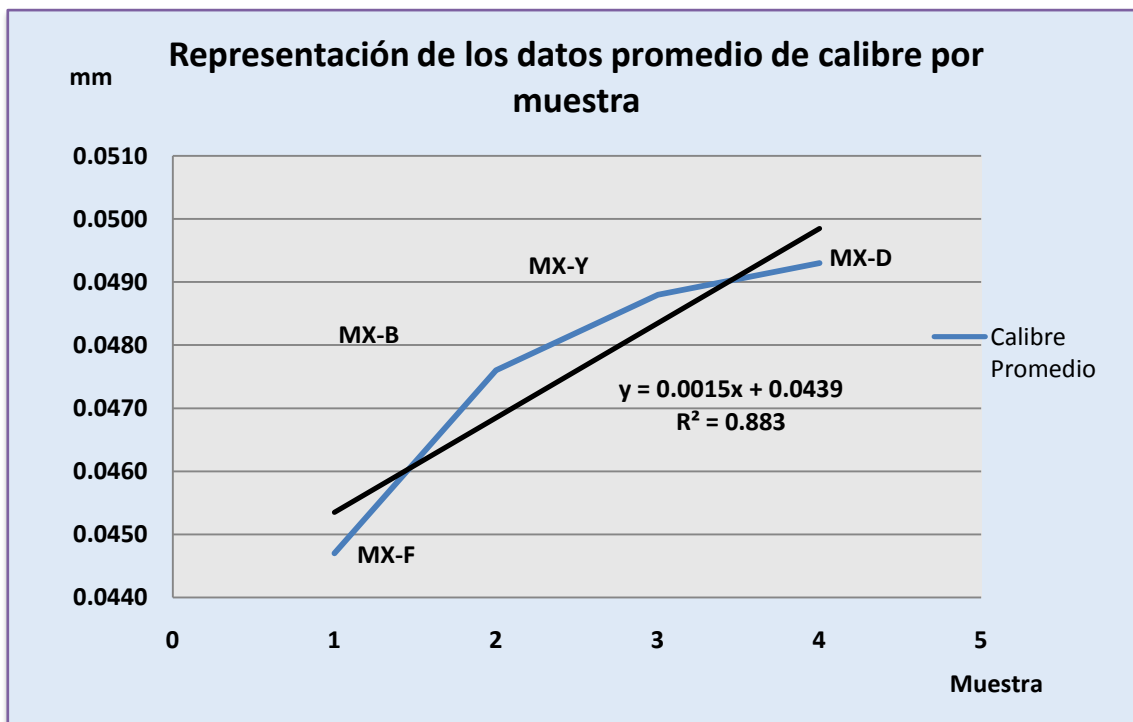


Gráfico 3.4 Representación de los datos promedio de calibre por muestra.

Al finalizar las pruebas de calibre y realizar los cálculos respectivos para cada una de las muestras se obtuvo que los valores de calibre para los empaques de MX-D, MX-B, MX-F y MX-Y son: 0.0493 mm, 0.0476 mm, 0.0447 mm y 0.0447 mm respectivamente. Estos valores al ser interpretados desde un análisis tipo estadístico con una de las medida de tendencia central o localización, en este caso la media aritmética revela un valor de 0.0476 mm, y también, haciendo el análisis estadístico con las medidas de variabilidad muestra un valor de varianza de 2.0727E-03 y una desviación de estándar de 4.2962E-06. Lo anterior nos indica que el grado de dispersión entre los valores de gramaje para cada una de las muestras en estudio es poco significativo entre sí ya que ya que la prueba presenta un valor de exactitud de 4.35% y un coeficiente de regresión lineal de 88.30%. Es necesario aclarar que debido a que por tratarse de empaques de post consumo muchas de las probetas que conformaban las muestras se encontraban en mal estado físico ya que presentaban una superficie fruncida.

3.3. Análisis e interpretación de tipo mecánico.

En la segunda fase se organizan los datos obtenidos en las pruebas de tipo mecánico referentes a la resistencia al rasgado, tensión y explosión de cada una de las muestras.

3.3.1. Prueba de rasgado.

Para la realización de la prueba de rasgado se utilizan dos tipos de probetas una en dirección transversal y la otra en dirección longitudinal.

➤ Probetas en dirección transversal

En tabla 3.9 se presenta la recolección de datos de la prueba de resistencia al rasgado de probetas en dirección transversal según la muestra por empresa. De acuerdo a la Norma de ASTM D 1922-00a cada probeta de ensayo serán rectangulares con dimensiones de 76 mm de ancho y 63 mm de largo.

Tabla 3.9 Tabulación de datos de pruebas de resistencia al rasgado de probetas en dirección transversal.

N° de probeta	MX-D		MX-B		MX-F		MX-Y	
	Lectura	kgf	Lectura	kgf	Lectura	kgf	Lectura	kgf
1	54.0	0.864	56.0	0.896	62.0	0.992	54.0	0.864
2	58.0	0.928	52.0	0.832	62.0	0.992	61.0	0.976
3	48.0	0.768	58.0	0.928	62.0	0.992	62.0	0.992
4	52.0	0.832	56.0	0.896	49.0	0.784	58.0	0.928
5	50.0	0.800	54.0	0.864	56.0	0.896	54.0	0.864

Tabla 3.9 Tabulación de datos de pruebas de resistencia al rasgado de probetas en dirección transversal.

N° de probeta	MX-D		MX-B		MX-F		MX-Y	
	Lectura	kgf	Lectura	kgf	Lectura	kgf	Lectura	kgf
6	50.0	0.800	49.0	0.784	46.0	0.736	46.0	0.736
7	49.0	0.784	61.0	0.976	63.0	1.008	50.0	0.800
8	57.0	0.912	58.0	0.928	47.0	0.752	47.0	0.752
9	57.0	0.912	62.0	0.992	55.0	0.880	55.0	0.880
10	55.0	0.880	63.0	1.008	60.0	0.960	60.0	0.960
11	50.0	0.800	58.0	0.928	53.0	0.848	55.0	0.880
12	53.0	0.848	60.0	0.960	59.0	0.944	62.0	0.992
13	53.0	0.848	57.0	0.912	56.0	0.896	56.0	0.896
14	55.0	0.880	52.0	0.832	53.0	0.848	53.0	0.848
15	46.0	0.736	61.0	0.976	59.0	0.944	59.0	0.944
16	59.0	0.944	58.0	0.928	56.0	0.896	56.0	0.896
17	56.0	0.896	60.0	0.960	56.0	0.896	58.0	0.928
18	52.0	0.832	57.0	0.912	59.0	0.944	53.0	0.848
19	56.0	0.896	58.0	0.928	60.0	0.960	51.0	0.816
20	56.0	0.896	56.0	0.896	53.0	0.848	50.0	0.800
Media aritmética		0.853		0.917		0.901		0.880
Desviación estándar		0.058		0.057		0.080		0.075
Varianza		3.317E-03		3.236E-03		6.362E-03		5.605E-03
Precisión como CV (%)		6.754		6.205		8.855		8.508
Nivel de aceptación		Aceptable		Aceptable		Aceptable		Aceptable
Intercepto		0.7520		0.7641		0.7520		0.7641
Pendiente		0.0096		0.0130		0.0096		0.0130
R²		0.9724		0.9321		0.9724		0.9321
Error Típico		0.0098		0.0214		0.0098		0.0214

La gráfica 3.5 detalla una comparación de los valores de resistencia al rasgado de las diferentes probetas en dirección transversal de muestras.

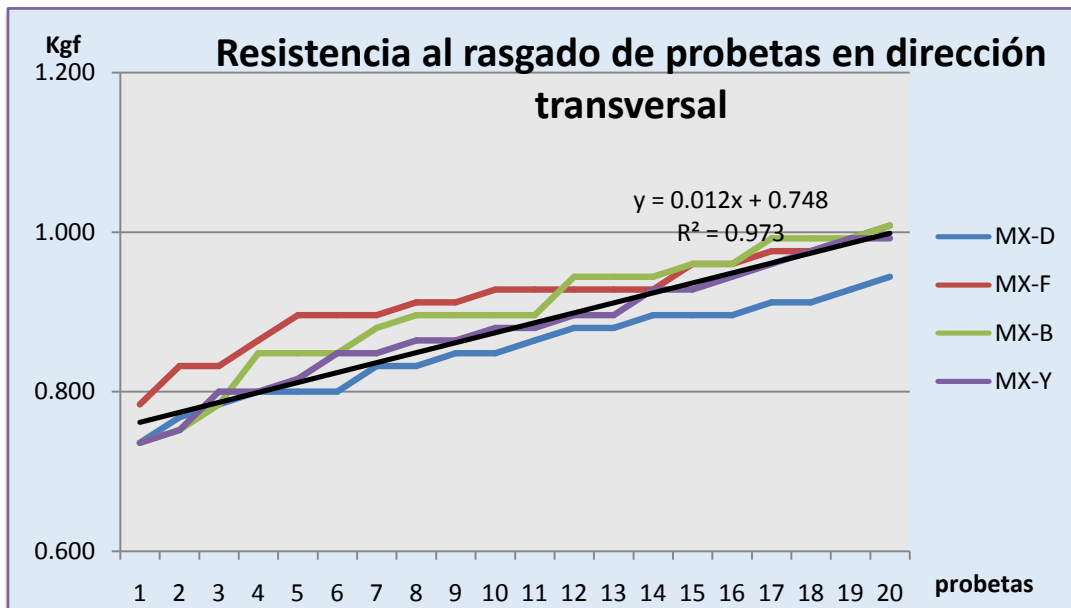


Gráfico 3.5 Resistencia al rasgado de probetas en dirección transversal

Los valores de resistencia al rasgado en probetas con áreas en sección transversal según la tabla 3.10 y el gráfico 3.5 para cada una de las empresas que conforman el grupo en estudio para el análisis del potencial de reciclaje y reutilización de empaques de polipropileno y polipropileno metalizado son bastante similares entre sí, mostrando una variabilidad de datos de 3.3172E-03, 3.2364E-03, 6.3623E-03 y 5.6051E-03 para la muestra que conforman las empresas en estudio: MX-D, MX-B, MX-F y MX-Y respectivamente. El grado de exactitud en la toma de datos es moderado ya que al calcular el coeficiente de regresión lineal (R^2) para cada serie de probetas por muestra dos de estos se encuentran dentro del rango de aceptabilidad de precisión y exactitud, es decir, que se encuentran en el rango arriba del 95%, y el restante se encuentran por debajo de dicho valor. A pesar que no todos los coeficientes de regresión sobrepasan el 95% se puede establecer que los datos obtenidos durante la realización de la prueba de resistencia al rasgado en probetas con áreas en sección transversal son confiables.

Interpretación de resultados para prueba de resistencia al rasgado con área de sección transversal.

En la tabla 3.10 se realiza la interpretación de resultados para la prueba de rasgado de probetas con dirección transversal.

Tabla 3.10 Estadística descriptiva resistencia al rasgado probetas con dirección transversal

Parámetros analizados	RESULTADOS PARA PRUEBA RESISTENCIA AL RASGADO.			
	MX-D	MX-F	MX-B	MX-Y
Media de muestra	0.8528	0.9168	0.9008	0.8800
Media aritmética	0.8876			
Desviación	0.0277			
Varianza	7.6523E-04			
Precisión como CV (%)	3.1166			
Nivel de aceptación	Muy bueno			
Intervalo de confianza para la media aritmética.	Mínimo		Máximo	
	0.8750		0.9100	
Intercepto	0.8344			
Pendiente	0.0213			
R ²	0.9863			
Error Típico	0.0040			

La gráfica 3.6 detalla una comparación de los valores promedios de resistencia al rasgado con dirección transversal por muestras.

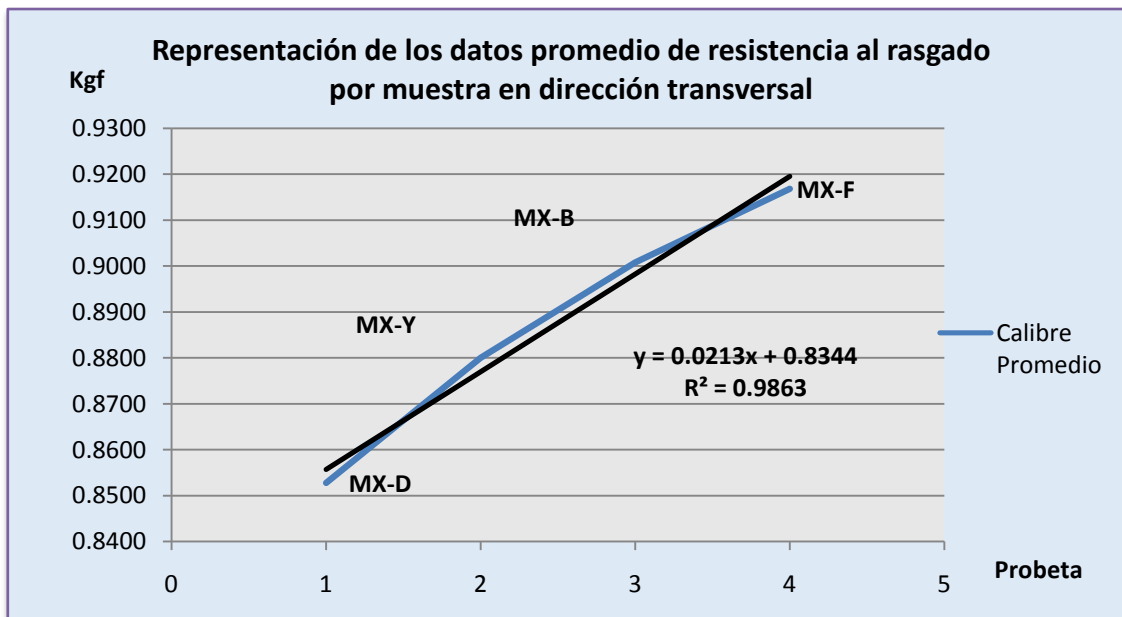


Gráfico 3.6 Representación de los datos promedio de resistencia al rasgado por muestra en dirección transversal.

Al finalizar las pruebas de resistencia al rasgado en probetas con áreas de sección transversal y al realizar los cálculos respectivos para cada una de las muestras se obtuvo dichos valores para las muestras de MX-D, MX-B, MX-F y MX-Y son: 0.8528 kgf, 0.9168 kgf, 0.9008 kgf y 0.8800 kgf respectivamente. Estos valores al ser interpretados desde un análisis tipo estadístico con una de las medidas de tendencia central o localización, en este caso la media aritmética revela un valor de 0.8926 kgf, y también, haciendo el análisis estadístico con las medidas de variabilidad muestra un valor de varianza de 7.6523E-04 y una desviación de estándar de 0.0277. Lo anterior nos indica que el grado de dispersión entre los valores de gramaje para cada una de las muestras en estudio es poco significativo entre sí ya que ya que la prueba presenta un valor de exactitud de 3.12% y un coeficiente de regresión lineal de 98.63%.

➤ **Probetas en dirección longitudinal**

En tabla 3.11 se presenta la recolección de datos de la prueba de resistencia al rasgado de probetas en dirección longitudinal según la muestra por empresa.

Tabla 3.11 Tabulación de datos de pruebas de resistencia al rasgado de probetas en dirección longitudinal.

N° DE PROBETA	MX-D		MX-B		MX-F		MX-Y	
	Lectura	kgf	Lectura	kgf	Lectura	kgf	Lectura	kgf
1	44.0	0.704	49.0	0.784	58.0	0.928	61.0	0.976
2	51.0	0.816	50.0	0.8	56.0	0.896	56.0	0.896
3	58.0	0.928	53.0	0.848	61.0	0.976	54.0	0.864
4	61.0	0.976	54.0	0.864	64.0	1.024	52.0	0.832
5	58.0	0.928	62.0	0.992	63.0	1.008	63.0	1.008
6	61.0	0.976	66.0	1.056	58.0	0.928	54.0	0.864
7	59.0	0.944	59.0	0.944	54.0	0.864	61.0	0.976
8	52.0	0.832	51.0	0.816	49.0	0.784	51.0	0.816
9	56.0	0.896	60.0	0.96	57.0	0.912	65.0	1.04
10	60.0	0.960	63.0	1.008	62.0	0.992	53.0	0.848
11	51.0	0.816	58.0	0.928	61.0	0.976	55.0	0.88
12	55.0	0.880	53.0	0.848	54.0	0.864	54.0	0.864
13	54.0	0.864	51.0	0.816	61.0	0.976	59.0	0.944
14	56.0	0.896	50.0	0.8	41.0	0.656	52.0	0.832
15	57.0	0.912	47.0	0.752	67.0	1.072	56.0	0.896
16	55.0	0.880	50.0	0.8	62.0	0.992	58.0	0.928
17	52.0	0.832	53.0	0.848	47.0	0.752	53.0	0.848
18	63.0	1.008	51.0	0.816	71.0	1.136	60.0	0.96
19	49.0	0.784	49.0	0.784	67.0	1.072	65.0	1.04
20	52.0	0.832	55.0	0.88	50.0	0.8	55.0	0.88

Tabla 3.11 Tabulación de datos de pruebas de resistencia al rasgado de probetas en dirección longitudinal.

N° DE PROBETA	MX-D		MX-B		MX-F		MX-Y	
	Lectura	kgf	Lectura	kgf	Lectura	kgf	Lectura	kgf
Media aritmética		0.883		0.867		0.930		0.9096
Desviación estándar		0.075		0.086		0.119		0.070
Varianza		5.621E-03		7.319E-03		1.405E-02		4.912E-03
Precisión como CV (%)		8.489		9.8652		12.7386		7.7050
Nivel de aceptación		Aceptable		Aceptable		Moderado		Aceptable
Intercepto		0.7539		0.7227		0.7274		0.7887
Pendiente		0.0123		0.0138		0.0193		0.0115
R ²		0.9449		0.9058		0.9312		0.9445
Error Típico		0.0181		0.0270		0.0319		0.0170

En la gráfica 3.7 se detalla una comparación de los valores de resistencia al rasgado de las diferentes probetas en dirección longitudinal de muestras.

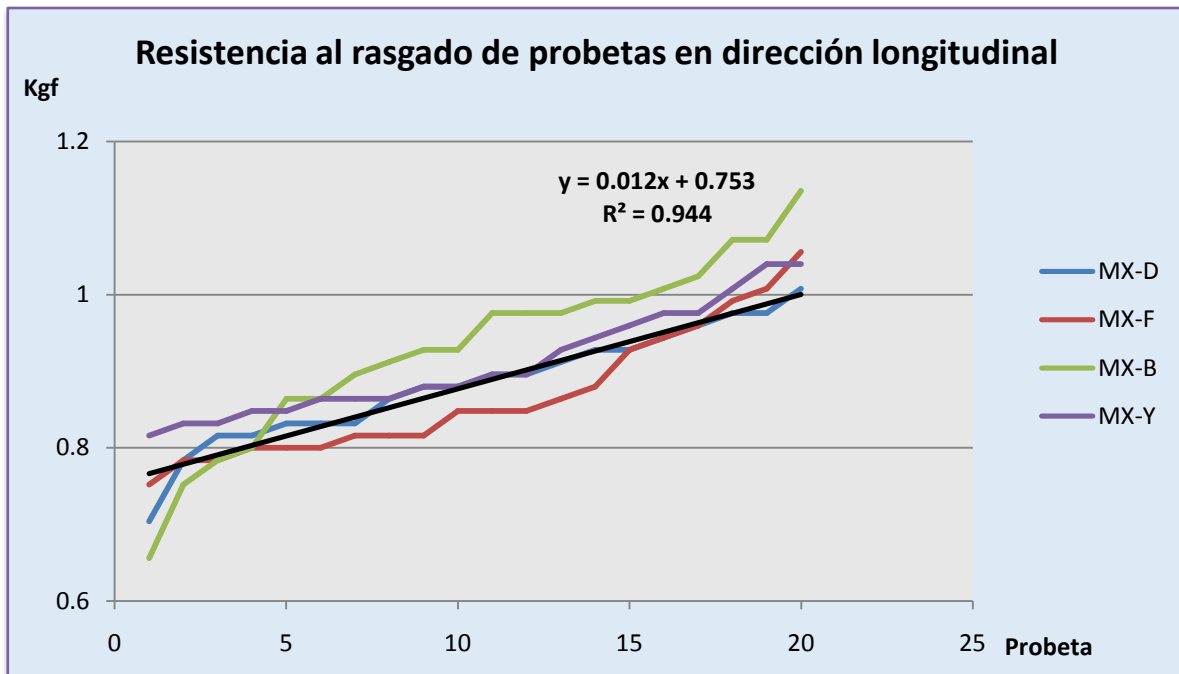


Gráfico 3.7 Resistencia al rasgado de probetas en dirección longitudinal

Los valores de resistencia al rasgado en probetas con áreas en sección longitudinal según la tabla 3.12 y el gráfico 3.7 para cada una de las empresas que conforman el grupo en estudio para el análisis del potencial de reciclaje y reutilización de empaques de polipropileno y polipropileno metalizado son bastante similares entre sí, mostrando una variabilidad de datos de 5.621E-03, 7.319E-03, 1.405E-02 y 4.912E-03 para la muestra que conforman las empresas en estudio: MX-D, MX-B, MX-F y MX-Y respectivamente. El grado de exactitud en la toma de datos es poco confiable ya que al calcular el coeficiente de regresión lineal (R^2) para cada serie de probetas por muestra, estas se encuentran por debajo del rango de aceptabilidad de precisión y exactitud. Parte de la incertidumbre en la realización en esta prueba es debida al error causado por el operador al ejercer la fuerza de corte sobre probeta y el error de paralaje o lectura en la medición de la muestra.

Interpretación de resultados para prueba de resistencia al rasgado con área de sección longitudinal

En la tabla 3.12 se realiza la interpretación de resultados para la prueba de rasgado de probetas con dirección longitudinal.

Tabla 3.12 Estadística descriptiva Resistencia al rasgado probetas en dirección longitudinal

PARÁMETROS ANALIZADOS	RESULTADOS PARA PRUEBA RESISTENCIA AL RASGADO.			
	MX-D	MX-B	MX-F	MX-Y
Media de muestra	0.8832	0.8672	0.9304	0.9096
Media aritmética	0.8976			
Desviación	0.0280			
Varianza	7.8379E-04			
Precisión como CV (%)	3.1190			
Nivel de aceptación	Muy bueno			
Intervalo de confianza para la media aritmética.	Mínimo		Máximo	
	0.8750		0.9450	
Intercepto	0.8436			
Pendiente	0.0216			
R^2	0.9921			
Error Típico	0.0030			

La gráfica 3.8 denota una comparación de los valores promedios de resistencia al rasgado con dirección longitudinal por muestras.

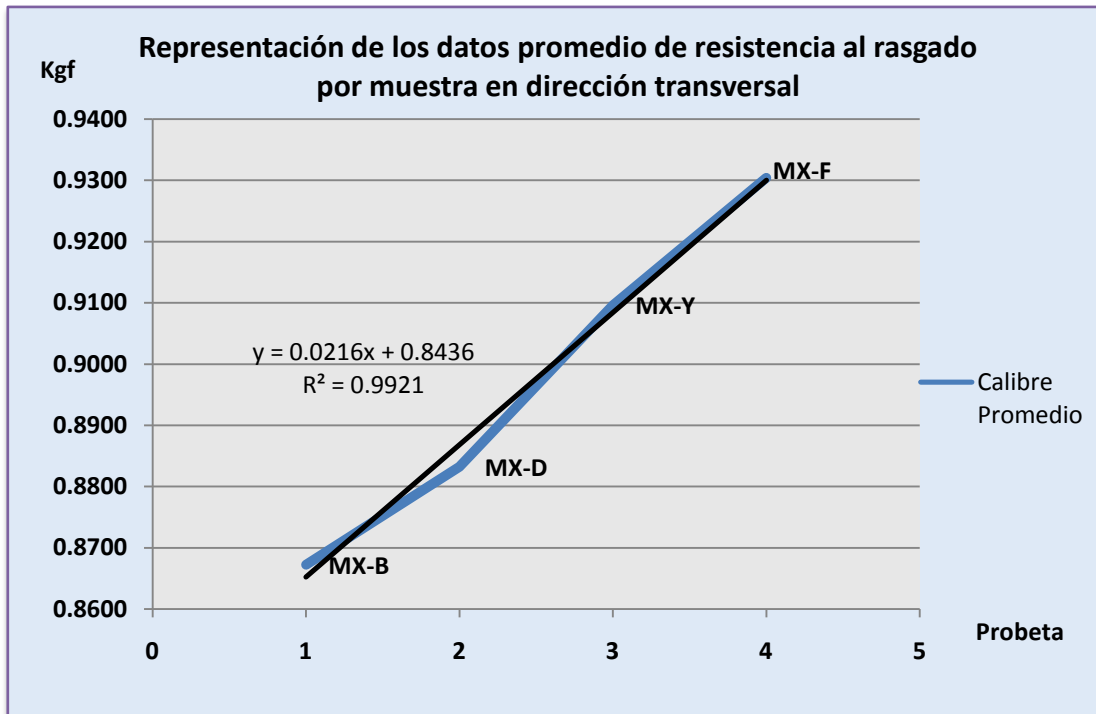


Gráfico 3.8 Representación de los datos promedio de resistencia al rasgado por muestra en dirección longitudinal.

Al finalizar las pruebas de resistencia al rasgado en probetas con áreas de sección transversal y al realizar los cálculos respectivos para cada una de las muestras se obtuvo dichos valores para las muestras de MX-D, MX-B, MX-F y MX-Y son: 0.8832kgf, 0.8672 kgf, 0.9304 kgf y 0.9096 kgf respectivamente. Estos valores al ser interpretados desde un análisis tipo estadístico con una de las medidas de tendencia central o localización, en este caso la media aritmética revela un valor de 0.8976 kgf, y también, haciendo el análisis estadístico con las medidas de variabilidad muestra un valor de varianza de 7.8379E-04 y una desviación de estándar de 0.0280. Lo anterior nos indica que el grado de dispersión entre los valores de gramaje para cada una de las muestras en estudio es poco significativo entre sí ya que ya que la prueba presenta un valor de exactitud de 3.12% y un coeficiente de regresión lineal de 99.21%.

3.3.2. Prueba de tensión.

En tabla 3.13 se presenta la recolección de datos de la prueba de tensión ([ver Anexo 5](#)) según la muestra por probeta. Para la prueba de tensión se contará con 3 tipos de muestra cada una conformada por 10 especímenes. Se utilizarán dos tamaños de especímenes, el primero de una longitud de 10 cm y un ancho de 5 cm y el segundo con

una longitud de 12.5 cm largo y ancho de 5 cm. La selección del dimensionamiento de la probeta dependerá del tamaño del empaque con el que se cuenta.

Tabla 3.13 Tabulación de datos de pruebas de resistencia a la tensión.

PROBETA	MX-D		MX-B		MX-F	
	TAMAÑO DE MUESTRA	FUERZA TENSIÓN	TAMAÑO DE MUESTRA	FUERZA TENSIÓN	TAMAÑO DE MUESTRA	FUERZA TENSIÓN
	cm	kgf	cm	kgf	cm	Kgf
1	12.5	40.07	12.5	60.31	12.5	47.73
2	10.0	55.71	12.5	42.23	12.5	55.55
3	10.0	38.88	12.5	49.70	12.5	65.09
4	10.0	47.07	12.5	46.34	12.5	58.84
5	10.0	42.34	12.5	53.38	12.5	69.95
6	10.0	64.65	10.0	55.46	10.0	47.51
7	10.0	51.42	10.0	51.25	10.0	61.45
8	10.0	41.89	10.0	63.41	10.0	52.26
9	10.0	38.44	10.0	66.85	10.0	70.03
10	10.0	37.80	10.0	58.55	10.0	48.37
Media aritmética		45.8273		54.7480		57.6780
Desviación		8.8996		7.7055		8.7975
Varianza		79.2033		59.3746		77.3959
Precisión como CV (%)		19.4199		14.0745		15.2528
Nivel de aceptación		Inaceptable		Moderado		Moderado
Intercepto		30.9380		40.8113		41.9220
Pendiente		2.7071		2.5339		2.8647
R2		0.8482		0.9913		0.9720
Error Típico		3.6779		0.7625		1.5618

La gráfica 3.9 describe una comparación de los valores de resistencia a la explosión de las diferentes probetas de muestras.

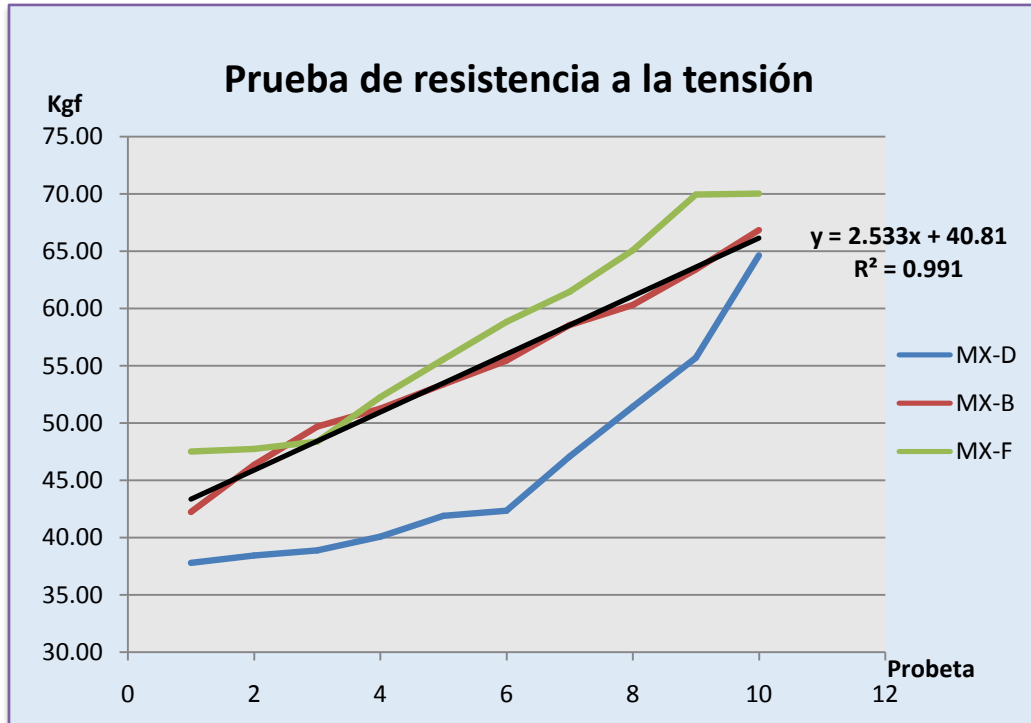


Gráfico 3.9 Resistencia a la tensión por muestra.

Los valores de resistencia a la tensión en probetas según la tabla 3.13 y el gráfico 3.9 para cada una de las empresas que conforman el grupo en estudio para el análisis del potencial de reciclaje y reutilización de empaques de polipropileno y polipropileno metalizado son bastante similares entre MX-B y MX-F mientras que MX-D son dispersos entre los primeros dos mencionados. La variabilidad de datos son 79.2033, 59.3746 y 77.3959 para la muestra que conforman las empresas en estudio: MX-D, MX-B y MX-F respectivamente. El grado de exactitud en la toma de datos es poco confiable, para el caso de MX-D, ya que al calcular el coeficiente de regresión lineal (R^2) se encuentra por debajo del rango de aceptabilidad de precisión y exactitud, en cambio para el caso de MX-B y MX-F son aceptables, al calcular el coeficiente de regresión lineal (R^2) se encuentra por arriba del rango de aceptabilidad de precisión y exactitud. Parte de la incertidumbre en la realización en esta prueba es debida al error causado por el mal estado del especímenes y variaban la lectura de las mediciones.

Interpretación de resultados para prueba de resistencia a la tensión.

En la tabla 3.14 se realiza la interpretación de resultados para la prueba de tensión ([ver Anexo 6](#)).

Tabla 3.14 Estadística descriptiva pruebas de resistencia a la tensión.

PARÁMETROS ANALIZADOS	RESULTADOS PARA PRUEBA DE TENSIÓN.		
	MX-D	MX-B	MX-F
Media de muestra (Kgf/cm ²)	45.8273	54.7480	57.6780
Media aritmética	52.7511		
Desviación	6.1725		
Varianza	38.1001		
Precisión como CV (%)	11.7012		
Nivel de aceptación	MODERADO		
Intervalo de confianza para la media aritmética.	Mínimo	Máximo	
	45.7660	59.7360	
Intercepto	40.9004		
Pendiente	5.9253		
R ²	0.92150		
Error Típico	2.4456		

Para tener una mejor apreciación de los datos anteriores a continuación se presentan una gráfica que detalla una comparación de los valores de resistencia a la tensión de las diferentes probetas de muestras.

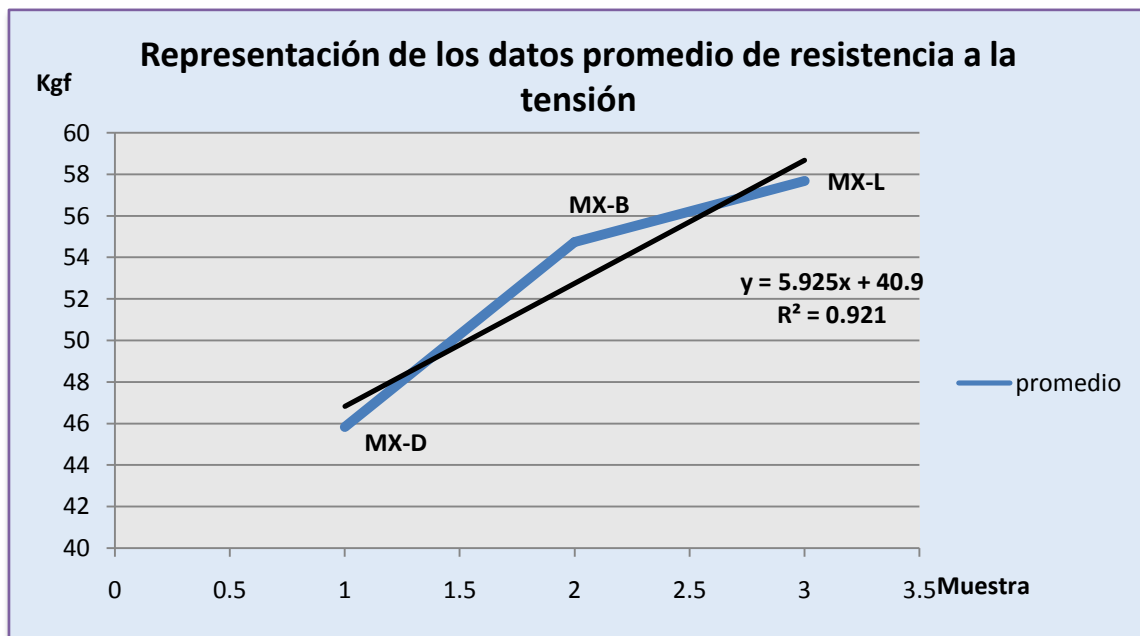


Gráfico 3.10 Representación de los datos promedio de resistencia al rasgado por muestra en dirección longitudinal.

Al finalizar las pruebas de resistencia a la tensión para cada una de las muestras se obtuvo dichos valores para las muestras de MX-D, MX-B y MX-F son: 45.8273 kgf, 54.7480 kgf, 57.6780 kgf respectivamente. Estos valores al ser interpretados desde un análisis tipo estadístico con una de las medida de tendencia central o localización, en este caso la media aritmética revela un valor de 52.7511 kgf, y también, haciendo el análisis estadístico con las medidas de variabilidad muestra un valor de varianza de 38.1001 y una desviación de estándar de 6.1725. Lo anterior nos indica que el grado de dispersión entre los valores de gramaje para cada una de las muestras en estudio es poco significativo entre sí ya que ya que la prueba presenta un valor de exactitud de 11.7012% y un coeficiente de regresión lineal de 92.15%.

3.3.3. Prueba de resistencia a la explosión.

En tabla 3.14 se presenta la recolección de datos de la prueba de resistencia a la explosión según la muestra por probeta. Para la prueba de resistencia a la explosión se contará con 4 tipos de muestra cada una conformada por 10 especímenes. Cada espécimen tendrá forma cuadrada de 10 cm longitud.

Tabla 3.15 Tabulación de datos de pruebas de resistencia a la explosión.

N° DE PROBETA	RESISTENCIA A LA EXPLOSION DE MUESTRAS (Kgf/cm ²)			
	MX-D	MX-B	MX-F	MX-Y
1	7.8	6.5	7.5	6.8
2	8.0	6.8	7.8	6.9
3	8.2	7.0	8.0	7.2
4	8.2	7.6	8.0	7.8
5	8.4	8.2	8.4	8.0
6	8.4	8.2	8.4	8.0
7	9.0	9.0	8.6	8.4
8	9.0	9.0	8.8	8.8
9	9.0	9.1	9.2	9.0
10	9.2	9.2	9.2	9.2
Media aritmética	8.52	7.91	8.24	8.01
Desviación	0.4917	1.3437	0.9228	0.8543
Varianza	0.2418	1.8054	0.8516	0.7299
Precisión como CV (%)	5.7712	16.9870	11.1990	10.6659
Nivel de aceptación	Aceptable	Inaceptable	Moderado	Moderado
Intercepto	7.6533	6.2400	7.3600	6.4733

Tabla 3.15 Tabulación de datos de pruebas de resistencia a la explosión.

N° DE PROBETA	RESISTENCIA A LA EXPLOSION DE MUESTRAS (Kgf/cm ²)			
	MX-D	MX-B	MX-F	MX-Y
Pendiente	0.1576	0.3309	0.1873	0.2794
R ²	0.9414	0.9465	0.9745	0.9804
Error Típico	0.1263	0.2525	0.0972	0.1270

Para tener una mejor apreciación de los datos anteriores a continuación se presentan una gráfica que detalla una comparación de los valores de resistencia a la explosión de las diferentes probetas de muestras.

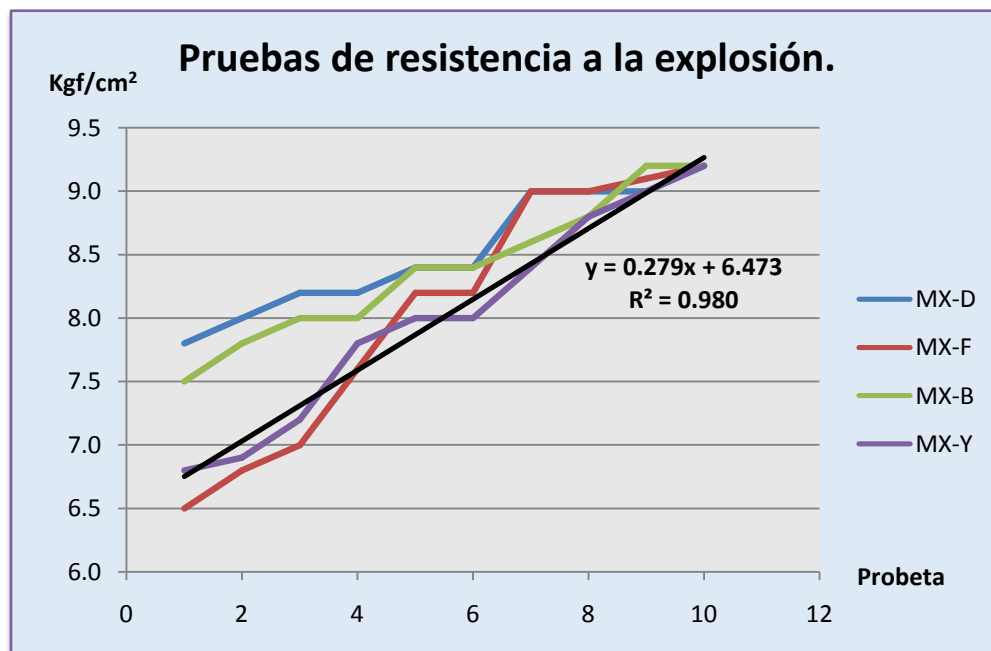


Gráfico 3.11 Representación de los datos promedio de resistencia a la explosión.

Los valores de calibre según la tabla 3.14 y el gráfico 3.3 para cada una de las empresas que conforman el grupo en estudio para el análisis del potencial de reciclaje y reutilización de empaques de polipropileno y polipropileno metalizado son bastante similares entre sí, mostrando una variabilidad de datos de 0.2418, 1.8054, 0.8516 y 0.7299 para la muestra que conforman las empresas en estudio: MX-D, MX-B, MX-F y MX-Y respectivamente. El grado de exactitud en la toma de datos es moderado ya que al calcular el coeficiente de regresión lineal (R^2) para cada serie de probetas por muestra dos de estos se encuentran dentro del rango de aceptabilidad de precisión y exactitud, es decir, que se encuentran en el rango arriba del 95%, y el restante se encuentran por debajo de dicho valor. A pesar

que no todos los coeficientes de regresión sobrepasan el 95% se puede establecer que los datos obtenidos durante la realización de la prueba de resistencia al rasgado en probetas con áreas en sección transversal son confiables.

Interpretación de resultados para prueba de resistencia a la explosión.

En la tabla 3.14 se realiza la interpretación de resultados para la prueba de resistencia a la explosión.

Tabla 3.16 Estadística descriptiva pruebas de resistencia a la explosión.

PARÁMETROS ANALIZADOS	RESULTADOS PARA PUREBA DE EXPLOSIÓN.			
	MX-D	MX-B	MX-F	MX-Y
Media de muestra (Kgf/cm ²)	8.5200	7.9100	8.2400	8.0100
Media aritmética	8.1700			
Desviación	0.2712			
Varianza	0.0735			
Precisión como CV (%)	3.3191			
Nivel de aceptación	Muy aceptable			
Intervalo de confianza para la media aritmética.	Mínimo		Máximo	
	8.1240		8.216	
Intercepto	7.655			
Pendiente	0.206			
R ²	0.9618			
Error Típico	0.0648			

La gráfica 3.12 detalla una comparación de los valores promedios de resistencia a la explosión por muestras.

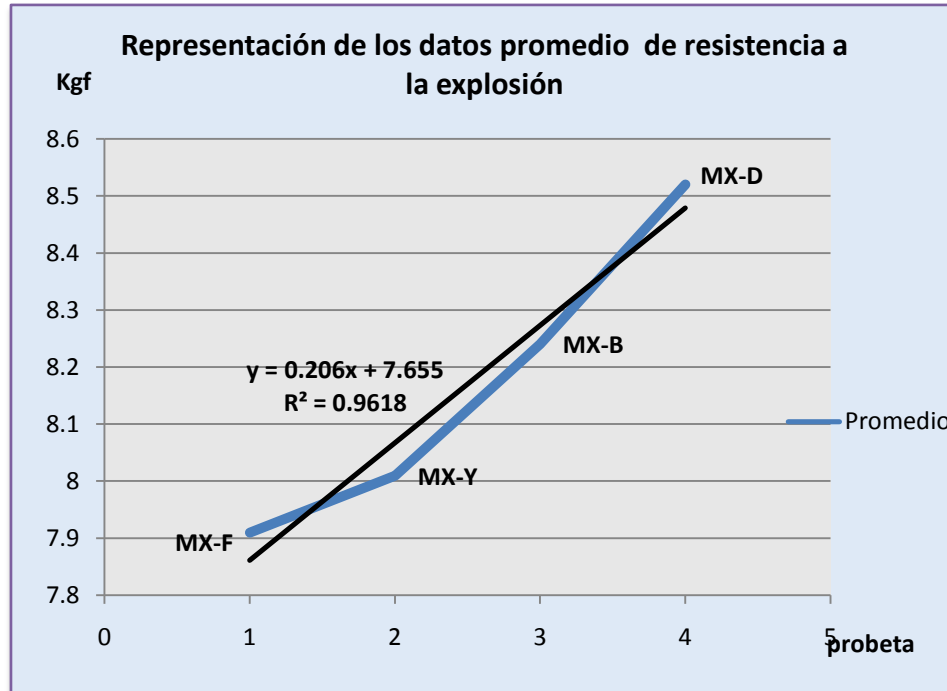


Gráfico 3.12 Representación de los datos promedio de resistencia a la explosión.

Al finalizar las pruebas de resistencia al rasgado en probetas con áreas de sección transversal y al realizar los cálculos respectivos para cada una de las muestras se obtuvo dichos valores para las muestras de MX-D, MX-B, MX-F y MX-Y son: 8.5200 kgf/cm², 7.9100 kgf/cm², 8.2400 kgf/cm² y 8.0100 kgf/cm² respectivamente. Estos valores al ser interpretados desde un análisis tipo estadístico con una de las medidas de tendencia central o localización, en este caso la media aritmética revela un valor de 8.1700 kgf/cm², y también, haciendo el análisis estadístico con las medidas de variabilidad muestra un valor de varianza de 0.0735 y una desviación de estándar de 0.2712. Lo anterior nos indica que el grado de dispersión entre los valores de gramaje para cada una de las muestras en estudio es poco significativo entre sí ya que ya que la prueba presenta un valor de exactitud de 3.32% y un coeficiente de regresión lineal de 99.18%.

3.4. Análisis e interpretación de tipo químico.

En la tercera fase se organizan los datos obtenidos en las pruebas de tipo químico referentes a la delaminación de muestras en estudio.

3.4.1. Prueba de delaminación de empaque.

Al realizarse la respectiva prueba química está comprobado que los empaques laminado están conformados: una lámina de polipropileno, capa tinta, capa adhesivo, lamina de polipropileno metalizado.

Una vez identificados los componentes que contiene el empaque, es necesario hacer una caracterización a través de la determinación del peso por unidad de área para cada componente, el espesor del empaque y la flexografía de la capa de tinta.

La tabla 3.17 muestra los valores medidos y promedios de las mediciones en las pruebas de laminación.

Tabla 3.17 Valores de las mediciones pruebas de delaminación.

COMPONENTES	MX-D		MX-B		MX-F		MX-Y	
	D1	D2	B1	B2	F1	F2	Y1	Y2
Polipropileno (g/cm²)	18.1	18	15.5	15.8	15.6	18	15	18
Tintas + Adhesivo (g/cm²)	4.5	5.5	5.7	5.7	5.7	6.9	7.5	5.4
Met. Polipropileno (g/cm²)	15.7	15.2	14	15	13.7	13.8	15	18
Gramaje total(g/cm²)	38.3	38.3	35.2	36.5	35	38.7	37.5	41.4
PROMEDIO GRAMAJE TOTAL	37.16428571							
Calibre (pulg)	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.8
CALIBRE PROMEDIO	1.48							
Flexografía (colores)	6	6	6	6	5	6	6	5
Ancho (mm)	18.1	276	261.50	260.1	260	283	266	266
ANCHO PROMEDIO	236.3375							

Según la tabla 3.17 al comparar el valor de la medición de gramaje por capa por la método de delaminación de empaques contra la prueba física de gramaje los resultados son bastantes similares entre sí, con lo cual puede establecerse que la realización de la prueba de tipo químico posee un alto grado de precisión.



CAPITULO IV

4. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE GESTIÓN DE EMPAQUES LAMINADOS DE POLIPROPILENO Y POLIPROPILENO METALIZADO.

En el reciclaje y reutilización de residuos sólidos pueden utilizarse numerosas técnicas dependiendo del tipo de residuo que se desea tratar.

En el tratamiento de residuos sólidos se pueden utilizar diferentes técnicas de reciclaje y reutilización dependiendo del tipo de material de desperdicio que se desea aprovechar. Para el caso de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado se plantean tres técnicas de gestión a continuación:

- Reciclaje Químico
Separación de los componentes de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados.
- Reciclaje Energético
Aprovechamiento de poder calorífico de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados.
- Reciclaje Mecánico
Elaboración de fibra sintética a partir de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados

Los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados en El Salvador forman parte de los residuos sólidos urbanos, razón por la cual se encuentran expuestos a una serie de contaminantes e impurezas. Por ello resulta necesario contemplar un sistema de tratamiento previo para dichos empaques, como parte fundamental del proceso de reciclaje y reutilización de cada una de las alternativas a ser evaluadas.

4.1. Sistemas tratamiento previo de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados en El Salvador.

El proceso de tratamiento previo de los empaques en estudio contempla las siguientes etapas:

➤ **Recepción.**

Es la etapa donde son recibidos los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado, sin importar el estado físico en el que se encuentren.

➤ **Control y revisión**

Se efectúa una clasificación de los empaques de acuerdo al estado físico en que se encuentran. Los empaques que poseen baja calidad son descartados y aquellos que conservan una alta calidad pasan a la siguiente etapa del proceso. La determinación de la calidad del empaque se realizará de forma manual para esta etapa.

➤ **Pesaje**

Se pesan cantidades determinadas específicas de empaques laminados polipropileno y polipropileno metalizado de acuerdo a la capacidad de procesamiento de la máquina de lavado.

➤ **Lavado**

Por tratarse de empaques de polipropileno y polipropileno metalizado post consumo dichos se encuentran generalmente contaminados ya sea con comida, papel, piedras, polvo, aceite, solventes entre otros. De ahí que tienen que ser primero limpiados en un baño que garantice la eliminación de contaminantes.

El uso de hidrociclones cuando el residuo plástico está muy contaminado es una alternativa, el plástico contaminado es removido al ser ligero ya que flota en la superficie donde es expulsado. Los contaminantes caen al fondo y se descargan. Después del proceso de limpieza, los plásticos se llaman hojuelas limpias o granulado limpio.

El uso de detergentes está limitado por la cuestión ambiental debido a que los efluentes del proceso o procesos de lavado deben ser tratados para que puedan ser reutilizados nuevamente en el ciclo de lavado. En segundo lugar, es necesario encontrar un adecuado sistema de purificación de las aguas residuales para no contaminar ni dañar el entorno en el cual se desarrolla el proceso de reciclado.

El uso de sosa cáustica para el proceso de lavado es adecuado por las bajas concentraciones necesarias y porque la sosa cáustica remanente en disolución se puede reutilizar para otros lavados, simplemente reponiendo la que se pierde en el proceso de lavado.

Sobre este punto ya existen tecnologías y sistemas de recuperación y tratamiento de aguas residuales de procesos de lavado de materiales contaminados que están disponibles.

➤ **Secado**

Posterior al ciclo de lavado sigue un proceso de secado el cual debe eliminar el remanente de humedad del material, para que pueda ser comercializado y posteriormente procesado.

Pueden usarse secadores centrifugados, es decir tambores especialmente diseñados para extraer la humedad por las paredes externas del equipo.

Otros sistemas se han desarrollado para este proceso, dentro los cuales también están los de procesos simultáneos, los cuales combinan directamente los dos de los anteriormente mencionados. Es decir, sistemas que pueden al mismo tiempo operar como centrífugas con aire en contracorriente.

Procesos que combinan el molido y el lavado o el lavado y el secado, también son posibles y constituyen alternativas del proceso.

En la figura 4.1 se detalla el diagrama de proceso del sistema de tratamiento previo de la gestión de los empaques en estudio de las alternativas de reciclaje y reutilización ([ver Anexo 8](#)).

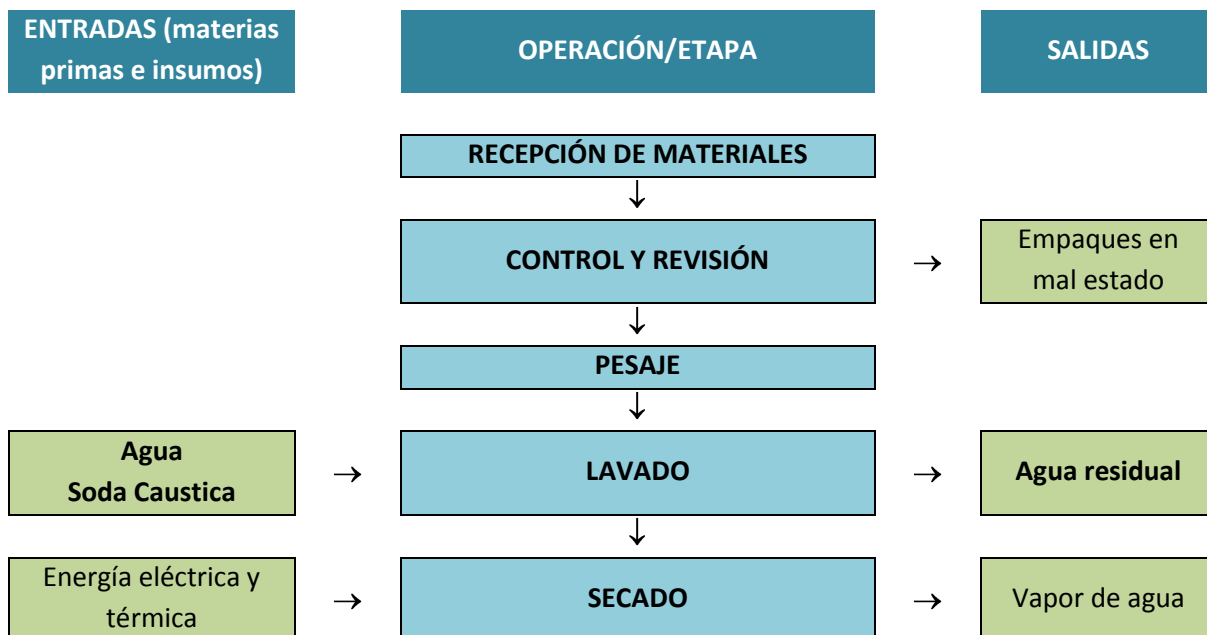


Figura 4.1 Proceso sistema de tratamiento previo para la gestión de empaques.

En la tabla 4.1 se presentan alternativas de cotización de lavadoras de plástico para el sistema de tratamiento previo.

Tabla 4.1 Cotización para lavadora de plástico para el sistema de tratamiento previo (2)

GENERALIDADES	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	COSTO UNITARIO
NOMBRE/MODELO/MARCA	FINEZA/CAPACIDAD/OBSERVACIONES	
<p><u>OPCIÓN A</u> Nombre: LAVADORA DE PELIULAS PLASTICAS DE PP/PE Modelo: SMP Marca: YINGPENG</p> 	<p>Capacidad de alimentación: 900kg/hr</p> <p>Velocidad de rotación: 500 rev/min</p> <p>Motor: 22 KW</p> <p>Peso : 715 kg</p> <p>Observaciones: La máquina es adecuada para el lavado de todo tipo de plástico recuperado primas de plástico y otros. Se utiliza principalmente para lavar el material de las películas de PP/PE</p>	<p>US\$ 10,000-150,000 Cantidad: 3</p>
<p><u>OPCIÓN B</u> Nombre: LAVADORA DE PELIULAS PLASTICAS DE PP/PE Modelo: GSH800 Marca: WUHE</p> 	<p>Capacidad de alimentación: 1000kg/hr</p> <p>Silo de almacenaje: 1000 L</p> <p>El tanque de lavado grande con la descarga del tornillo: 4.4kw/2.2kw</p> <p>Diámetro del disco que muele: 600 mm</p> <p>Observaciones: adecuada para el lavado de todo tipo de plástico recuperado primas de plástico y otros.</p>	<p>US\$ 10,000-200,000 Cantidad 3</p>

Según la tabla 4.1 ambas cotizaciones presentan similares características o especificaciones técnicas, sin embargo al comparar los precios de dichas maquinas, la opción A presenta una ventaja económica USD 50,000 en ahorro por cada maquinaria adquirida con respecto a la unidad plástica de molino por lo que se decide **tomar la opción A.**

En la tabla 4.2 se detalla las alternativas de cotización para la máquina de secado para el sistema de tratamiento previo.

Tabla 4.2 Cotización para secadora para el sistema de tratamiento previo.(2)

GENERALIDADES	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	COSTO UNITARIO
NOMBRE/MODELO/MARCA	VOLUMEN/CAPACIDAD/OBSERVACIONES	
<p>OPCIÓN A Nombre: SECADORA PLÁSTICA Modelo: STG-2500 Marca: CHICHENG</p> 	<p>Volumen de almacenamiento: 1000 L</p> <p>Capacidad de alimentación: 1000kg/hr</p> <p>Energía de calefacción: 48 KW</p> <p>Observaciones: La secadora plástica se utiliza principalmente para la secar materia prima de origen plástica. Puede ser utilizada para el secado de PE de los PP, PVC, HDPE.</p>	<p>US\$ 2000~8800 Cantidad 2</p>
<p>OPCIÓN B Nombre: SECADORA DE LA TOLVA PLÁSTICA Modelo: STG-U1500 Marca: CHICHENG</p> 	<p>Volumen de almacenamiento: 1000 L</p> <p>Capacidad de alimentación: 1000kg/hr</p> <p>Energía de calefacción: 48 KW</p> <p>Observaciones: secador de plástico de PP PE. Puede ser utilizado para el material de grano PVC, HDPE, PP.</p>	<p>US\$ 2000~8500 Cantidad 2</p>

En la tabla 4.2 se muestran las cotizaciones para el equipo de secado, ambas alternativas presentan similares características o especificaciones técnicas, sin embargo al comparar los precios de dichas maquinas, la secadora de la tolva plástica presenta una ventaja

económica USD 300 en ahorro por cada maquinaria adquirida con respecto a la secadora plástica por lo que se decide **tomar la opción B**.

Posteriormente de la descripción del tratamiento previo se procede a detallar en qué consisten cada una de las técnicas propuestas en la presente evaluación.

4.2. Reciclaje químico por separación de componentes de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.

Implica despolimerizar los plásticos y reducirlos hasta sustancias químicas sencillas. El objetivo es recuperar materia prima básica para ser utilizada en nuevos productos plásticos con las mismas características y propiedades de los materiales vírgenes. Dentro de este tipo de reciclado existen diferentes procesos para llevarlo a cabo, donde cada uno tiene diferentes características y costos. (16)

4.2.1. Descripción de la técnica de separación de los componentes de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.

Esta alternativa se logra sometiendo al residuo plástico a diversos procesos químicos para descomponerlo en componentes más sencillos: por descomposición térmica en ausencia de oxígeno, por tratamiento con hidrogeno a altas temperaturas, por gasificación o tratamiento con disolventes que lo descomponen y puedan ser utilizados nuevamente como materias primas en plantas petroquímicas.

El reciclado químico comenzó a ser desarrollado por la industria petroquímica con el objetivo de lograr las metas propuestas para la optimización de recursos y recuperación de residuos. Algunos métodos de reciclado químico ofrecen la ventaja de no tener que separar tipos de resina plástica, es decir, que pueden tomar residuos plásticos mixtos reduciendo de esta manera los costos de recolección y clasificación. Dando origen a productos finales de muy buena calidad. (38)

El proceso químico seguido es diferente según haya sido el tipo de reacción de polimerización. Así los polímeros hidrocarbonados que se obtuvieron por reacciones de adición, son sometidos a procesos térmicos y catalíticos dando lugar a una mezcla compleja de productos hidrocarbonados y también a gas de síntesis.

Si los polímeros se formaron por reacciones de condensación, los tratamientos químicos a los que se someten son de tipo hidrolítico (hidrólisis, metanólisis y glicólisis).

En el reciclado químico de los productos de adición no es imprescindible separar los plásticos según su naturaleza, ya que la mezcla de productos obtenidos en su proceso

(compuestos aromáticos y alifáticos) puede utilizarse conjuntamente como alimentación en la industria petroquímica.

Se distinguen nueve grandes grupos de polímeros que pueden someterse al reciclado químico; los polímeros de adición (PE; PP; PVC; PS; Polimetilmetacrilato, PMMA) se tratan principalmente con la despolimerización térmica; mientras que los polímeros de condensación (PET; Poliamidas, PA; PC; Poliuretano, PUR) aceptan la mayoría de los tratamientos químicos. (32)

Despolimerización térmica

Este tipo de reciclaje químico agrupa las tecnologías que permiten la transformación de los polímeros en monómeros u oligómeros mediante aporte de calor, sin que un reactivo químico intervenga en las reacciones de ruptura de las cadenas. Incluye diversos procesos como la pirólisis de algunos plásticos, microondas o tratamientos a muy alta temperatura.

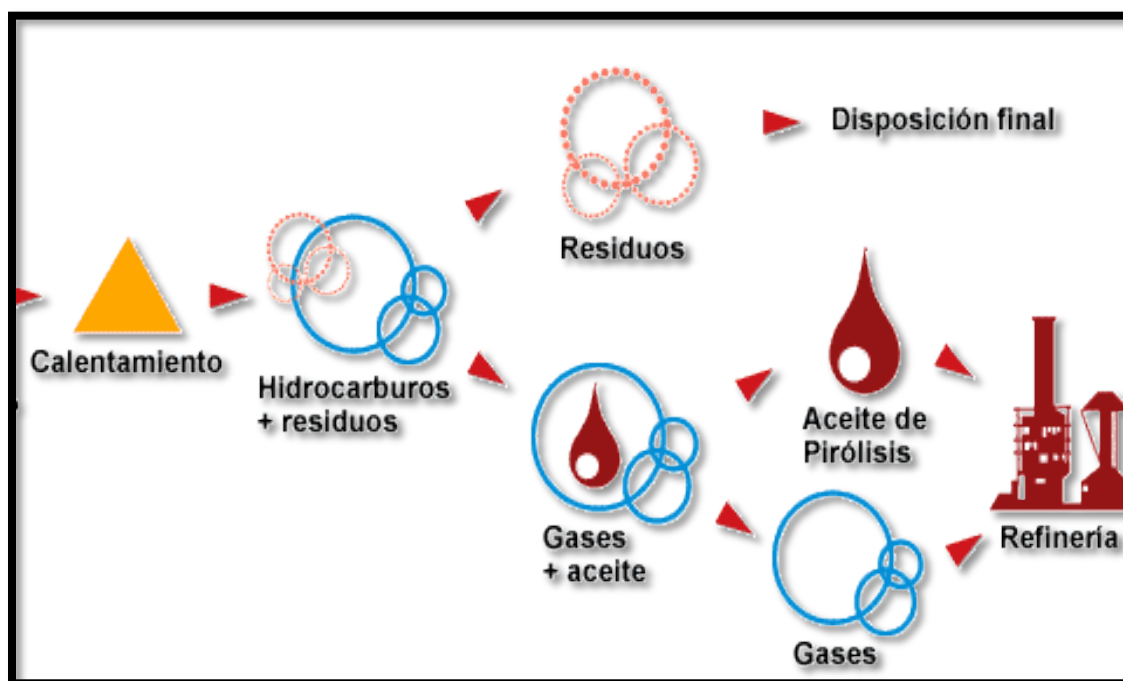


Figura 4.2. Diagrama del proceso de despolimerización térmica (17).

En la tabla 4.3 se describen las técnicas de despolimerización térmica que se pueden aplicar a los polímeros de adición, como es el caso de PP.

Tabla 4.3. Técnicas de Despolimerización Térmica. (32)

TÉCNICA	DESCRIPCIÓN
Pirólisis	<p>La pirólisis se lleva a cabo bajo condiciones de reacción severas ($T^{\circ} > 450 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y elevados tiempos de residencia) ya que es necesario aportar grandes cantidades de calor para romper el enlace carbono-carbono. La ruptura de las cadenas tiene lugar a través de una reacción primaria con una velocidad suficiente. Además, se forman radicales a partir de reacciones secundarias menos selectivas que dificultan el control de esta reacción primaria.</p> <p>Consiste en la descomposición térmica de la materia orgánica por la acción del calor en ausencia de oxígeno, denominándose también combustión con defecto de aire. Este proceso permite obtener los monómeros (etileno o propileno) pero en presencia de numerosos subproductos y con bajos rendimientos, por lo que se están dedicando grandes esfuerzos para poder emplear catalizadores en estas reacciones.</p>
Gasificación	<p>Los plásticos son calentados con aire o con oxígeno a temperaturas mayores a los 600°C y presiones arriba de 60 bar. Así se obtienen los siguientes gases de síntesis: monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser utilizados para la producción de metanol o amoníaco o incluso como agentes para la producción de acero en hornos de venteo.</p>
Hidrogenación o hidrocrqueo	<p>Este tipo de proceso implica el tratamiento térmico del residuo plástico en presencia de hidrógeno, normalmente a temperaturas moderadas ($400\text{-}500 \text{ }^{\circ}\text{C}$), y elevadas presiones ($10\text{-}100 \text{ kPa}$). En ellos se emplean catalizadores bifuncionales (con funciones de craqueo e hidrogenación) compuestos por metales de transición soportados sobre matrices ácidas.</p> <p>El hidrocrqueo da lugar a la formación de productos altamente saturados que pueden usarse directamente como combustible o como materia prima en refinería. Es un proceso versátil que permite el tratamiento de mezclas de plásticos y la obtención de hidrocarburos líquidos con rendimientos cercanos al 85 %. Sin embargo, el uso de hidrógeno a altas presiones y temperaturas resulta costoso y requiere medidas de seguridad especiales.</p>
Craqueo térmico	<p>Este tipo de proceso implica la ruptura de las cadenas poliméricas constitutivas de los residuos plásticos por acción del calor en ausencia de oxígeno. Normalmente, el producto de reacción es una mezcla heterogénea de hidrocarburos con una distribución muy amplia de tamaños moleculares. La proporción de hidrocarburos líquidos, gaseosos y sólidos es función de la temperatura a la que se desarrolla el proceso, que suele efectuarse entre $500 \text{ y } 800 \text{ }^{\circ}\text{C}$.</p>

Las etapas de la técnica del reciclaje químico consta de las siguientes fases: Recolección de empaques post-consumo, Recepción y descarga de empaques post-consumo, Almacenamiento de empaques post-consumo, Lavado y secado de empaques post-consumo, Remoción de tintas de empaques post-consumo, Descomposición térmica de empaques post-consumo y Planta petroquímica. Como se describió en el apartado 4.1 la recepción de material, control y control y revisión, pesaje, lavado, secado conforman el proceso de tratamiento previo de los empaques en estudio.

Luego del tratamiento previo, los empaques pasan a la etapa de trituración donde se reduce su tamaño mediante máquinas de molienda, de forma que los trozos de material salen muy pequeños (3 mm por lado).

La tabla 4.4 describe cada una de las etapas posteriores I tratamiento previo de la técnica de reciclaje químico.

Tabla 4.4. Descripción de actividades de la técnica de separación de componentes.

ACCION	DESCRIPCION
Remoción de tintas de empaques post-consumo	Desde el área de lavado y secado, los empaques post-consumo son transportados a través de bandas transportadoras hacia el área de remoción de tintas, esto con el objetivo de evitar alguna reacción secundaria no deseada en el posterior proceso.
Descomposición térmica de empaques post-consumo	Una vez eliminadas las tintas de los empaques post-consumo éstos entran al área de descomposición térmica en donde los componentes de los empaques son separados químicamente.
Planta petroquímica	Los gases y materiales obtenidos en la fase de descomposición térmica de empaques son reutilizados directamente en una planta refinadora de hidrocarburos.

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.3 muestra diagrama de bloques del proceso de reciclaje químico por separación de componentes.

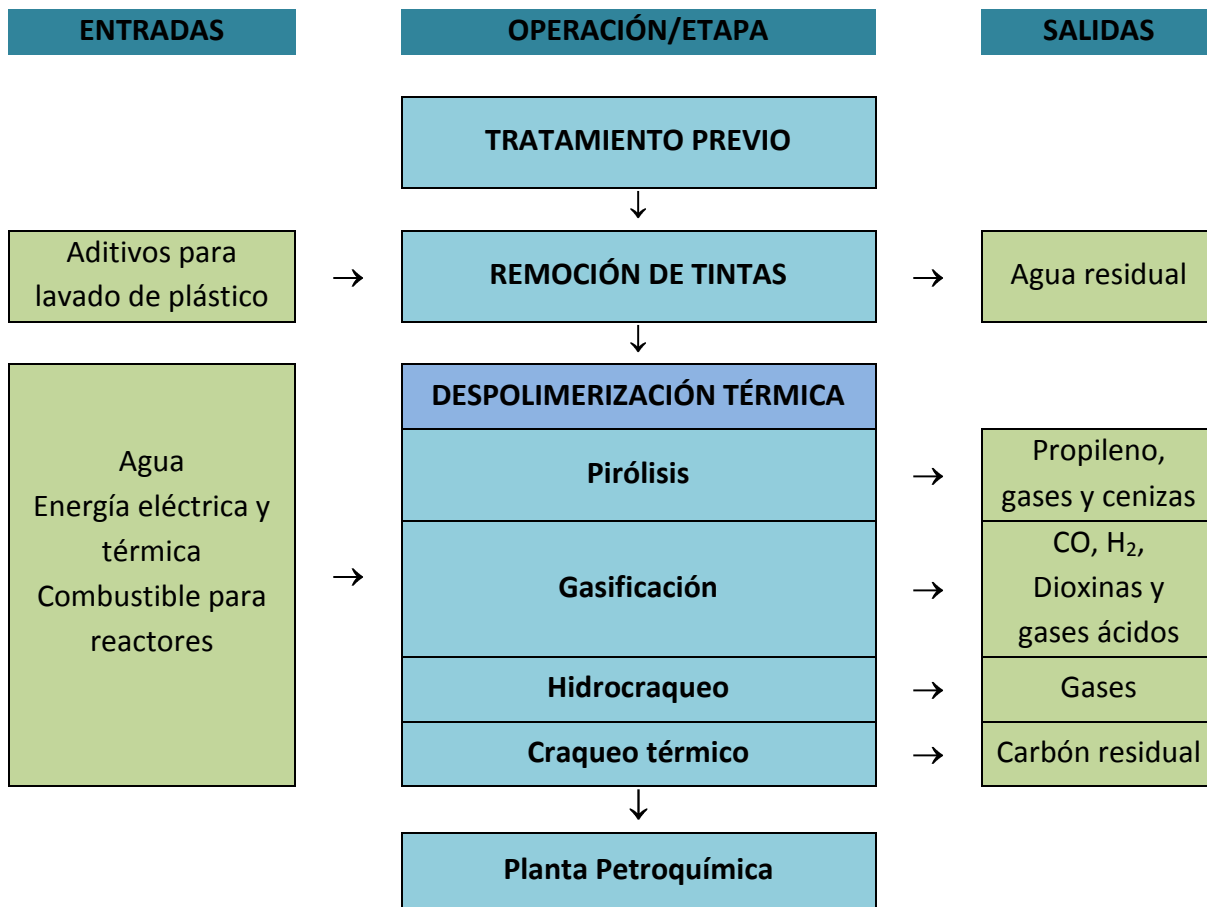




Figura 4.3 Diagrama de bloques del proceso de reciclaje químico.

En la tabla 4.5 se presentan alternativas de cotización para equipo de pirólisis y gasificación de plástico para la técnica de reciclaje energético.

Tabla 4.5 Cotización para equipo de pirólisis y gasificación. (2)

GENERALIDADES	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	COSTO UNITARIO
NOMBRE/MODELO/MARCA	FINEZA/CAPACIDAD/OBSERVACIONES	
<p>Nombre: Planta de pirólisis Número de modelo: DOING-6 Marca: DOING</p>	<p>Material del reactor: 245R, 14m m /16m</p> <p>Enfriamiento: enfriamiento ater-reclying</p> <p>Observaciones: El sistema entero de la pirólisis es compuesto por 13 porciones, que son reactor, dispositivo de transmisión, compartimiento catalítico, tubo de enfriamiento, el tanque pesado, separador del aceite-agua, condensador, el tanque de aceite ligero, dispositivo de</p>	<p>US\$ 46000~59000 Cantidad: 1</p>

Tabla 4.5 Cotización para equipo de pirolisis y gasificación. (2)

GENERALIDADES	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	COSTO UNITARIO
NOMBRE/MODELO/MARCA	FINEZA/CAPACIDAD/OBSERVACIONES	
	<p>seguridad, sistema del vacío, despolvando el sistema, ventilador del bosquejo, chimney.</p>	
<p>Nombre: Generador de gas (gasificador) Número de modelo: DY-1-8 Marca: DOING</p> 	<p>Capacidad de proceso: 8T plastic/24h Tamaño del reactor: D2200mm*L6600mm</p> <p>Observaciones: En el caso de la gasificación de plástico, si se emplea aire como agente gasificante, se obtiene un gas de bajo poder calorífico aprovechable con fines energéticos. Empleando oxígeno se obtiene un gas de menor poder calorífico pero de mayor calidad que se puede emplear como combustible</p>	<p>US\$ 60000~100000 Cantidad: 1</p>

En la figura 4.4 se ilustra el diagrama de flujo del proceso de reciclaje químico por separación de componentes.

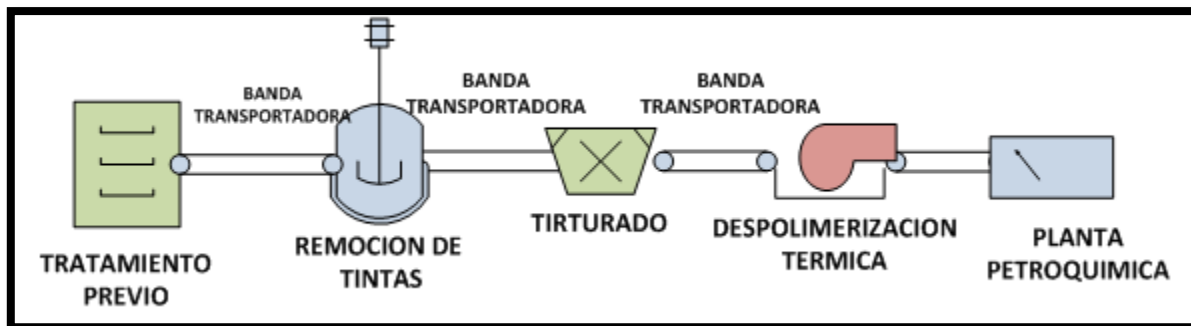


Figura 4.4 Proceso de reciclaje químico.

4.2.2. Evaluación de impactos ambientales técnica por separación de componentes.

En la tabla 4.6 se presentan los impactos ambientales asociados a cada una de las etapas del reciclado químico por separación de los componentes de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.

Tabla 4.6. Descripción de impactos ambientales de la técnica de separación de componentes.

Nº	NOMBRE CLAVE	DESCRIPCIÓN
1	Suelo Contaminación	Inutilización parcial o total del suelo, debido a los derrames accidentales de aceite o lubricante de la maquinaria utilizada en el proceso, lo cual cambia muchas de sus propiedades y puede terminar afectando a los organismo que viven en este (fauna y flora) así como arruinarlo por completo saturándolo de dichas sustancias.
2	Calidad de Agua Subterránea	Debido a que en el proceso de lavado y de remoción de tintas se utilizan químicos para eliminar las impurezas y los contaminantes presentes en los empaques post-consumo se generan aguas residuales que de no tener un tratamiento adecuado podrían filtrarse hasta los mantos freáticos provocando desmejoramiento en la calidad del agua subterránea.
3	Agua Calidad de Agua Superficial	En el proceso de lavado y de remoción de tintas se utilizan químicos para eliminar las impurezas y los contaminantes presentes en los empaques post-consumo se generan aguas residuales que de no tener un tratamiento adecuado antes de ser incorporados nuevamente al sistema de alcantarillados de aguas domiciliarias o directamente a los cuerpos receptores podrían disminuir la calidad del agua de dichos cuerpos.
4	Aire Emisiones Gaseosas	En la etapa de despolimerización térmica (dependiendo la técnica que se elija, ya que unas provocan una mayor cantidad de emisiones tóxicas que otras) se generan gases nocivos en altas concentraciones para el ser humano al mismo tiempo afectando el hábitat de todos los seres vivos.

Tabla 4.6. Descripción de impactos ambientales de la técnica de separación de componentes.

Nº	NOMBRE CLAVE	DESCRIPCIÓN
5	Olores	Emisión de olores por utilización de químicos en etapa de lavado y remoción de tintas y emisiones gaseosas de la etapa de despolimerización térmica.
6	Ruido	Generación de ruidos por parte de las maquinarias utilizadas para el proceso, lo cual puede provocar problemas de audición en los trabajadores y ahuyentar la fauna local.
7	Alteración de Flora	Deterioro de la flora en los alrededores de la planta, ya sea por el inadecuado trato a los residuos o por tener que crear acceso para el transporte de materias primas y productos.
8	Alteración de Fauna	Efectos nocivos en las cadenas tróficas de la zona, debido a que algunas especies emigran u otras son gravemente afectadas al grado de extinción en la zona, por causa de la contaminación de sus fuentes de alimento
9	Paisaje	Debido a la construcción de la planta, al tipo de proceso productivo y de los canales de comunicación para el transporte de materias primas, el atractivo visual del entorno queda afectado de forma permanente.
10	Cambio de Uso del suelo	Terrenos que podrían haber sido utilizados para fines de reforestación, quedan siendo utilizados para bodegas o actividades propias del proceso en sí, que terminan afectando las propiedades del suelo.
11	Riesgo Salud de los Empleados	Debido a estar expuestos a emisiones constantes de gases, puede haber un deterioro en la salud de los empleados y afectar su sistema inmunológico o nervioso, así como desensibilización del olfato.
12	Riesgos Salud de la Población General	Deterioro de los sistemas inmunológicos de los pobladores, debido a la exposición indirecta de las emisiones de gases involucradas en el proceso.

Tabla 4.6. Descripción de impactos ambientales de la técnica de separación de componentes.

Nº	NOMBRE CLAVE	DESCRIPCIÓN
13	Favorecimiento de la Economía de la zona	Generación de fuentes de empleo, beneficiando la economía de la zona.
14	Generación de Empleo	Mejoramiento de la situación económica de los pobladores al darse la creación de nuevas plazas de trabajo.

4.2.3. Análisis sobre técnica de reciclaje químico por separación de componentes.

El reciclado químico se encuentra hoy en una etapa experimental avanzada. Es de suponer que en los próximos años pueda transformarse en una poderosa y moderna herramienta para tratar los residuos plásticos. El éxito dependerá del entendimiento que pueda establecerse entre todos los actores de la cadena: petroquímicas, transformadores, grandes usuarios, consumidores y municipios, a los fines de asegurar la unidad de reciclado y que la materia prima llegue a una planta de tratamiento.

La tabla 4.7 se presentan ventajas y desventajas para cada una de las técnicas de despolimerización térmica.

Tabla 4.7. Ventajas y desventajas de las técnicas de despolimerización

TÉCNICA DE DESPOLIMERIZACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PIROLISIS	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial uso de residuos para generar combustibles y energía eléctrica. • Disminución de la cantidad de residuos que van a relleno sanitario. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cenizas con potenciales características de residuo peligroso.
GASIFICACION	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de un gas combustible (syngas) y alcohol combustible (etanol), con los que se puede producir energía. • Disminuye la cantidad de residuos que va a relleno sanitario. 	<ul style="list-style-type: none"> • El gas producido debe ser tratado para remover los contaminantes antes de ser combustionado. • Proceso con un alto consumo de agua (unidades de enfriamiento)

Tabla 4.7. Ventajas y desventajas de las técnicas de despolimerización

TÉCNICA DE DESPOLIMERIZACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
		<ul style="list-style-type: none"> • Costos de Inversión Elevados
HIDROCRAQUEO	<ul style="list-style-type: none"> • Da lugar a la formación de productos altamente saturados que pueden usarse directamente como combustible o como materia prima en refinería. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rendimientos cercanos al 85 %.
CRAQUEO TERMICO	<ul style="list-style-type: none"> • El uso de hidrógeno a altas presiones y temperaturas resulta costoso y requiere medidas de seguridad especiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor nivel de conversión a productos de alto valor y demanda.

De todas las alternativas de valorización, teniendo en cuenta los impactos ambientales y los altos costos de inversión, quizá ninguna esté hecha tan a medida de los plásticos como el reciclado químico. Es muy probable que se transforme en la vía más apropiada de recuperación de los residuos plásticos, tanto domiciliarios como los provenientes del scrap (post-industrial), obteniéndose materia prima de calidad idéntica a la virgen. Esto contrasta con el reciclado mecánico, donde no siempre se puede asegurar una buena y constante calidad del producto final. El reciclado químico ofrece posibilidades que resuelven las limitaciones del reciclado mecánico, que necesita grandes cantidades de residuos plásticos limpios, separados y homogéneos para poder garantizar la calidad del producto final. Los residuos plásticos domiciliarios suelen estar compuestos por plásticos livianos, pequeños, fundamentalmente provenientes de los envases, pueden estar sucios y presentar sustancias alimenticias. Todo esto dificulta la calidad final del reciclado mecánico, ya que se obtiene un plástico más pobre comparado con la resina virgen. Por lo tanto, los productos hechos de plástico así reciclado se dirigen a mercados finales de precios bajos. Por el contrario, el reciclado químico supera estos inconvenientes, ya que no es necesaria la clasificación de los distintos tipos de resinas plásticas proveniente de los residuos. En este proceso pueden ser tratados en forma mixta, reduciendo costos de recolección y clasificación. Además, lleva a productos finales de alta calidad que sí garantizan un mercado. (15)

4.3. Reciclaje energético por aprovechamiento de poder calorífico de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados.

El poder calorífico es la cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación.

El proceso de aprovechamiento del poder calorífico de un material se da a través de su uso como un combustible de sustitución en los procesos industriales, tales como en las cementeras.

Entre los procedimientos actualmente utilizados en el reciclaje energético esta la técnica de la valorización energética y esta técnica es una forma de recuperar el calor sensible contenido en los gases de un material donde el rendimiento obtenido depende de la tecnología y del proceso de valorización.

La técnica de valorización puede considerarse en algunos casos como método de reciclaje independiente, es decir, que no forma parte del reciclaje mecánico ni del reciclaje químico.

Existen diversos métodos de valorización energética:

- **Pirolisis**

Método descrito anteriormente como tipo de despolimerización térmica, por otra parte, también puede considerarse como una valorización energética.

- **Combustión**

Consiste en la oxidación de los residuos plásticos a alta temperatura, generalmente para convertirlos en gas (normalmente dióxido de carbono y vapor de agua) y cenizas.

Es difícil lograr una combustión completa, por lo que en los procesos de combustión reales se suelen originar cantidades diversas de partículas sin quemar que contienen carbono, así como escorias y alquitranes que disminuyen su eficiencia energética y causan problemas medioambientales si no se eliminan adecuadamente.

A continuación se describe el método de combustión de la valorización energética para el aprovechamiento del poder calorífico de los empaques en estudio para la industria cementera.

4.3.1. Descripción del procedimiento de la técnica de reciclaje energético por aprovechamiento del poder calorífico.

Las etapas de la técnica del reciclaje energético se contiene las siguientes fases: recepción de materiales, control y revisión, pesaje, lavado, secado, trituración, combustión, mezclado. Como se describió en el apartado 4.1 la recepción de material, control y control y revisión, pesaje, lavado, secado conforman el proceso de tratamiento previo de los empaques en estudio.

Luego del tratamiento previo, los empaques pasan a la etapa de trituración donde se reduce su tamaño mediante máquinas de molienda, de forma que los trozos de material salen muy pequeños (3 mm por lado).

En la etapa de combustión o calcinado se utilizan hornos modernos que poseen un sistema de precalentamiento donde los gases calientes de la combustión van preparando la harina para su cocción hasta que alcanza la temperatura de cocción de harina o clinkerización de 1450 °C hasta 1800 °C donde se producen las reacciones que transforman los minerales en el horno o clinker de cemento. El combustible utilizado en el clinker para la transformación de los minerales son los empaques en estudio donde el aprovechamiento de su poder calorífico es el vapor generado para la combustión de las materias primas.

Posteriormente, en la etapa de sinterización, el empaque que no logra alcanzar su máxima conversión puede considerarse residuo de la etapa de combustión, es denominado escoria y es incorporado como materia prima para la elaboración de cemento.

En la figura 4.5 se detalla el proceso del aprovechamiento del poder calorífico a partir de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados.

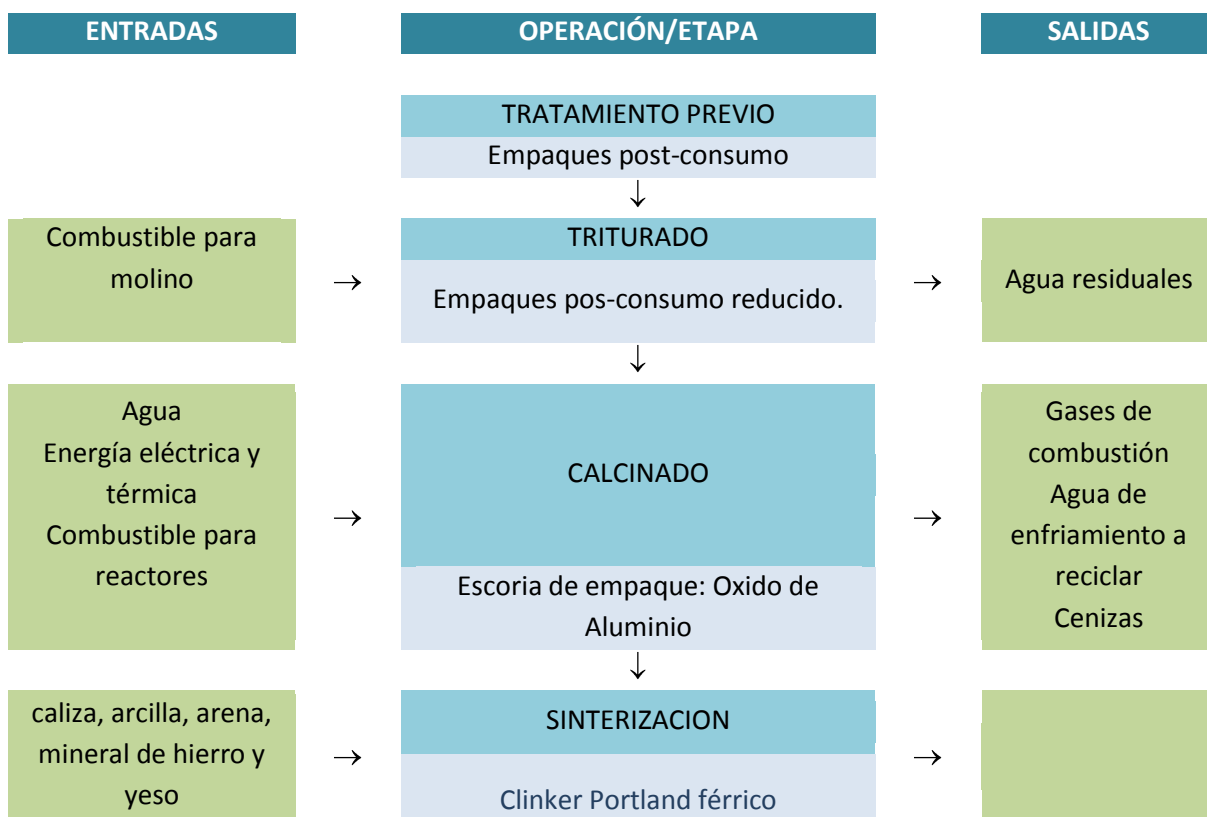


Figura 4.5 Proceso de aprovechamiento del poder calorífico.

Para cada una de las etapas que conforman la técnica de reciclaje energético se utiliza un equipo determinado. En la tabla 4.8 se detalla el tipo de maquinaria necesaria para aprovechar el poder calorífico de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.

Tabla 4.8. Maquinaria necesaria para el aprovechamiento de poder calorífico.


TIPO DE MAQUINARIA	FUNCIÓN
Molino	Picar las bolsas de plástico hasta un tamaño fácil de trabajar. Trozos de 3-5 mm por lado aproximadamente.
Bandas transportadoras	Recibir los empaques de polipropileno y polipropileno metalizado de forma más o menos continua y regular para conducirlos hacia cada una de las etapas del proceso de reciclaje: lavado, secado, molido, extruido.

En la tabla 4.9 se presentan alternativas de cotización de las lavadoras de plástico para la técnica de reciclaje energético.

Tabla 4.9 Cotización para molino para técnica de reciclaje energético. (2)

GENERALIDADES	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	COSTO UNITARIO
NOMBRE/MODELO/MARCA	FINEZA/CAPACIDAD/OBSERVACIONES	
<p>OPCIÓN A Nombre: MOLINO PLÁSTICO Modelo: SMP Marca: LONGREE</p> 	<p>Capacidad de alimentación: 500 kg/hr</p> <p>Fineza de muestra: 200micron (sobre 20-80mesh)</p> <p>Motor: 55 KW</p> <p>Diámetro del disco que muele: 500 mm</p> <p>Observaciones: Es ampliamente utilizada en las industrias del plástico/del mineral/químico/de metalurgia para moler, y especialmente para el gránulo del servicio repetido del plástico del PP y PE.</p>	<p>US\$ 10000</p> <p>Cantidad: 4</p>

Tabla 4.9 Cotización para molino para técnica de reciclaje energético. (2)

GENERALIDADES	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	COSTO UNITARIO
NOMBRE/MODELO/MARCA	FINEZA/CAPACIDAD/OBSERVACIONES	
<p>OPCIÓN B</p> <p>Nombre: TRITURADORA DE CAPACIDAD GRANDE, UNIDAD PLÁSTICAS DEL MOLINO</p> <p>Modelo: GSH800</p> <p>Marca: CHICHENG</p> 	<p>Capacidad de alimentación: 500kg/hr</p> <p>Fineza de muestra: 200micron (sobre 20-80mesh)</p> <p>Energía de calefacción: 50 HP</p> <p>Diámetro del disco que muele: 600 mm</p> <p>Observaciones: Utilizado para degradar material de grano PVC, HDPE, PP, PE en micras de material plástico.</p>	<p>US\$ 15000</p> <p>Cantidad 4</p>

En la tabla 4.9 se muestran las cotizaciones para el equipo de molino, ambas alternativas presentan las mismas características o especificaciones técnicas, sin embargo al comparar los precios de dichas maquinas, el molino de plástico presenta una ventaja económica USD 5,000 por cada maquinaria adquirida en ahorro con respecto a la trituradora de capacidad grande, unidad plástica de molino por lo que se decide tomar la opción A.

En la tabla 4.10 se presenta la cotización de las bandas transportadoras necesaria en la técnica de reciclaje energético.

Tabla 4.10 Cotización bandas transportadoras para técnica de reciclaje energético. (2)



NOMBRE	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	COSTO
<p>OPCIÓN A</p> <p>Banda transportadora de Chevron</p> 	<p>Anchura de la correa: 300mm-2200mm</p> <p>Altura del patrón: 5, 10, 15, 20, 25, 30 (mm)</p> <p>Echada del patrón: 125, 200, 250, 330, 400, 500 mm</p> <p>Nota: El patrón se puede diseñar según la exigencia de los consumidores.</p>	<p>US\$20000</p> <p>Cantidad 9</p>

Tabla 4.10 Cotización bandas transportadoras para técnica de reciclaje energético. (2)

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	COSTO
<p>OPCIÓN B Correa transportadora QD</p> 	<p>Número de modelo: LSeries-300 Material: De acero inoxidable Tipo: Vertical del transportador Capacidad de carga: Hasta 125 libras Cinco ángulos estándar disponibles: 30 °, 45 °, 60 °, 75 °, 90 ° Múltiples alturas cornamusa: disponibles Material de características: A prueba de calor Longitud: 36 pulgadas a 240 pulgadas anchura: 8 pulgadas y 24 pulgadas Perfil: 1.89 pulgadas de alto Polea Motriz: 1,31 pulgadas de diámetro</p>	<p>US\$ 10000 - \$30000</p> <p>Cantidad 9</p>

En este caso el número de bandas transportadoras a utilizar es el mismo para poder decidir cuál de ambas opción es la que conviene es necesario analizar la capacidad de carga de cada una de ellas. La opción que presentaría un menor costo es la opción B de la tabla 4.10.

En la figura 4.6 se detalla el diagrama de flujo de la técnica de reciclaje energético para el aprovechamiento del poder calorífico de los empaques de polipropileno y polipropileno metalizado para una cementera.

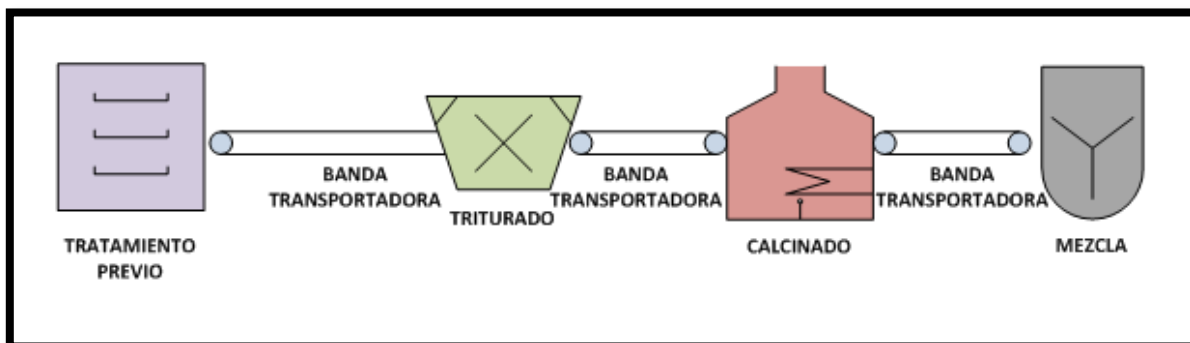


Figura 4.6 Diagrama de flujo de proceso técnica de reciclaje energético.

4.3.2. Evaluación de impactos ambientales técnica de reciclaje energético aprovechamiento de poder calorífico.

En la tabla 4.11 se presenta la descripción de las actividades que esta alternativa presenta al medio ambiente.

Tabla 4.11 Descripción de actividades de la técnica de aprovechamiento energético.

ACCION	DESCRIPCION
Recolección de empaques post-consumo	Se separan los empaques de los residuos domésticos y se acumulan hasta obtener volúmenes considerables para ser enviados a la planta de reciclado energético.
Recepción y descarga de empaques post-consumo	Una vez que los empaques en estudio post-consumo llegan a la planta de pirolisis son descargadas las redes que los contienen en el área de carga y descarga, para luego ser transportadas al área de almacenamiento.
Almacenamiento de empaques post-consumo	En el área de almacenamiento, los empaques post-consumo son mantenidos en un área en donde se evita el contacto de dichos con la humedad y otros agentes externos como el polvo.
Lavado y secado de empaques post-consumo	Desde el área de almacenamiento, los empaques post-consumo son transportados a través de bandas transportadoras al área de lavado y secado, en donde son removidas las impurezas y contaminantes que dichos contienen.
Picado de empaques post-consumo	Desde el área de lavado y secado, los empaques post-consumo son trasladados a través de bandas transportadoras hacia el área de picado, en donde el tamaño de los empaques es reducido a condiciones óptimas de combustión.
Combustión de empaques post-consumo	En esta etapa se da el aprovechamiento del poder calorífico de los empaques post-consumo generando vapor y cenizas que posteriormente son inyectados en el proceso de producción de cemento.

Elaboración: Propia

En la tabla 4.12 se presenta la descripción de los impactos ambientales que esta alternativa presenta al medio ambiente.

Tabla 4.12 Descripción de impactos ambientales del reciclaje energético.

Nº	NOMBRE CLAVE	DESCRIPCIÓN
1	Suelo Contaminación	Inutilización parcial o total del suelo, debido a los derrames accidentales de aceite o lubricante de la maquinaria utilizada en el proceso, lo cual cambia muchas de sus propiedades y puede terminar afectando a los organismo que viven en este (fauna y flora) así como arruinarlo por completo saturándolo de dichas sustancias.
2	Agua Subterránea	Debido a que en el proceso de lavado y de remoción de tintas se utilizan químicos para eliminar las impurezas y los contaminantes presentes en los empaques post-consumo se generan aguas residuales que de no tener un tratamiento adecuado podrían filtrarse hasta los mantos freáticos provocando desmejoramiento en la calidad del agua subterránea.
3	Agua Superficial	Debido a que en el proceso de lavado y de remoción de tintas se utilizan químicos para eliminar las impurezas y los contaminantes presentes en los empaques post-consumo se generan aguas residuales que de no tener un tratamiento adecuado antes de ser incorporados nuevamente al sistema de alcantarillados de aguas domiciliarias o directamente a los cuerpos receptores podrían disminuir la calidad del agua de dichos cuerpos.
4	Emisiones Gaseosas	En la etapa de combustión se generan gases de chimenea que en altas concentraciones son nocivos para el ser humano y el medio ambiente en general, sin embargo, estos gases de chimenea son inyectados en el proceso de elaboración de cemento para la generación de energía eléctrica.
5	Aire Olores	Emisión de olores por utilización de químicos en etapa de lavado y remoción de tintas.
6	Ruido	Generación de ruidos por parte de las maquinarias utilizadas para el proceso reducción de tamaño en el área de molinos, lo cual puede provocar problemas de

Tabla 4.12 Descripción de impactos ambientales del reciclaje energético.

Nº	NOMBRE CLAVE	DESCRIPCIÓN
		audición en los trabajadores.
7	Polvos	Durante el proceso de reducción de tamaño en el area de molienda de los empaques puede generarse escorias que pueden afectar al medio que lo rodea.
8	Alteración de Flora	Deterioro de la flora en los alrededores de la planta, ya sea por el inadecuado trato los residuos o por tener que crear acceso para el transporte de materias primas y productos.
9	Alteración de Fauna	Efectos nocivos en las cadenas tróficas de la zona, debido a que algunas especies emigran u otras son gravemente afectadas al grado de extinción en la zona, por causa de la contaminación de sus fuentes de alimento
10	Cambio de Uso del suelo	Terrenos que podrían haber sido utilizados para fines de reforestación, quedan siendo utilizados para bodegas o actividades propias del proceso en sí, que terminan afectando las propiedades del suelo.
11	Riesgo Salud de los Empleados	Debido a estar expuestos a emisiones de polvos, puede haber un deterioro en la salud de los empleados y afectar su sistema inmunológico, así como desensibilización del olfato.
12	Riesgos Salud de la Población General	Deterioro de los sistemas inmunológicos de los pobladores, debido a la exposición indirecta de las emisiones de gases involucradas en el proceso.
13	Generación de Empleo	Mejoramiento de la situación económica de los pobladores al darse la creación de nuevas plazas de trabajo para el personal que transporte el residuo de los empaques en estudio desde los centros de recolección a la planta procesadora.

Elaboración: Propia

4.3.3. Análisis sobre la técnica de reciclaje energético por el aprovechamiento del poder calorífico.

De acuerdo a lo planteado en la sección 4.3.2 la técnica de reciclaje energético por el aprovechamiento del poder calorífico influye positiva y negativamente en cada una de las áreas que conforman el medio ambiente que lo rodea.

El medio en que presenta mayor impacto negativo es el aire ambiental ya que la cantidad de emisiones en esta técnica se dan en su máxima concentración en forma de Bióxido de Carbono. Sin embargo los gases emitidos en el proceso de combustión dependerán de dos factores: el primero el nivel de conversión que tengan los reactivos en este caso los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado y el segundo, la cantidad de aire empleada al efectuarse la reacción de combustión. Si la combustión se lleva a cabo en forma completa los productos resultantes en dicha reacción serán bióxido de carbono, vapor de agua y cenizas, mientras que si la reacción se efectúa en forma incompleta se generará monóxido de carbono, vapor de agua y cenizas.

A pesar del impacto negativo que ejerce esta técnica en el aire ambiental la cantidad formada de bióxido de carbono (CO_2) durante la combustión del PP no es perceptiblemente diferente de la formada durante la combustión de cualquier combustible fósil, y además no se forma ningún otro gas de efecto invernadero. Por lo tanto, la sustitución de cualquier combustible convencional por el PP no aumenta la contribución al calentamiento global y preserva recursos energéticos naturales, por lo que se puede decir que su impacto es positivo ya que se disminuiría la utilización de otros combustibles fósiles y por ende las emisiones de gases de efecto invernadero.

Otro de los medios donde se presentan impactos negativos es en el medio agua, puesto que el estudio se enfoca en empaques post consumo existe la etapa de remoción de impurezas en la cual se utilizan químicos para la limpieza de los empaques que serán procesados en las etapas posteriores. La maquinaria utilizada en esta técnica conlleva un proceso de mantenimiento y limpieza, y este proceso involucra la utilización de agua para la remoción de residuos generados en el proceso de combustión y calcinación de los empaques. Los procesos de remoción de impurezas en las etapas mencionadas anteriormente generan aguas residuales, las cuales deben ser tratadas antes de ser incorporadas a los cuerpos receptores considerando la normativa de El Salvador sobre el mejoramiento de la calidad de aguas de residuales para sólidos sedimentables, demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales, aceites, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), grasas, entre otros.

La implementación de la medida desde el punto de vista socio-económico contribuye positivamente en la generación de nuevas fuentes de empleos y esto aunado potencia la economía local de la zona. Además es necesario recalcar que con la ejecución de esta técnica de reciclaje se podrá aprovechar de manera más eficiente el empaque en estudio, que actualmente es considerado como desperdicio en El Salvador, evitando que la cantidad de residuos sólidos urbanos generados aumente por este tipo residuo.

En manera general se puede establecer que la implementación de esta técnica de reciclaje conlleva impactos positivos y negativos en los diferentes medios presentados anteriormente, y al comparar estos impactos resulta que los impactos positivos son más significativos que los negativos, puesto que poseen una mayor ventaja ambiental y económica en los diferentes medios planteados. De este modo la técnica de reciclaje energética se considera un método factible de realizar desde el punto de vista social, ambiental y económico.

4.4. Reciclaje mecánico por elaboración de fibras sintéticas a partir de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados.

El PP es 100% reciclable, ya sea en la forma de scrap industrial (residuo plásticos de las industrias) o como en la forma de residuo post-consumo (65).

Esta técnica de reciclaje permite convertir los empaques de BOPP en gránulos o fibra sintética los cuales pueden ser posteriormente utilizados como materia prima en la fabricación de nuevos productos.

Mediante el reciclaje mecánico el plástico post-consumo (desechado) o el industrial (scrap) puede ser recuperado, lo que permite su posterior utilización, como materia prima para nuevos productos, o para el material innovador conocido como “madera plástica”

Las fibras son hebras largas y finas parecidas a cabellos que se emplean para fabricar tejidos. (7) Existen dos tipos de fibras en lo que se refiere a su longitud y a su distribución longitudinal: filamentos continuos (rayón, seda, nylon, orlón y vinyon) y hebras (algodón, lana y fibras sintéticas en hebra), las fibras artificiales en forma de hebras tienen longitudes uniformes y se cortan en filamentos de 6 a 20 cm. (31)

Se designan como fibras sintéticas aquellas que se obtienen por procesos químicos de polirreacción a partir de sustancias de bajo peso molecular por vía puramente sintética, es decir, in vitro, sin intervención de la Naturaleza. Estas fibras, junto con las llamadas fibras artificiales (o semisintéticas o regeneradas), que se obtienen por transformación química de productos naturales fibrosos, se engloban bajo la designación general de fibras químicas. (7)

Las fibras sintéticas pertenecen al grupo de las materias termoplásticas, cuyo desarrollo ha adquirido también gran importancia económica en otras ramas industriales, como en la fabricación de láminas, plantas, tubos, piezas técnicas, aglutinantes, pinturas, adhesivos, masas de moldeo, impregnaciones, aprestos, etc. (56)

Existen tres tipos de fibras sintéticas: las primeras proceden de una sustancia conocida como celulosa, que se encuentra en las plantas; la segunda procede principalmente del petróleo y la tercera se obtiene a partir de minerales. (7)

Los polímeros fibrilares sintéticos se pueden obtener por tres distintos tipos de polirreacción: polimerización, policondensación y poliadición. Por polimerización se obtienen las fibras acrílicas, olefínicas, del tetrafluoretileno, las de los derivados vinílicos y copolímeros. Por policondensación se obtienen las fibras de poliéster y de poliamida, y por poliadición las fibras de polioximetileno, polioxietileno y poliuretano. De todas estas fibras, las de mayor importancia técnico-textil son las acrílicas, poliamídicas y de poliéster.

4.4.1. Descripción del procedimiento de la técnica de reciclaje mecánico por elaboración de fibra.

Las etapas de la técnica de reciclaje mecánico se detallan a continuación: recepción de materiales, control y revisión, pesaje, lavado, secado, trituración, extrusión, enfriamiento, empaque y embalaje, pesaje y distribución. Como se describió en el apartado 4.1 la recepción de material, control y control y revisión, pesaje, lavado, secado conforman el proceso de tratamiento previo de los empaques en estudio.

Una vez limpios los empaques deben someterse al proceso de trituración mediante máquinas de molienda, de forma que los trozos de material salen muy pequeños (3 mm por lado), en forma de bolitas o incluso a veces en forma de polvo.

Los empaques triturados alimentan una máquina de extrusión que proporciona calor y presión para que la masa de plástico se funda. Inmediatamente el material fundido es forzado a través de minúsculos orificios, formando las fibras.

Para eliminar tensiones internas de las fibras, producidas durante la fabricación o moldeo, se efectúa una termo fijación, que consiste en someter los hilos en seco o en húmedo, de uno a tres minutos, a la acción del calor; con esto se escinden los enlaces intermoleculares en tensión, adquiriendo las moléculas por deslizamiento una posición normal, relajada, adaptada a la nueva forma.

A causa de la polimolecularidad de estos productos, las fibras sintéticas no presentan un punto de fusión definido, sino una zona de fusión más o menos amplia, que depende de

mayor o menor uniformidad (curva de reparto) de los polímeros homólogos constituyentes.

Una vez obtenidas las fibras, estas son pasadas por agua para lograr enfriarlas y que conserven su forma actual y finalmente son dirigidas hacia un secador para eliminar humedad.

En la figura 4.7 se detalla el proceso de elaboración de fibra sintética a partir de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados.

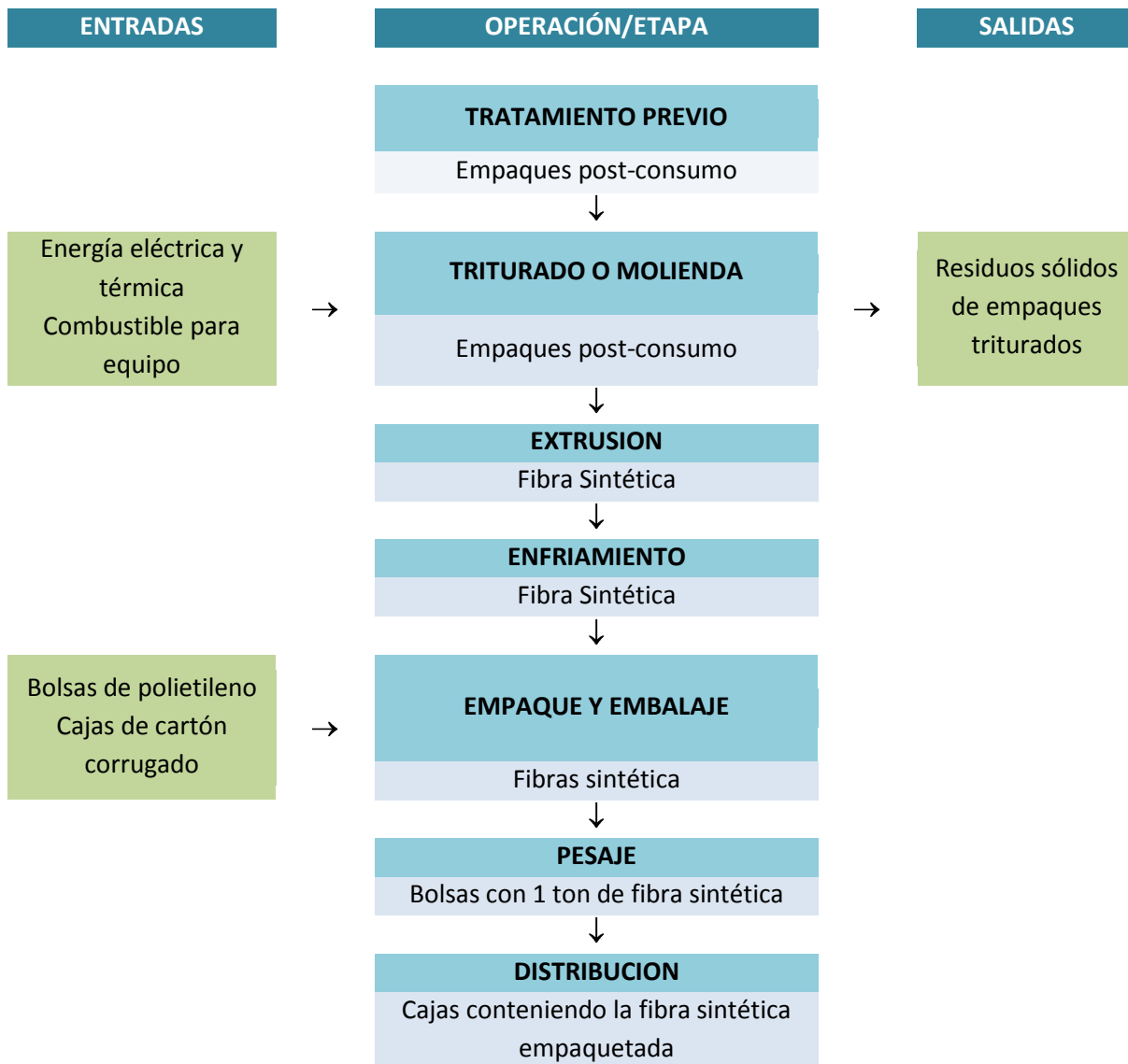


Figura 4.7 Proceso de elaboración de fibra sintética.

Para cada una de las etapas que conforman la técnica de reciclaje mecánico se utiliza un equipo determinado. A continuación en la tabla 4.13 se detalla el tipo de maquinaria necesaria para elaborar fibra sintética a partir de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.

Tabla 4.13 Maquinaria necesaria para elaborar fibra sintética.

TIPO DE MAQUINARIA	FUNCIÓN
Máquina lavadora	Eliminar las impurezas y contaminantes que contienen los empaques a ser tratados.
Secador	Eliminar el remanente de humedad de los empaques.
Molino	Picar las bolsas de plástico hasta un tamaño fácil de trabajar. Trozos de 3-5 mm por lado aproximadamente.
Extrusor	Homogeneizar mediante calor el plástico picado, formando una masa.
Bandas transportadoras	Recibir los empaques de polipropileno y polipropileno metalizado de forma más o menos continua y regular para conducirlos hacia cada una de las etapas del proceso de reciclaje: lavado, secado, molido, extruido.
Sistema de enfriamiento	Enfriar las fibras para que se compacten y endurezcan.

En la tabla 4.14 se detalla la cotización de la extrusora necesaria para la técnica de elaboración de fibras.

Tabla 4.14 Cotización para extrusoras para elaboración de fibras (2)



NOMBRE	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	COSTO
<p><u>OPCIÓN A</u> Extrusora de plástico SJ 150/30F</p> 	<p>Potencia: 260kw velocidad de rotación del tornillo 70-80rpm Capacidad: 450-700Kg/h Procesado de plástico: PP, PE, PS, ABS, otros Tornillo: solo tornillo Diseño del tornillo: Monohusillo L / D: 30:1</p>	<p>US\$ 7500.00 Cantidad 3</p>

Tabla 4.14 Cotización para extrusoras para elaboración de fibras (2)

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	COSTO
<p><u>OPCIÓN B</u> Extrusora de plástico SJ 120/30</p> 	<p>Potencia: 185kw velocidad de rotación del tornillo - rpm Capacidad: 300-500Kg/h Procesado de plástico: PP, PE, PS, ABS, otros Tornillo: solo tornillo Diseño del tornillo: Monohusillo L / D: 30:1</p>	<p>US\$ 6900.00</p> <p>Cantidad 4</p>

Algunas de las características de los equipos presentados en la tabla 4.7 son diferentes entre sí mientras otras como tipo de tornillo, diseño de tornillo y la relación L/D son las mismas. Sin embargo, al realizarse una comparación entre los costos que implicaría la adquisición de dichas resulta conveniente invertir en la opción A, ya que a pesar de que la extrusora de dicha alternativa presenta un mayor precio de venta respecto a la opción B la cantidad a adquirir de máquinas es menor gracias a su mayor capacidad de producción.

En la tabla 4.15 se presenta la cotización de los tanques de agua para enfriamiento necesarios en elaboración de fibras.

Tabla 4.15 Cotización bandas transportadoras para elaboración de fibras (2)


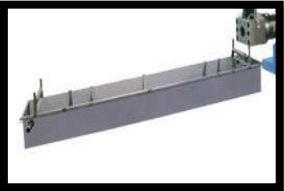
NOMBRE	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	COSTO
<p><u>OPCIÓN A</u> Tanque de enfriamiento</p> 	<p>Dimensión (milímetros) 12000X1500X1800</p>	<p>US\$ 700</p> <p>Cantidad 3</p>

Tabla 4.15 Cotización bandas transportadoras para elaboración de fibras (2)

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	COSTO
<p>OPCIÓN B</p> <p>Tanque de enfriamiento SJ90</p> 	<p>Dimensión (milímetros) 12000X1500X1800</p>	<p>US\$ 1000</p> <p>Cantidad 3</p>

Teniendo en cuenta que se ha optado por adquirir tres máquinas extrusora, en consecuencias la cantidad de tanques de enfriamiento debe ser igual. Los tanques presentados en ambas opciones en la tabla 4.15 presentan las mismas dimensiones, sin embargo la cantidad a invertir en la opción A es menor a la de la opción B.

En la figura 4.8 se detalla el diagrama de flujo de la técnica de reciclaje mecánico para elaboración de fibras a partir de los empaques de polipropileno y polipropileno metalizado.

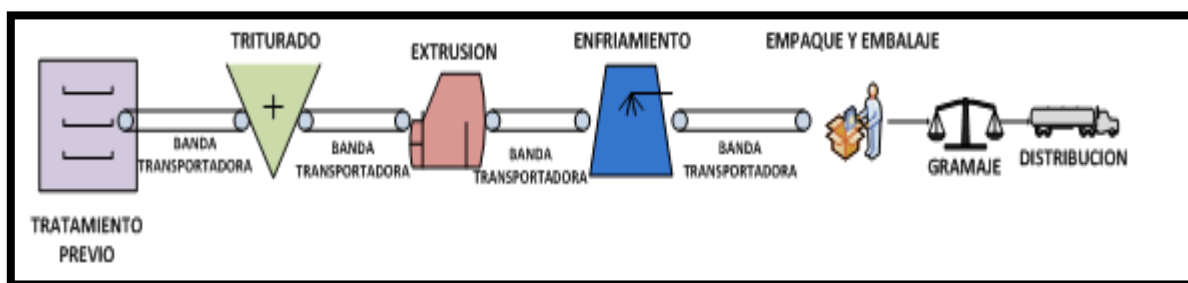


Figura 4.8 Diagrama de flujo de proceso técnica de reciclaje mecánico.

4.4.2. Evaluación de impactos ambientales técnica de reciclaje mecánico por elaboración de fibra sintética.

Como se ha observado en las dos técnicas anteriores, reciclaje químico por separación de componentes y reciclaje energético por aprovechamiento del poder calorífico, con la implementación de cada proyecto se genera un efecto positivo o negativo sobre el medioambiente, los seres humanos y la biodiversidad. A continuación en la tabla 4.15 se describen cada una de las actividades que están vinculadas a la técnica de reciclaje mecánico.

Tabla 4.16 Descripción de actividades de la técnica de elaboración de fibra sintética.

ACCION	DESCRIPCION
Recolección de empaques post-consumo	Se separan los empaques de los residuos domésticos y se acumulan hasta obtener volúmenes considerables para ser enviados a la planta de reciclado mecánico.
Recepción y descarga de empaques post-consumo	Una vez que los empaques en estudio post-consumo llegan a la planta de pirolisis son descargadas las redes que los contienen en el área de carga y descarga, para luego ser transportadas al área de almacenamiento.
Almacenamiento de empaques post-consumo	En el área de almacenamiento, los empaques post-consumo son mantenidos en un área en donde se evita el contacto de dichos con la humedad y otros agentes externos como el polvo.
Lavado y secado de empaques post-consumo	Desde el área de almacenamiento, los empaques post-consumo son transportados a través de bandas transportadoras al área de lavado y secado, en donde son removidas las impurezas y contaminantes que dichos contienen.
Picado de empaques post-consumo	Desde el área de lavado y secado, los empaques post-consumo son trasladados a través de bandas transportadoras hacia el área de picado, en donde el tamaño de los empaques es reducido.
Extrusión de empaques post-consumo	Los empaques picados ingresan al extrusor n donde reciben calor obteniendo como resultado una masa homogenizada de polipropileno y aluminio la cual es comprimida a través de una placa que contiene pequeños orificios produciéndose las fibras.
Enfriamiento de fibras	Las fibra pasan por agua para enfriarlas y que conserven así su forma actual. Finalmente son dirigidas hacia un secador para eliminar humedad.
Venta y distribución de fibras	Las fibras son vendidas para ser incorporados en los diferentes procesos productivos.

Elaboración: Propia

En la tabla 4.17 se presenta la descripción de los impactos ambientales que la alternativa de reciclaje mecánico presenta al medio ambiente.

Tabla 4.17 Descripción de impactos ambientales de la elaboración de fibras sintéticas.

Nº	NOMBRE CLAVE	DESCRIPCIÓN
1	Suelo Contaminación	Inutilización parcial o total del suelo, debido a los derrames accidentales de aceite o lubricante de la maquinaria utilizada en el proceso, lo cual cambia muchas de sus propiedades y puede terminar afectando a los organismo que viven en este (fauna y flora) así como arruinarlo por completo saturándolo de dichas sustancias.
2	Calidad de Agua Subterránea	Debido a que en el proceso de lavado y de remoción de tintas se utilizan químicos para eliminar las impurezas y los contaminantes presentes en los empaques post-consumo se generan aguas residuales que de no tener un tratamiento adecuado podrían filtrarse hasta los mantos freáticos provocando desmejoramiento en la calidad del agua subterránea.
3	Agua Calidad de Agua Superficial	Debido a que en el proceso de lavado y de remoción de tintas se utilizan químicos para eliminar las impurezas y los contaminantes presentes en los empaques post-consumo se generan aguas residuales que de no tener un tratamiento adecuado antes de ser incorporados nuevamente al sistema de alcantarillados de aguas domiciliarias o directamente a los cuerpos receptores podrían disminuir la calidad del agua de dichos cuerpos.
4	Emisiones Gaseosas	En la etapa de fundición se generan gases que en altas concentraciones son nocivos para el ser humano y el medio ambiente en general.
5	Olores	Emisión de olores por utilización de químicos en etapa de lavado.
6	Aire Ruido	Generación de ruidos por parte de las maquinarias utilizadas para el proceso reducción de tamaño en el área de molinos, lo cual puede provocar problemas de audición en los trabajadores.

Tabla 4.17 Descripción de impactos ambientales de la elaboración de fibras sintéticas.

Nº	NOMBRE CLAVE	DESCRIPCIÓN
7	Polvos	Durante el proceso de reducción de tamaño en el area de molienda de los empaques puede generarse escorias que pueden afectar al medio que lo rodea.
8	Alteración de Flora	Deterioro de la flora en los alrededores de la planta, ya sea por el inadecuado trato los residuos o por tener que crear acceso para el transporte de materias primas y productos.
9	Alteración de Fauna	Efectos nocivos en las cadenas tróficas de la zona, debido a que algunas especies emigran u otras son gravemente afectadas al grado de extinción en la zona, por causa de la contaminación de sus fuentes de alimento
10	Riesgo Salud de los Empleados	Debido a estar expuestos a emisiones de polvos, puede haber un deterioro en la salud de los empleados y afectar su sistema inmunológico, así como desensibilización del olfato.
11	Riesgos Salud de la Población General	Deterioro de los sistemas inmunológicos de los pobladores, debido a la exposición indirecta de las emisiones de gases involucradas en el proceso.
12	Generación de Empleo	Mejoramiento de la situación económica de los pobladores al darse la creación de nuevas plazas de trabajo.
13	Favorecimiento de la Economía de la zona	Generación de fuentes de empleo, beneficiando la economía de la zona.

Elaboración: Propia

4.4.3. Análisis sobre técnica de reciclaje mecánico por elaboración de fibra.

De acuerdo a lo presentado en la sección 4.4.2. la técnica de reciclado mecánico por elaboración de fibras sintéticas presenta mayor impacto ambiental negativo en el medio agua ya que, por tratarse de empaques post consumo existe una etapa de limpieza en la cual se utilizan químicos para la remoción de impurezas y agentes contaminantes. Además el mantenimiento y limpieza de la maquinaria implica la utilización de agua para la remoción de residuos generados en el proceso de extrusión. Por ello es importante que las aguas residuales que se generen en la planta sean tratadas antes de ser incorporadas a los cuerpos receptores tomando en cuenta indicadores como demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, entre otros.

En el medio aire ambiental también se genera impactos negativos, ya que, en la etapa de extrusión al fundirse los empaque se producen gases como el bióxido de carbono así como otros que se desprenden de las tintas que dichos contienen.

Finalmente es importante destacar que la implementación de dicha técnica de reciclaje mecánico genera impactos positivos como la creación de fuentes de empleo y consecuentemente el crecimiento en la economía de la zona. Por otro lado con la implementación de esta medida de reciclaje se logrará recuperar valiosa materia prima que actualmente es considerada un desperdicio, la cantidad de residuos sólidos en El Salvador disminuirá.

Al comparar los impactos positivos y negativos que presentará la implementación de la técnica de reciclaje mecánico por elaboración de fibras sintéticas se puede afirmar que el proyecto puede ser ejecutado en El Salvador, ya que si bien presenta impactos ambientales negativos estos pueden ser regulados y contrarrestados por la ventaja que presentan los impactos ambientales positivos de la técnica.



CAPITULO V

5. PROPUESTA DE ALTERNATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO Y/O RECICLAJE

En esta sección se detallan las alternativas de gestión para el reciclaje y reutilización de los empaques en estudio.

5.1. Etapa previa

A continuación se realiza una descripción de las etapas para la propuesta de alternativa para el aprovechamiento y/o reciclaje:

5.1.1. Centro de Acopio

Lugar donde se almacenarán, limpios y clasificados, los empaques de polipropileno y polipropileno metalizado post consumo para utilizarlos como combustible para la caldera de una planta cementera. La localización del centro de acopio dependerá del tipo de tratamiento que se le dará a los empaques, por ejemplo, si su función será únicamente almacenar los empaques para posteriormente transportarlos a la planta donde serán procesados, puede ubicarse en zonas habitacionales.

En la tabla 5.1 se muestra la clasificación de los centros de acopio según su origen:

Tabla 5.1 Clasificación de los centros de acopio según origen

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN SEGÚN ORIGEN
a)	Centros de acopio que surgen desde una institución pública municipal, estatal o federal.
b)	Centros de acopio que surgen por iniciativa de alguna asociación civil o grupo ecologista, pero que trabajan en estrecha relación con la autoridad municipal.
c)	Proyectos que surgen por iniciativa de alguna asociación civil u organización social y que no han establecido una coordinación con la autoridad municipal.
d)	Proyectos que surgen desde una institución educativa y encuentran fácil vinculación con las empresas, manteniendo relativa autonomía de las autoridades.
e)	Proyectos que surgen por iniciativa de alguna asociación y que tienen establecidos convenios con otras asociaciones o empresas.

Fuente: (Medina Delgado)

Se consideró que un centro de acopio que surge por iniciativa de alguna asociación civil, organización no gubernamental o grupo ecologista, pero que trabajan en estrecha

relación con la autoridad municipal es la mejor opción para ser implementada ya que la responsabilidad no recae directamente en las autoridades municipales pero se contaría con su apoyo para facilitar etapas como la recolección y la creación de un plan de incentivos.

5.1.2. Bases legales de operación

Se deben tramitar los permisos correspondientes con el MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos naturales) para el manejo de residuo sólidos

Debido a las implicaciones fiscales que presenta una operación de compra-venta, es necesario garantizar que el plan de utilización productiva de los residuos sólidos domiciliarios respete a la normatividad administrativa, fiscal y legal existente.

Una de las condiciones básicas para el funcionamiento del plan, es la de efectuar las operaciones de compra-venta entre particulares y para ello es necesario que la forma de organización de los participantes, esté facultada de acuerdo a su acta constitutiva ante notario público para la realización de actos de tipo comercial.

Esto significa que las administraciones de los centros de acopio deberán expedir factura a las industrias compradoras, para documentar la venta de los subproductos.

5.1.3. Ubicación

Lo ideal en etapas posteriores sería ubicar varios centros de éste tipo conforme a ciertas rutas diseñadas para aumentar la eficiencia de los vehículos recolectores, ya que la generación de subproductos, está íntimamente relacionada con la serie de actividades de una ciudad; la recuperación debe organizarse en forma de una red de aprovechamiento.

A nivel general, lo más recomendable para el transporte de los empaques del centro de acopio a las industrias, es negociar con éstas para que envíen sus propios vehículos a recolectar los residuos, mismos que serían cargados por el personal del centro de acopio.

En etapas más avanzadas, lo más conveniente para pequeñas zonas habitacionales será tener un centro de acopio general, o sea, una especie de gran bodega que agrupe varios centros de menor tamaño. (40)

5.1.4. Equipamiento

La cantidad de material y equipo son proporcionales al tamaño de los centros de acopio.

El equipamiento de se seleccionó considerando una operación manual de los procesos de reducción de volumen de los empaques de plástico y con el objeto de disminuir los costos de almacenamiento. La operación del centro se puede realizar con los siguientes elementos:

- Equipo para pesar: báscula de piso de 500 kg y de mesa de 10 kg.
- Material de apoyo: escobas, recogedores (palas)
- Mobiliario de oficina: escritorio y sillas

5.1.5. Personal

Las necesidades de personal se derivan igualmente de la cantidad de viviendas involucradas y de los tiempos requeridos para manejar los empaques desde la recolección y el transporte a los centros de acopio, hasta la carga de los mismos en los vehículos que los trasladarán a las industrias. Se ha considerado que en todos los casos, deberá haber un administrador, responsable del centro. Por tratarse de un centro de acopio que trabajan en estrecha relación con la autoridad municipal, el personal requerido para la etapa de recolección sería el mismo que se utiliza para el manejo de residuos municipales.

5.1.6. Forma de almacenaje

Los empaques se almacenaran en paquetes de 500 kg y se estibarán uno sobre el otro, hasta alcanzar una altura prudencial que no cause derrumbes.

5.2. Recuperación energética

La recuperación energética consiste en aprovechar la energía térmica que se produce cuando los combustibles se transforman en gases y residuos durante la combustión. La energía se recupera mediante el uso de intercambiadores de calor que extraen la energía de los gases calientes de la combustión.

Los residuos plásticos son hidrocarburos derivados del petróleo o del gas natural, pueden ser utilizados como combustibles alternativos en la industria del cemento para la generación de energía eléctrica y/o calor, reemplazando así combustibles tradicionales. Esta utilización destaca no sólo la recuperación de electricidad y calor sino que las emisiones al aire se mantienen más bajas que las obtenidas utilizando combustibles fósiles. Las cenizas resultantes pueden ser mezcladas con cemento para la industria de la construcción.

Un estudio llevado a cabo por APME (Association of Plastics Manufacturers in Europe) en 1994 y titulado "Recuperación energética" ha demostrado que mientras más altas

proporciones de plásticos se tenga en un proceso de incineración, menor será la emisión de monóxido de carbono, se reducirá la concentración de dióxido de azufre y no habrá incremento en la producción de dioxinas o furanos, debido al alto poder calórico de los plásticos se logra una combustión estable y fuerte.(47)

Cualquier envase que contenga más del 50% en peso de materiales orgánicos dará una ganancia calórica. Y los plásticos en su conjunto están incluidos en esta categoría. En la tabla 5.2 se presentan los valores de referencia de ganancia calórica:

Tabla 5.2. Datos energéticos del polipropileno. (47)

Material	Energía liberada durante la combustión. (MJ/Kg)	Energía requerida por los residuos de combustión	Ganancia calórica
PP	44	20	24

La valorización energética de plásticos, desde la perspectiva de la recuperación de la energía utilizando el método del aprovechamiento del poder calorífico resulta ser una idea interesante, ya que en el caso de los materiales plásticos poseen un elevado poder calorífico y al ser comparado con combustibles fósiles tales como el carbón, fuelóleo y gas licuado del petróleo (LPG) poseen energías similares. En la figura 5.1 se muestra la comparación del poder calorífico de materiales plásticos con diferentes materiales que poseen altos poderes caloríficos que usualmente se utilizan como combustibles.

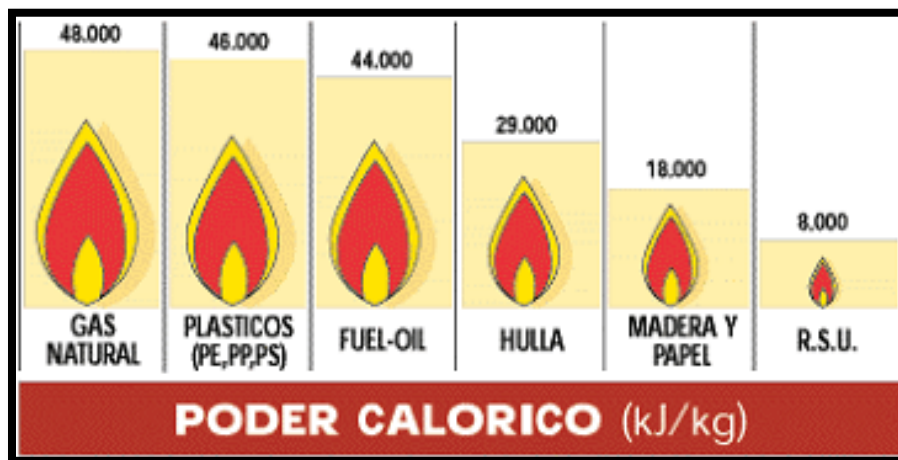


Figura 5.1 Poder Calorífico de diversos materiales (17).

Según la figura 5.1 el PP contiene energía (44,000 kJ/Kg), comparable con los combustibles fósiles tales como el gas natural (48,000 kJ/Kg), el Fuelóleo (44,060 - 44,460) y el LPG (49,510) poseen valores similares de combustión, los residuos de los empaques en estudio

pueden ser potenciales sustitutos de fuelóleo puesto que la cantidad de energía aprovechada el proceso de combustión es bastante cercana.

Relacionando el poder calorífico del fuelóleo con respecto al poder calorífico de los empaques en estudio, se puede estimar la cantidad de ahorrada de combustible fósil al sustituirlos por empaques para la fabricación de cemento. En la ecuación 5.1 se presenta el cálculo de la cantidad de fuelóleo ahorrado.

$$\text{Fuel Oil ahorrado} = \frac{PC \text{ polipropileno}}{PC \text{ fuel oil}} * \text{Cantidad de empaques PP desechado}$$

Ecuación 5.1

$$\text{Fuel Oil ahorrado} = \frac{44,000 \text{ kJ/Kg}}{44,460 \text{ kJ/Kg}} * 4,483,270.0 \text{ kg/año}$$

$$\text{Fuel Oil ahorrado} = 4,436,884.39 \text{ kg/año}$$

Considerando la cantidad de combustible fósil ahorrado se puede valorar la cantidad de CO₂ que se deja de emitir al medio ambiente al sustituir el combustible por los empaques en estudio. La ecuación 5.2 muestra el cálculo de cantidad de CO₂ no emitida al medio ambiente.

$$\text{CO}_2 \text{ no emitido al ambiente} = \frac{\text{Fuel Oil Ahorrado}}{\rho \text{ fuel oil}^1} * \text{factor de Emision}^2$$

Ecuación 5.2

$$\text{CO}_2 \text{ no emitido al ambiente} = \frac{4,436,884.39 \text{ kg/año}}{0,9998 \text{ kg/L}} * 3.03 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{L}}$$

$$\text{CO}_2 \text{ no emitido al ambiente} = 13,443,759.70 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{año}}$$

En general, los residuos de PP constituyen una excelente alternativa para ser usados como combustible para producir energía eléctrica y calor. Sin embargo la combustión debe estar sujeta a fuertes controles medioambientales, para neutralizar los residuos sólidos y los efluentes gaseosos.

Dado que en todo proceso de producción existen subproductos derivados de alguna actividad industrial, si el subproducto no puede ser utilizado es denominado residuo y si el subproducto se logra transformar en otro bien productivo se llama residuo. En el proceso

¹ Tomado: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar30/HTML/articulo04.htm>

² Valor calórfico y emisiones de Carbón (Fuente: Carbon Trust)

de recuperación energética la cantidad de energía aprovechada en forma de combustible coexiste con los subproductos derivados de dicho aprovechamiento, estos subproductos son el resultado de la ineficiencia productiva al no alcanzar el total de la conversión de los reactantes. En esta sección se detalla el impacto que poseen los subproductos en la técnica de recuperación energética que repercuten al medio aire y agua.

En el aprovechamiento del poder calorífico, la incineración de los empaques que ocurre en los hornos de las cementeras son liberadas emisiones de metales pesados, dioxinas, furanos y cenizas, a pesar que en este proceso se alcanzan temperaturas hasta de 1800 °C, largo tiempos de residencia y al mismo tiempo se destruyen todos los compuestos orgánicos.

Una de las principales preocupaciones de la combustión en las cementeras son las emisiones liberadas al aire, es por esta razón que las plantas de combustión deben cumplir con estrictas guías o estándares que incluyan límites seguros de emisiones con el fin de contrarrestar peligros hacia la salud y preservar el medio ambiente.

La tabla 5.3 presenta los límites de emisión de gases que establece CONACYT para la producción de cemento según la Norma Salvadoreña (20).

Tabla 5.3 Límites máximos permisibles en la elaboración de cemento (20).

CONTAMIANTE	FORMULA QUIMICA	UNIDAD	ACTIVIDADES	
			En funcionamiento	Nuevas
Dióxido de azufre	SO ₂	mg/Nm ³	Reportar	400
Dióxido de Carbono	CO ₂	%	Reportar	Reportar
Monóxido de Carbono	CO	%	Reportar	Reportar
Óxidos de Nitrógeno	NO _x	mg/Nm ³	1800	600
Partículas totales suspendidas	PTS	mg/Nm ³	150	50

Las emisiones generadas de CO₂ en la combustión de empaque de PP son estimadas en base al contenido de carbón del material incinerado, puesto que el contenido de carbón contribuye a emisiones tales como CO₂, CO, compuestos orgánicos y carbono en partículas. En la tabla 5.4 se presenta el contenido de carbono en el PP y la formación de CO₂ correspondiente.

Tabla 5.4. Contenido de carbono y emisiones de CO2 por kg de PP (65).

RESIDUO	CARBONO FOSIL (KG)	CARBONO BIOLÓGICO (KG)	EMISIONES DE CO2 (KG)
PP	0.885	0	3.138

Los productos principales de la combustión del PP, contiene solamente carbón, hidrógeno y oxígeno, del bióxido del carbono y agua. Sin embargo, cuando se queman a una atmósfera que contiene aire escaso, se forman cantidades significativas de monóxido de carbono (un gas tóxico). Es importante comentar que el monóxido de carbono puede ser formado siempre que una sustancia que contiene el carbón se queme bajo condiciones inadecuadas de combustión, no es específico a la combustión de plásticos o del PP. En la tabla 5.5 se presentan el total de emisiones al aire al incinerar 1 kg de PP.

Tabla 5.5 Emisiones al aire por 1 kg. de PP incinerado

COMPUESTO	CANTIDAD (G)	COMPUESTO	CANTIDAD (G)
CxHy halogenados	3.21 E -6	CO ₂	2,600
COV	0.104	CO	0.229

Fuente: Base de datos SimaPro 5.1, Registro: PRé Consultants, Amersfoort, the Netherlands, RS

Según la tabla 5.5 se muestra que el empaque de PP posee una combustión limpia puesto que dicho empaque está formado por cadenas de C, H, O y debido a su alto poder calorífico puede utilizarse eficazmente como sustituto de los combustibles fósiles en la producción de energía.

Por otro lado el PP no contiene halógenos, por lo tanto la formación de dioxinas no es químicamente posible. Ni nitrógeno ni azufre están presentes en PP, por tanto la combustión no genera SO₂, ni NO_x, (es este último caso, solamente las cantidades formadas normalmente del nitrógeno atmosférico en cualquier proceso de la combustión). Por lo tanto, la combustión del PP para la recuperación de energía no contribuye a las lluvias ácidas, al contrario, tiene un efecto beneficioso, dado que la mayoría de los combustibles tradicionales contienen leves, pero significativas, cantidades de azufre y generan la SO₂ durante la combustión.

Para el caso, los metales pesados normalmente ingresan en el sistema con la materia prima o con los combustibles. Durante el proceso de fabricación de cemento, los metales pesados quedan pegados al clínker, o si son volátiles, se liberan a través de emisiones aéreas. El contenido de metales pesados de los residuos plásticos mixtos es menor que el del carbón.

Los empaques en estudio contiene aluminio, el aluminio al ser incinerado es utilizado como catalizadores para hornos de cemento. La mezcla de polímeros y aluminio sirve a los hornos como una alternativa de combustible, generalmente reemplazando al carbón. El proceso de generación de energía deja al aluminio oxidado. El óxido del aluminio (bauxita virgen) es también el resultado de calentar la bauxita, un componente necesario en la fabricación de cemento. Sin embargo con la formación del oxido del aluminio también se genera CO₂.

La tabla 5.6 presenta el factor de emisión de CO₂ del aluminio.

Tabla 5.6 Factores de emisión. (33)

RESINA/MATERIAL	FACTOR DE EMISIÓN (KgCO ₂ e/Kg)
Aluminio	23.447

Además de los elementos antes mencionados, otros materiales son parte del empaque laminado de polipropileno y polipropileno metalizado y contribuyen a las emisiones gaseosas. La tabla 5.7 muestra los factores de emisión para dichos materiales que componen al empaque en estudio.

Tabla 5.7 Factor de emisión de otros productos. (33)

CATEGORÍA	FACTOR DE EMISIÓN (KgCO ₂ e/Kg)
Adhesivos	1.477
Tintas	0.200

Para el cálculo del valor de CO₂ emitido en la transformación de los empaques en estudio se empleará la siguiente ecuación:

$$Emisiones\ por\ resina = Cantidad\ de\ resina \left(\frac{Kg}{Año} \right) \times Factor\ de\ emisión \left(\frac{Kg\ CO_2e}{Kg} \right)$$

Ecuación 5.3

La tabla 5.8 muestra una aproximación de los kg de bióxido de carbono que se generarían anualmente al convertir 4,483,270.0 kg de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado al utilizar la técnica de reciclaje energético.

Tabla 5.8 Emisiones de CO₂ al año

MATERIAL	FACTOR DE EMISIÓN (KgCO ₂ e/Kg)
Polipropileno	9,183,604.99
Aluminio	21,899,839.94

Tabla 5.8 Emisiones de CO₂ al año

MATERIAL	FACTOR DE EMISIÓN (KgCO₂e/Kg)
Tintas	119,553.87
Adhesivo	36,787.72
TOTAL	31,239,786.51

Cuando se usan residuos plásticos mixtos como combustible en cementeras las emisiones de metales pesados no son afectadas, quedando en niveles bajos casi no detectables. El nivel de metales pesados en los clinker está por debajo de los niveles permitidos por las guías específicas de procedimientos. Las cenizas generadas por los combustibles son incorporadas al clinker y quedan incorporadas en el producto final. Por ello, no hay problemas de disposición de cenizas o de escorias.

El elevado poder calorífico de los residuos plásticos de PP hace que éstos sean un eficiente sustituto de combustibles tradicionales como el gas, petróleo o carbón, para la industria siderúrgica, la generación de energía eléctrica o producción de cemento. (De hecho, en el caso de Europa tienen la potencial capacidad de ahorrar 3,8 millones de toneladas de carbón por año.) El impacto ambiental es mínimo, sin creación de residuos sólidos ni cenizas, y sin incrementar las emisiones al aire. Los estudios realizados por APME en BCUBündner Cement Untervaz (Suiza) demostraron que usar Residuos Plásticos Mixtos no produjo mayores emisiones de dioxinas y furanos. Asimismo, las emisiones de metales pesados fueron insignificantes, así como los niveles de polvo.

En el caso de las emisiones al agua por incineración de PP sólo provienen de plantas donde existen efluentes líquidos de sistemas de limpieza de los residuos. El agua residual por tanto debe ser incorporada a una planta de tratamiento de aguas. En la tabla 6.2 se muestran las emisiones al agua que pueden generarse por incineración de 1 kg. PP.

Tabla 5.9 Emisiones al agua por 1 kg de PP incinerado

COMPUESTO	CANTIDAD	UNIDAD
DBO	0.0000152	g/ ml
DQO	0.000475	g/ml
Sustancias suspendidas	0.0120	g
COT	0.1089	g

Fuente: Base de datos SimaPro 5.1, Registro: PRé Consultants, Amersfoort, the Netherlands, RS

De esta manera se establece que el uso de residuos plásticos mixtos como combustible en hornos cementeros cumple con los límites de emisiones, y su impacto sobre el medio

ambiente es mínimo. Por tanto la valorización energética constituye una opción digna de tenerse en cuenta, ya que contribuye al ahorro de fuentes de energía no renovables.

5.3. Transformación de empaques con reciclado mecánico.

El reciclaje mecánico es un proceso físico mediante el cual el plástico post-consumo o el industrial (scrap) es recuperado permitiendo su posterior utilización como materia prima para nuevos productos o para la creación de materiales innovadores como la madera plástica o la madera artificial. El objetivo de la propuesta de transformación de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado es convertirlos a través de procesos físicos en fibras sintéticas que pueden ser empleadas en la creación de productos como tejas, alfombras, mallas, cuerdas entre otros. La gran ventaja de este tipo de reciclaje es la diferencia de precios que mantiene el plástico reciclado respecto al plástico virgen.

No todos los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado se pueden reciclar por medio mecánico ya que muchas veces por ser parte de los residuos sólidos urbanos (RSU) han tenido contacto con productos químicos, tóxicos, peligrosos, es decir, han sido expuestos a una serie de contaminantes y condiciones ambientales que no favorecen su calidad para ser reciclados. Los materiales reciclables no se pueden utilizar para realizar empaques para alimentos o empaques para el sector farmacéutico.

El reciclado mecánico puede producir un deterioro en las propiedades originales del plástico, razón por la cual debe ser reciclado solamente un determinado número de veces, o hacer mezclas con materiales vírgenes. Pruebas experimentales demuestran que este material, polipropileno, soporta hasta 5 procesos de extrusión conservando sus propiedades. (53)

A continuación en la tabla 5.10 se muestra la variación de las propiedades del polipropileno al ser reciclado mecánicamente.

Tabla 5.10 Comparación de propiedades del PP virgen con el reciclado. (53)

PROPIEDAD	PP Homopolímero		PP Copolímero	
	Virgen	Reciclado 1 vez	Virgen	Reciclado 1 vez
Índice de fluidez g/10 min	314	267	195	191
Módulo de flexión Kg/cm ²	19,543	19,614	12,232	12,092
HDT a 4,6 Kg/cm ² °C	100	105	74	81

Desafortunadamente, el gran desarrollo tecnológico de los termoplásticos no se ha acompañado de avances parecidos en cuanto al reciclado, ya que a pesar de tratarse de procesos que disminuyen problemáticas ambientales no están libres de producir emisiones al medio ambiente ya sean a la atmosfera, en sus efluentes o como residuos sólidos.

Desde la perspectiva ambiental, el reciclaje mecánico genera un mayor impacto negativo en el medio agua pero dichos impactos pueden ser mitigados si se realizan tratamientos adecuados de los efluentes del proceso. Para ello es importante tener en cuenta las características y valores físico-químicos, microbiológicos y radiactivos permisibles que debe presentar el agua residual en El salvador antes de ser incorporada a cualquier cuerpo receptor ó sistema de alcantarillado sanitario.

La normativa salvadoreña clasifica a las aguas residuales en dos tipos:

- **Agua residual de tipo especial:** Agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquellas que no se consideran de tipo ordinario.
- **Agua residual de tipo ordinario:** Agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares.

En base a estas definiciones podemos decir que el agua residual que se generará en el reciclaje mecánico por elaboración de fibras sintéticas será de tipo especial. A continuación en la tabla 5.11 se presentan los valores máximos permisibles de parámetros para verter aguas residuales de tipo especial a cuerpos receptores.

Tabla 5.11 Valores máximos permisibles de parámetros para vertido de aguas residuales de tipo especiales a cuerpos receptores.

ACTIVIDAD	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	Sólidos sedimentables (ml/l)	Sólidos suspendidos totales (mg/l)	Aceites y grasas (mg/l)
Fabricación de resinas sintéticas, materias plásticas y fibras artificiales, excepto el vidrio.	500	250	15	100	20

Dependiendo del tipo de industria o actividad productiva, la caracterización del vertido deberá incluir, además de los análisis descritos en la tabla 5.11, otros parámetros de calidad para determinar y controlar la presencia de los contaminantes de las aguas residuales (55).

La tabla 5.12 presenta los valores máximos permisibles de parámetros para verter aguas residuales de tipo especial al alcantarillado sanitario.

Tabla 5.12 Valores máximos permisibles de parámetros para vertido de aguas residuales de tipo especiales al alcantarillado sanitario.

ACTIVIDAD	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	Sólidos sedimentables (ml/l)	Sólidos suspendidos totales (mg/l)	Aceites y grasas (mg/l)
Industrial	1000	400	20	450	150

Además de los análisis descritos en la tabla 5.12 el vertido de aguas residuales de tipo especial en el alcantarillado sanitario deberá incluir otros parámetros de calidad para determinar y controlar la presencia de los contaminantes de las aguas residuales.

Por lo general al hablarse de emisiones gaseosas en procesos industriales se hace énfasis en aquellos gases cuya presencia en la atmósfera contribuyen al efecto invernadero, gases de efecto invernadero (GEI).

En el reciclaje de productos plásticos se identifican dos tipos de materiales los primarios y los secundarios. Los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado corresponden al material primario utilizado en la fabricación de las fibras sintéticas de polipropileno, Los materiales secundarios son todos aquellos materiales que componen el producto final, dentro de los que se que incluyen electricidad, diesel, gasolina, fuel oil, gas natural, gas licuado de petróleo, residuos y otras fuentes de emisiones como adhesivos, aluminio y tintas. Ambos tipos de materiales, primarios y secundarios, están relacionados con las emisiones gaseosas de la planta.

Para poder calcular el impacto de las emisiones por tonelada de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado procesados es necesario conocer los factores de emisión según el tipo de materiales y proceso empleado en el reciclaje mecánico de dichos.

La tabla 5.13 presenta el factor de emisión de CO₂ del polipropileno y aluminio.

Tabla 5.13 Factores de emisión. (33)

RESINA/MATERIAL	FACTOR DE EMISIÓN (KgCO ₂ E/KG)
PP	1.343
Aluminio	23.447

La tabla 5.14 muestra el consumo eléctrico promedio en la transformación de 1 tonelada de producto terminado en el proceso de extrusión así como su respectiva emisión de CO₂:

Tabla 5.14 Consumo eléctrico promedio por Ton de materia prima. (33)

PROCESO	Consumo eléctrico (kwh/tonelada procesada)	Factor de emisión (KgCO₂e/ton PP procesada)	Factor de emisión (KgCO₂e/Kg PP procesada)
Extrusión	1.065	1.430	0.00143

Para el cálculo del valor de CO₂ emitido en la transformación de los empaques en la etapa de extrusión en estudio se empleará la siguiente ecuación 5.3.

Las emisiones procedentes del uso de diesel, gasolina, fuel oil, gas natural y gas licuado de petróleo se deben a su combustión en las plantas de proceso de los transformadores. Los factores de emisión utilizados para estos cálculos corresponden a los factores de emisión de combustibles que indica the Australian Government’s Department of Climate Change’s National Greenhouse Account Factors. La tabla 5.15 dichos factores de emisión de los combustibles.

Tabla 5.15 Factores de emisión de los combustibles. (33)

TIPO DE COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISIÓN (KgCO₂e/UNIDAD)	UNIDAD
Gasolina sin plomo	2.56	Litros
Diesel	2.90	Litros
GLP	1.72	Litros
Biodiesel	2.20	Litros
Etanol	0.13	Litros
Fuel Oil	1.97	Litros
Gas natural	2.01	MJ
Otros derivados del petróleo	0.14	Litros

Para poder calcular las emisiones de CO₂ producidos por el combustible empleado en las máquinas para la producción de las fibras sintéticas se debe conocer la cantidad total (litros) de dicho y emplear la siguiente ecuación 5.3.

Además de los elementos antes mencionados, otros materiales son parte del empaque laminado de polipropileno y polipropileno metalizado y contribuyen a las emisiones gaseosas. La tabla 5.16 muestra los factores de emisión para dichos materiales secundarios.

Tabla 5.16 Factor de emisión de otros productos (33)

CATEGORÍA	FACTOR DE EMISIÓN (KgCO ₂ e/Kg)
Adhesivos	1.477
Tintas	0.200

Para el cálculo del valor de CO₂ emitido en la transformación de los empaques en estudio por los materiales secundarios se empleará la siguiente ecuación 5.3:

La tabla 5.17 muestra una aproximación de los kilogramos de bióxido de carbono que se generarían anualmente al convertir 4,483,270.0 kg de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado en fibras sintéticas.

Tabla 5.17 Emisiones de CO₂ al año

CATEGORÍA	EMISIONES (KgCO ₂ e/año)
Polipropileno	3,930,395.63
Aluminio	21,899,839.94
Tintas	119,553.87
Adhesivo	36,787.72
Extrusor	6,411.08
TOTAL	25,992,988.23

Desde la perspectiva ambiental al compararse el reciclaje mecánico por transformación en fibras sintética contra el reciclaje químico por separación de componentes, la primera alternativa presenta mayor factibilidad para ser ejecuta. No obstante desde el punto de vista económico el reciclaje mecánico es menos factible ejecuta que el reciclaje energético.



OBSERVACIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

OBSERVACIONES

1. Los empaques en condiciones deterioradas presentaron valores dispersos en sus propiedades físicas y mecánicas en comparación con los empaques en mejor estado.
2. Los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado existentes en el mercado de El Salvador ingresan en forma de materia prima, producto terminado y producto semi-elaborado.
3. De todas las formas en las cuales ingresan los empaques laminados únicamente generan desechos los que ingresan en forma de producto terminado y materia prima.
4. Para las pruebas de tipo mecánico se seleccionaron las probetas cuyo borde están libre de irregularidades.
5. Previo a la realización de las pruebas mecánicas de los empaques en estudio es necesario remover los contaminantes como son las grasas ya que este tipo de agentes dificultan el desempeño de las pruebas, y a su vez, influyen negativamente en los resultados que se obtienen.
6. El equipo de la prueba de resistencia a la explosión debe ser calibrado cada 6 meses por un equipo técnico especializado.

CONCLUSIONES

1. Se determino que el estado físico en que se encuentran los empaques no influye en la determinación del valor de gramaje.
2. El valor de fuerza de resistencia al rasgado no varía con la dirección del área de corte del empaque, ya que tanto en las probetas con corte en dirección transversal como en las longitudinales se obtuvieron valores muy parecidos entre sí.
3. En las pruebas mecánicas de resistencia al rasgado y resistencia a la tensión se comprobó que la calidad de los empaques laminados de MX-D varía respecto a los de las demás empresas analizadas, ya que la precisión expresada como coeficiente de variación para dichos empaques fue mayor a los demás.
4. Al comparar los resultados obtenidos por muestra en la prueba mecánica de tensión se observó que los valores más bajos de fuerza por unidad de área aplicada corresponden a las muestras que se encontraban más deterioradas.
5. El valor de precisión para la muestra MX-B en la prueba mecánica de resistencia a la explosión fue de 16.99%, esto significa que entre más deteriorado se encuentra el empaque menor será el tiempo en que se logre su perforación.
6. El tratamiento previo que se aplica a los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado es independiente de la alternativa de reciclaje que se seleccione.
7. El reciclaje energético de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado, podría ser una alternativa viable en el país, por las siguientes razones: menor costo inversión inicial, emisiones pueden ser controladas y un alto poder calorífico.
8. El reciclaje mecánico para la elaboración de fibras sintéticas podría considerarse como una alternativa viable desde el punto de vista medioambiental pero resulta ser la alternativa que presenta una mayor inversión inicial.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda elaborar un programa de educación ambiental para concientizar a la población de la importancia de la recolección y el reciclaje de los empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado.
2. Se recomienda realizar la prueba mecánica del rasgado con más de un método con el propósito de evaluar otros métodos de ensayo y disminuir el error de tipo operacional que resulta al utilizar el método Elmendorf.
3. Realizar un estudio de pre factibilidad económica para las alternativas de propuesta de reciclaje energético y reciclaje mecánico.
4. Desarrollar un programa, a nivel de municipalidades, empresa privada o en forma conjunta; que proporcione algún estímulo económico para que un proyecto de carácter ambiental, como el reciclaje de materiales plásticos, resulte atractivo para la población salvadoreña.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acuerdo de asociación entre Centro América y la Unión Europea. (Junio de 2007). Ministerio de Comercio Exterior. Recuperado el 22 de Marzo de 2011, de Secto Plásticos: <http://www.aacue.go.cr>
2. Alibaba.com. (2011). Recuperado el 2011, de <http://www.alibaba.com>
3. ASIPLASTIC. (Mayo de 2010). ASIPLASTIC. Recuperado el 29 de Marzo de 2001, de <http://www.asiplastic.org/boletines.php>
4. ASIPLASTIC. (12 de Marzo de 2011). ASIPLASTIC. Recuperado el 12 de Marzo de 2011, de [datosindustri: http://www.asiplastic.org/datosindustri.php](http://www.asiplastic.org/datosindustri.php)
5. Aurrekoetxea, S. (2000). Euskonews. Recuperado el 2011
6. Berreiro, I. R.-L. (2011). Scribd. Recuperado el Mayo de 2011, de Pruebas mecánicas: <http://htmlimg1.scribdassets.com/4w0885gzxucut6o/images/1-01d4330ef5/000.jpg>
7. Buenas tareas. (s.f.). Recuperado el 24 de Junio de 2011, de Ensayos fabricación fibras sintéticas: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Fabricacion-Fibras-Sinteticas/1422168.html>
8. Cámara de Comercio e Indusrtria de El Salvador. (Marzo de 2011). Recuperado el Marzo de 2011, de http://camara.ccb.org.co/documentos/2949_empaques_y_embalajes2.pdf
9. Cámara de Industriales del Zulia. (12 de Noviembre de 2003). Recuperado el 23 de Marzo de 2011, de Plástico. Estadísticas del mercado: <http://www.ciz.org.ve/MERCADO.htm>
10. Cámara de Industriales del Zulia. (12 de Noviembre de 2003). CIZ.org Venezuela. Recuperado el 20 de Marzo de 2011, de Mercado Internacional del Plástico: <http://www.ciz.org.ve/MERCADO.htm>
11. Chala, L. A. (Agosto de 2008). Recuperado el Marzo de 2011, de http://camara.ccb.org.co/documentos/2949_empaques_y_embalajes2.pdf
12. Definición.de. (2005). Recuperado el 2011, de Definición de ciclo de vida: <http://definicion.de/ciclo-de-vida/>
13. Diccionario eco-finanzas. (2011). Recuperado el 11 de Julio de 2011, de Valor presente: http://www.eco-finanzas.com/diccionario/V/VALOR_PRESENTE.htm
14. Dow Chemical Company. (20 de Marzo de 2011). Dow. Recuperado el 20 de Marzo de 2011, de <http://plastics.dow.com/>

15. Ecojoven. (2011). Recuperado el Mayo de 2011, de <http://www.ecojoven.com/cuatro/12/plasticos.html>
16. Copuerto. (2006). Copuerto. Recuperado el junio de 2011, de <http://www.ecopuerto.com/cae/index.html>
17. EIS. (s.f.). Recuperado el 2011, de http://www.eis.uva.es/~macromol/curso04-05/reciclado_auto/introduccion.htm
18. El rincón del vago. (2011). Recuperado el 11 de Julio de 2011, de Análisis Costo-Beneficio: <http://html.rincondelvago.com/analisis-costo-beneficios.html>
19. EL SALVADOR TRADE. (22 de Marzo de 2011). elsalvadortrade. Recuperado el 22 de Marzo de 2011, de <http://www.elsalvadortrade.com.sv/?cat=7&sec=13#results>
20. emisiones de gases de chimenea segun norma salvadoreña. (s.f.). Obtenido de <http://www.google.com/sv/search?q=emisiones+de+gases+de+chimenea+segun+norma+salvadore%C3%B1a&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:es-ES:official&client=firefox-a>
21. Estructura de la operación CDM sin contraparte. (10 de Junio de 2011). Recuperado el 24 de Junio de 2011, de Boletín informativo N° 10: http://www.mercanciasyvalores.com/descargas/ESTRUCTURA_DE_LA_OPERACION_CDM_SIN_CONTRAPARTE.pdf
22. FaSil, México. (2010). Plásticos FaSil. Recuperado el 17 de Marzo de 2011, de <http://bolsasfasil.galeon.com/enlaces850022.html>
23. Flexocolor S.A.S. (3 de Marzo de 2010). Recuperado el 17 de Marzo de 2011, de <http://flexocolorsa.com/es/polipropileno-bioorientado.pdf>
24. Fujii, A. (18 de Octubre de 1991). Patentes España. Recuperado el 12 de Marzo de 2011, de PROCESO PARA LA PRODUCCION DE PELICULAS O LAMINAS DE POLIPROPILENO.(ES2099726): http://www.espatentes.com/pdf/2099726_t3.pdf
25. Gonzalez, Guillermo Jimenez. (19 de Febrero de 2010). Empaques Plásticos. Recuperado el Marzo de 2011, de <http://www.empaquesplasticos.com.mx/pdf/Descripcion%20del%20proceso.pdf>
26. Grupo GONDI. (11 de 10 de 2010). Pruebas de laboratorio. Recuperado el Abril de 2011, de Métodos grupo GONDI: http://www.grupogondi.com/metodos_espanol.pdf
27. Ing. Amilcar Noé Ramos Soberanis. (Noviembre de 2004). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el Julio de 2011, de Metodologías matriciales de evaluación ambiental.
28. Ing. Rosas, Eduardo Delgado. (2009). Plásticos FaSil. Recuperado el 17 de Marzo de 2011, de <http://bolsasfasil.galeon.com/productos849985.html>

29. Instituto Nacional de Ecología, México. (31 de Mayo de 2008). Universidad Autónoma Metropolitana. Recuperado el 15 de Marzo de 2011, de Conciencia Ambiental. Plásticos: <http://www.concienciaambiental.com.mx/ccca/plasticos.html>
30. INSTRON. (Abril de 2011). Glossary of material testting. Recuperado el Abril de 2011, de Resistencia al rasgado: <http://www.instron.com.es/wa/glossary/Splitting-Resistance.aspx>
31. Jaime Mondragón Aguilar. (2002). Indumentariaymoda-com. Recuperado el 21 de Julio de 2011, de Fibras textiles: naturales, artificiales y sintéticas: <http://indumentariaymoda.com/2008/09/12/fibras-textiles-naturales-artificiales-y-sinteticas/>
32. Jané, G. B. (2010). Reciclaje del Plástico. Recuperado el junio de 2011, de <http://www.elreciclajedelplastico.com/apartado.php?subMenus=0&id=10>
33. Johnson Lee, Gavin Pereira. (7 de Junio de 2011). Análisis del Impacto de los Gases de Efecto Invernadero en el Ciclo de Vida de los Embalajes y Otros Productos Plásticos en Chile V1.0. Chile.
34. La Economía. (2011). Recuperado el 11 de Julio de 2011, de Costo Anual Total: <http://www.laeconomia.com.mx/que-es-el-cat-costo-anual-total/>
35. Lago, N. (Julio de 2008). Recuperado el Mayo de 2010, de <http://www.recursoyresiduos.com/2008/07/17/una-norma-iso-para-reciclar-plastico/>
36. Lic. Elsa Ramírez Zamorano Cruz. (1 de julio de 2009). Polímeros. Recuperado el 12 de Marzo de 2011, de Alfa Editores: <http://www.alfaeditores.com/alimpack/Sept%20%20Oct%2005/TECNOLOGIA%20Envases.htm>
37. Lima, I. B. (Abril de 2009). Guion de clases de empaque y embalaje, ciclo 1-09. Recuperado el 2011 de Abril de 28
38. MACROMOL. (2006). Recuperado el juunio de 2011, de http://www.eis.uva.es/~macromol/curso04-05/reciclado_auto/bibliografia.htm
39. MediaBx. (2011). Calidad y Técnica Industrial. Recuperado el 21 de Abril de 2011, de Pruebas de Tensión: <http://www.cyti.com.mx/tension.asp>
40. Medina Delgado, R. (s.f.). El reciclaje es la solución. Recuperado el Agosto de 2011, de <http://www.monografias.com/trabajos61/reciclaje/reciclaje5.shtml#xcentros>
41. Pamplona, U. d. (24 de Febrero de 2008). Contenidos de laboratorios/guías y fichas . Recuperado el 2011 de Mayo de 15, de [www.unipamplona.edu.co](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/hermesoft/portallG/home_9/recursos/01_general/contenidos/laboratorios/guiasyfichas/24022008/balanzaanalitica.pdf): http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/hermesoft/portallG/home_9/recursos/01_general/contenidos/laboratorios/guiasyfichas/24022008/balanzaanalitica.pdf

42. Pereiro, J. R. (s.f.). CUBASOLAR. Recuperado el Julio de 2011, de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia21/HTML/articulo04.htm>
43. Plastlit. (2010). Plásticos del litoral. Recuperado el Abril de 2011, de http://www.plastlit.com/industrial_polipropileno_biorientado.php
44. Pochteca Papel. (5 de Agosto de 2008). Humedad relativa. Recuperado el Marzo de 2011, de http://www.pochteca.com.mx/pdf/HUMEDAD_RELATIVA_DEL_PAPEL.pdf
45. Polipropileno Argentina. (29 de Noviembre de 2010). Scribd. Recuperado el 20 de marzo de 2011, de <http://es.scribd.com/doc/44310321/>
46. Principales Productores de Plástico. (4 de Junio de 2010). Buenas tareas.com. Recuperado el 20 de Marzo de 2011, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Principales-Productores-De-Plastico/388263.html>
47. Proarca. (1 de Diciembre de 2004). Recuperado el 22 de Julio de 2011, de Polipropileno: http://www.ccad.ws/proarca/p_proarca/pdf_sigma/Polipropileno.pdf
48. Proexport Colombia y BID-FOMIN. (Septiembre de 2003). proexport.com.co. Recuperado el 10 de Marzo de 2011, de [/vbecontent/library/documents/DocNewsNo8654DocumentNo7121.PDF](http://www.proexport.com.co/vbecontent/library/documents/DocNewsNo8654DocumentNo7121.PDF): <http://www.proexport.com.co/vbecontent/library/documents/DocNewsNo8654DocumentNo7121.PDF>
49. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PUMA), F. S. (1999). Manual de Legislación ambiental de El Salvador. San Salvador, El Salvador.
50. Quiminet.com. (11 de Septiembre de 2008). QuimiNet.com. Recuperado el 15 de Marzo de 2011, de El Polipropileno Biorentado (BOPP) y sus Aplicaciones: http://www.eindustria.com/ar6/ar_vcdarmvcdzgt-el-polipropileno-biorientado-bopp-y-sus-aplicaciones.htm
51. QuimiNet.com. (11 de Septiembre de 2008). QuimiNet.com. Recuperado el 13 de Marzo de 2011, de Nuevo Film Metalizado de BOPP: http://eindustria.com/ar7/ar_vcdarmvcdhgsA-nuevo-film-metalizado-de-bopp.htm
52. Rangel, L. M. (Diciembre de 2004). El Polipropileno. Recuperado el Marzo de 2011, de <http://zip.monografias.com/files/5/2/1/00047521.zip>
53. Reciclaje de plásticos. (28 de Mayo de 2007). Colombia.
54. RECINSA. (2007). Recuperado el Mayo de 2011, de <http://recinsa.com.ni/cultura.html>
55. Reglamento de la Ley de Medio Ambiente Art.41. (13 de Abril de 2010). Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Recuperado el 2011 de Mayo de 23, de
Legislacion
Ambiental:

- http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=7&Itemid=255
56. Rincón del vago. (s.f.). Recuperado el Junio de 2011, de Fibras sintéticas: <http://html.rincondelvago.com/fibras-sinteticas.html>
57. Rincon del Vago. (10 de Marzo de 2011). Recuperado el 10 de Marzo de 2011, de Tipos de envases. Empaques. Métodos de envasado. Impresión y etiquetado.: <http://html.rincondelvago.com/tipos-de-envases.html>
58. Rodríguez, B. I. (23 de Enero de 2004). Tendencias tecnológicas. Recuperado el 2011, de El análisis de ciclo de vida y la gestión ambiental.
59. Sanabria E.A. (2 de Marzo de 2010). Empaques de polipropileno. Recuperado el Abril de 2011, de <http://empaquescr.wordpress.com/2010/03/02/hello-world/>
60. Sanchez, Luis Antonio Ruvalcaba. (24 de Julio de 2007). Tecnológico de Monterrey. Recuperado el 6 de Mayo de 2011, de Máquina de Ensayos Universales: <http://labomecanica.tol.itesm.mx/laboratorio/documentacion/MTS.pdf>
61. Science in the box. (15 de octubre de 2009). Recuperado el 19 de Mayo de 2011, de http://www.scienceinthebox.com/es_ES/sustainability/lifecycleassessment_es.html
62. Serrano, Carlos. (Septiembre de 2003). Estadísticas sobre Plástico. Recuperado el 20 de Marzo de 2011, de <http://www.ciz.org.ve/MERCADO.htm>
63. TREFAN group. (20 de marzo de 2011). TREFAN. Recuperado el 20 de Marzo de 2011, de <http://www.trefan.com/business-units-a-products/label>
64. Universidad de Londres. (s.f.). youpublisher. Recuperado el 20 de Marzo de 2011, de Diseño de Empaques y Embalajes: <http://www.youpublisher.com/p/73895-envases/>
65. Universidad Don Bosco, departamento de medioambiente. (2004). Análisis del residuo de polipropileno. San Salvador, Soyapango, El salvador.
66. VIBAC group. (20 de Marzo de 2011). VIBAC group. Recuperado el 20 de Marzo de 2011, de <http://www.vibacgroup.com/index.php?SessID=12c371e6b8cb703856cc04bab086eb1d>
67. Vitopel. (20 de Marzo de 2011). Vitopel Argentina. Recuperado el 20 de Marzo de 2011, de <http://www.vitopel.com/Vitopel/Empresa/HistoriadeVitopel/tabid/240/Default.aspx>
68. wikipedia.org. (15 de Junio de 2010). Recuperado el 26 de Abri de 2011, de Equipo de Meteorología San Jose: <http://es.wikipedia.org/wiki/Metrolog%C3%ADa>

69. Wilhelm, R. (Octubre de 2008). Recuperado el Mayo de 2010, de http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPSO08/wilhelm_sps08.html
70. Yahoo Respuestas. (2009). Recuperado el 11 de Julio de 2011, de <http://mx.answers.yahoo.com/question/index?qid=20090602211048AAPnTRO>



ANEXOS

ANEXO 1. Guía procedimiento para obtener permiso ambiental en El Salvador.



Procedimiento para obtener el permiso ambiental

1

El Titular debe consultar en la Ley de Medio Ambiente si su actividad, obra o proyecto requiere **Permiso Ambiental**. (Artículos 21, 60, 62, 63, 82).



2

Si su actividad, obra o proyecto requiere Permiso Ambiental: solicitar el Formulario Ambiental correspondiente en la Dirección de Gestión Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), llenarlo correctamente y presentarlo con los anexos siguientes:

- Plano de ubicación geográfica que indique claramente el acceso y reconocimiento del sitio del proyecto
- Documentación que pruebe la propiedad o tipo de tenencia del terreno en que se desarrollará la actividad, obra o proyecto
- Fotocopia de Cédula de Identidad Personal o escritura de constitución de sociedad, según si el Titular es persona natural o jurídica, respectivamente.



3

El MARN notificará al Titular el paso a seguir para obtener el Permiso Ambiental, en un plazo no mayor de **20 días hábiles** (Artículo 22 del Reglamento General de la Ley de Medio Ambiente).

4

Si del proceso de aplicación del Artículo 22 del Reglamento General de la Ley de Medio Ambiente, se determina que para la ejecución del proyecto no se requiere de Permiso Ambiental, el Titular recibirá la respectiva notificación; o bien, el Titular recibirá los Términos de Referencia que deberá satisfacer el Estudio de Impacto Ambiental cuando se requiera.

5

El Titular deberá contratar un equipo multidisciplinario para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental correspondiente, de acuerdo a los Términos de Referencia emitidos por el MARN. (Artículo 23 de la Ley de Medio Ambiente).

6

El Titular tiene la responsabilidad de conocer el contenido del Estudio de Impacto Ambiental y estar de acuerdo con él, previo a su presentación al MARN para su evaluación.





7 El Titular deberá hacer del conocimiento público la disponibilidad del Estudio de Impacto Ambiental para su análisis y observaciones. Y para aquellos Estudios de Impacto Ambiental cuyos resultados reflejen la posibilidad de afectar la calidad de vida de la población o de amenazar riesgos para la salud y bienestar humanos y el medio ambiente se organizará por el Ministerio una consulta pública del proyecto (Artículo 25 de la Ley de Medio Ambiente; Artículo 32 del Reglamento General de la Ley).

8 El MARN notificará la resolución derivada de su evaluación, pudiendo ser un Dictamen Técnico con observaciones o el requerimiento de rendir la fianza de cumplimiento ambiental que corresponda (Artículo 24 de la Ley de Medio Ambiente).

9 En el primer caso, el Titular debe satisfacer las observaciones a la brevedad posible, para continuar el proceso de obtención del Permiso Ambiental. En el segundo caso, deberá rendir la fianza correspondiente como paso final para la obtención del permiso. De acuerdo a la Ley de Medio Ambiente, la evaluación y aprobación del Estudio de Impacto Ambiental deberá ser en un plazo máximo de 60 días, en los tiempos efectivos que corresponden al MARN.

10 El Titular debe conocer que el Permiso Ambiental no constituye una autorización para el inicio de la ejecución del proyecto, ni excluye de obtener las autorizaciones necesarias de otras instituciones competentes.



Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Alameda Roosevelt y 55° Av. Norte,
Edificio Torre El Salvador (IPSEFA). Tel.: 260-8900, Fax: 260-3117.
<http://www.marn.gob.sv> • master@marn.gob.sv

ANEXO 2. Volumen de residuo generado por producto terminado

A continuación se detallan cada se detalla las dos subdivisiones de las empresas que importan los empaques en estudio como producto terminado.

a. CORPORACION DINANT

En la tabla A 1 se detalla el peso neto de importación de la sub-partida arancelaria de la mercancía de importación que utilizan empaques BOPP de Corporación MX-Y del mes de enero en el año 2010.

Tabla A 1. Peso neto de mercancía de importación de Corporación DINANT, enero 2010.

FECHA	SUBPARTIDA	DESCRIPCION DE MERCANCIA (COMERCIAL)	PESO NETO
05/01/2010	20052000 - - papas (patatas)	Boquitas saladas insufladas	158.40
05/01/2010	20052000 - - papas (patatas)	Papas fritas	171.36
05/01/2010	20052000 - - papas (patatas)		4,043.60
12/01/2010	20052000 - - papas (patatas)		2,019.60
13/01/2010	20052000 - - papas (patatas)		2,276.94
13/01/2010	20052000 - - papas (patatas)		119.82
14/01/2010	20052000 - - papas (patatas)	Boquitas saladas insufladas	552.96
16/01/2010	20052000 - - papas (patatas)	Boquitas saladas, sopas preparadas, salsa de	3,369.66
20/01/2010	20052000 - - papas (patatas)	Boquitas saladas insufladas	324.00
20/01/2010	20052000 - - papas (patatas)	Papas fritas	488.51
20/01/2010	20052000 - - papas (patatas)	Boquitas saladas, sopa preparada, chicharones	6,303.82
20/01/2010	20052000 - - papas (patatas)		2,878.88
21/01/2010	20052000 - - papas (patatas)		5,890.20
26/01/2010	20052000 - - papas (patatas)	Papas fritas	2,304.18
27/01/2010	20052000 - - papas (patatas)		677.38
28/01/2010	20052000 - - papas (patatas)		311.04
30/01/2010	20052000 - - papas (patatas)		3,588.19
		TOTAL (kg)	35,478.54

Fuente: Corporación DINANT. Elaboración propia.

En la tabla A 2 se detalla el peso neto de importación de la sub-partida arancelaria de la mercancía de importación que utilizan empaques BOPP de Corporación DINANT del mes de febrero en el año 2010.

Tabla A 2. Peso neto de mercancía de importación de DINANT, febrero 2010.

FECHA	SUBPARTIDA	DESCRIPCION DE MERCANCIA (COMERCIAL)	PESO NETO
04/02/2010	20052000 - - papas (patatas)	tajadas de yuca, chicharones, boquitas salada	4,334.74
05/02/2010	20052000 - - papas (patatas)		3,202.11
05/02/2010	20052000 - - papas (patatas)		3,414.41
06/02/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas, chicharones, tajadas de platano	3,523.63
06/02/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas, salsa picante, salsa de toma	5,038.86
06/02/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	2,194.59
06/02/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	1,041.67
09/02/2010	20052000 - - papas (patatas)		1,525.77
09/02/2010	20052000 - - papas (patatas)		627.48
11/02/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	69.12
11/02/2010	20052000 - - papas (patatas)		367.20
12/02/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	819.94
12/02/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	1,175.04
16/02/2010	20052000 - - papas (patatas)		4,495.01
16/02/2010	20052000 - - papas (patatas)		5,181.23
17/02/2010	20052000 - - papas (patatas)		10,235.39
17/02/2010	20052000 - - papas (patatas)		4,278.49
19/02/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	734.41
22/02/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	550.80
22/02/2010	20052000 - - papas (patatas)		685.44
22/02/2010	20052000 - - papas (patatas)		9,297.07
23/02/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas	213.94
		TOTAL (kg)	63,006.34

Fuente: Corporación DINANT. Elaboración propia.

En la tabla A 3 se detalla el peso neto de importación de la sub-partida arancelaria de la mercancía de importación que utilizan empaques BOPP de Corporación DINANT del mes de marzo en el año 2010.

Tabla A 3. Peso neto de mercancía de importación de DINANT, marzo 2010.

FECHA	SUBPARTIDA	DESCRIPCION DE MERCANCIA (COMERCIAL)	PESO NETO
01/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	216.00
01/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	fritas	306.00
02/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas	11,934.02
03/03/2010	20052000 - - papas (patatas)		6,339.52
08/03/2010	20052000 - - papas (patatas)		2,379.60
11/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	575.99
11/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	1,260.72
11/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	504.01
12/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	1,497.48
13/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	276.21
13/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	370.80
13/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	122.40
15/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	8,568.00
16/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	4,112.64
18/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.	169.34
18/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	1,958.41
18/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	922.90
18/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	530.48
19/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	514.08
19/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.	151.20
19/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	2,821.32
19/03/2010	20052000 - - papas (patatas)		5,146.57
23/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	540.00
23/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	360.00
23/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	204.00
23/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	1,101.60
24/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	1,487.81
24/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	4,651.20
24/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	3,622.32
24/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	2,741.76
25/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	508.03
25/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	12.24
25/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	408.00
25/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	5,765.04
25/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	4,235.88
26/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	3,240.01

Tabla A 3. Peso neto de mercancía de importación de DINANT, marzo 2010.

FECHA	SUBPARTIDA	DESCRIPCION DE MERCANCIA (COMERCIAL)	PESO NETO
26/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	756.00
30/03/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	1,548.00
		TOTAL (kg)	81,859.58

Fuente: Corporación DINANT. Elaboración propia.

En la tabla A 4 se detalla el peso neto de importación de la sub-partida arancelaria de la mercancía de importación que utilizan empaques BOPP de Corporación DINANT del mes de abril en el año 2010.

Tabla A 4. Peso neto de mercancía de importación de DINANT, abril 2010.

FECHA	SUBPARTIDA	DESCRIPCION DE MERCANCIA (COMERCIAL)	PESO NETO
06/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	3,855.60
08/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	97.92
10/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insuflabas	520.13
10/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	2,080.80
10/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas	8,472.49
15/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	84.67
16/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	241.92
16/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	567.36
16/04/2010	20052000 - - papas (patatas)		5,745.63
17/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	36.29
17/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	2,784.60
21/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	1,126.08
21/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	561.60
21/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	810.36
21/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	fritas	7,334.29
22/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	550.80
22/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	3.60
22/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	550.81
23/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	391.68
24/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	846.72
24/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	697.68
29/04/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas.	3.60
30/04/2010	20052000 - - papas (patatas)		5,788.37
		TOTAL (kg)	43,153.00

Fuente: Corporación DINANT. Elaboración propia.

En la tabla A 5 se detalla el peso neto de importación de la sub-partida arancelaria de la mercancía de importación que utilizan empaques BOPP de Corporación DINANT del mes de mayo en el año 2010.

Tabla A 5. Peso neto de mercancía de importación de DINANT, mayo 2010.

FECHA	SUBPARTIDA	DESCRIPCION DE MERCANCIA (COMERCIAL)	PESO NETO
03/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	43.20
03/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas	4,281.99
07/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	388.80
07/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	1,015.20
11/05/2010	20052000 - - papas (patatas)		9,808.61
15/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	423.36
17/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	967.68
17/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	1,530.00
18/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.	204.00
18/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.	61.20
18/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	4,049.29
19/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	4,276.80
20/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	1,152.00
20/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	164.16
24/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	1,317.61
24/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	21.60
24/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	1,110.24
24/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	33.12
24/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	435.46
25/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas y papas fritas	7,581.61
25/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas ensaldas insufladas(anillitos jala	2,376.01
26/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	1,162.80
26/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	61.20
28/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	518.40
29/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	1,380.68
29/05/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	122.40
		TOTAL (kg)	44,487.42

Fuente: Corporación DINANT. Elaboración propia.

En la tabla A 6 se detalla el peso neto de importación de la sub-partida arancelaria de la mercancía de importación que utilizan empaques BOPP de Corporación MX-Y del mes de junio en el año 2010.

Tabla A 6. Peso neto de mercancía de importación de DINANT, junio 2010.

FECHA	SUBPARTIDA	DESCRIPCION DE MERCANCIA (COMERCIAL)	PESO NETO
01/06/2010	20052000 - - papas (patatas)		2,664.58
03/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	4,243.43
04/06/2010	20052000 - - papas (patatas)		4,070.35
10/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	181.44
10/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.	520.13
10/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.	92.16
10/06/2010	20052000 - - papas (patatas)		5,336.52
11/06/2010	20052000 - - papas (patatas)		2,680.13
12/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	338.21
15/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	20.40
16/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	254.02
16/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	520.13
16/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	36.72
16/06/2010	20052000 - - papas (patatas)		3,584.04
16/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	8,371.28
17/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	689.47
17/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	1,370.90
18/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	264.48
21/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	1,530.00
22/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	72.58
22/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	122.40
22/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	1,836.00
24/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	734.40
24/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	489.60
29/06/2010	20052000 - - papas (patatas)		7,061.95
30/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	360.00
30/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	2,448.00
30/06/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	5,239.89
TOTAL (KG)			81,859.58

Fuente: Corporación DINANT. Elaboración propia.

En la tabla A 7 se detalla el peso neto de importación de la sub-partida arancelaria de la mercancía de importación que utilizan empaques BOPP de Corporación DINANT del mes de julio en el año 2010.

Tabla A 7. Peso neto de mercancía de importación de DINANT, julio 2010.

FECHA	SUBPARTIDA	DESCRIPCION DE MERCANCIA (COMERCIAL)	PESO NETO
01/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	720.58
02/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	2,203.20
05/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.	122.40
05/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	2,808.01
06/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	1,121.14
07/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	2,945.52
07/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	939.50
07/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	612.00
07/07/2010	20052000 - - papas (patatas)		3,185.28
08/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	195.60
09/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	170.40
09/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	405.22
10/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	138.24
13/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	2,448.00
13/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	435.46
15/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	927.36
15/07/2010	20052000 - - papas (patatas)		4,223.07
16/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	796.32
17/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	1,040.40
20/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insuflada	878.98
20/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	2,594.88
21/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	7,986.60
21/07/2010	20052000 - - papas (patatas)		4,054.87
21/07/2010	20052000 - - papas (patatas)		4,043.53
22/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	4,773.60
22/07/2010	20052000 - - papas (patatas)		3,888.71
23/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	604.80
23/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	4,626.72
23/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	254.02
23/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	232.56
24/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	440.64
24/07/2010	20052000 - - papas (patatas)		5,204.76

Tabla A 7. Peso neto de mercancía de importación de DINANT, julio 2010.

FECHA	SUBPARTIDA	DESCRIPCION DE MERCANCIA (COMERCIAL)	PESO NETO
27/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	1,916.40
27/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	1,224.00
27/07/2010	20052000 - - papas (patatas)		4,017.61
28/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	24.19
28/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	911.88
29/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.	504.00
30/07/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	2,448.00
		TOTAL (KG)	76,068.45

Fuente: Corporación DINANT. Elaboración propia.

En la tabla A 8 se detalla el peso neto de importación de la sub-partida arancelaria de la mercancía de importación que utilizan empaques BOPP de Corporación DINANT del mes de agosto en el año 2010.

Tabla A 8. Peso neto de mercancía de importación de DINANT, agosto 2010.

FECHA	SUBPARTIDA	DESCRIPCION DE MERCANCIA (COMERCIAL)	PESO NETO
09/08/2010	20052000 - - papas (patatas)		4,736.27
11/08/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	636.48
12/08/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	798.34
13/08/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	61.20
13/08/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.	322.56
16/08/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.	807.84
17/08/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	2,613.24
19/08/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	1,285.20
20/08/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	1,620.01
20/08/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	2,295.00
24/08/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	381.12
25/08/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	181.44
25/08/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	1,119.96
26/08/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas	3,446.79
30/08/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	33.60
		TOTAL (KG)	20,339.05

Fuente: Corporación DINANT. Elaboración propia.

En la tabla A 9 se detalla el peso neto de importación de la sub-partida arancelaria de la mercancía de importación que utilizan empaques BOPP de Corporación DINANT del mes de septiembre en el año 2010.

Tabla A 9. Peso neto de mercancía de importación de DINANT, septiembre 2010.

FECHA	SUBPARTIDA	DESCRIPCION DE MERCANCIA (COMERCIAL)	PESO NETO
09/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas	5,162.54
10/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.	1,139.04
10/09/2010	20052000 - - papas (patatas)		8,649.28
10/09/2010	20052000 - - papas (patatas)		4,566.82
11/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	1,174.32
11/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas	4,742.69
11/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas	4,507.92
16/09/2010	20052000 - - papas (patatas)		10,167.97
20/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	1,860.12
21/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	282.24
21/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	879.48
21/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas	4,984.57
21/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas	3,690.27
29/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	5,697.72
09/09/2010			107,584.42
10/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas	5,162.54
10/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.	1,139.04
10/09/2010	20052000 - - papas (patatas)		8,649.28
11/09/2010	20052000 - - papas (patatas)		4,566.82
11/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	1,174.32
11/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas	4,742.69
16/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas	4,507.92
20/09/2010	20052000 - - papas (patatas)		10,167.97
21/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	1,860.12
21/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	282.24
21/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	879.48
21/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas	4,984.57
29/09/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas	3,690.27
		TOTAL (kg)	107,584.42

Fuente: Corporación DINANT. Elaboración propia.

En la tabla A 10 se detalla el peso neto de importación de la sub-partida arancelaria de la mercancía de importación que utilizan empaques BOPP de Corporación DINANT del mes de octubre en el año 2010.

Tabla A 10. Peso neto de mercancía de importación de DINANT, octubre 2010.

FECHA	SUBPARTIDA	DESCRIPCION DE MERCANCIA (COMERCIAL)	PESO NETO
02/10/2010	20052000 - - papas (patatas)		7,126.35
07/10/2010	20052000 - - papas (patatas)		5,200.14
12/10/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	1,836.00
15/10/2010	20052000 - - papas (patatas)		3,928.32
15/10/2010	20052000 - - papas (patatas)		5,486.41
15/10/2010	20052000 - - papas (patatas)		2,876.84
16/10/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	677.38
16/10/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	2,448.00
22/10/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.	112.90
22/10/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.	18.00
25/10/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.	669.31
28/10/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	91.80
28/10/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	520.20
30/10/2010	20052000 - - papas (patatas)		5,432.81
TOTAL (kg)			67,461.55

Fuente: Corporación DINANT. Elaboración propia.

En la tabla A 11 se detalla el peso neto de importación de la sub-partida arancelaria de la mercancía de importación que utilizan empaques BOPP de Corporación DINANT del mes de noviembre en el año 2010.

Tabla A 11. Peso neto de mercancía de importación de DINANT, noviembre 2010.

FECHA	SUBPARTIDA	DESCRIPCION DE MERCANCIA (COMERCIAL)	PESO NETO
03/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	1,483.78
05/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas	4,143.17
08/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	1,028.16
09/11/2010	20052000 - - papas (patatas)		3,582.99
10/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.	516.10
11/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.	258.05
12/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	979.78
16/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.	340.80
16/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.	612.00

Tabla A 11. Peso neto de mercancía de importación de DINANT, noviembre 2010.

FECHA	SUBPARTIDA	DESCRIPCION DE MERCANCIA (COMERCIAL)	PESO NETO
17/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.	1,080.00
17/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.	32.26
17/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.	180.00
17/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.	5,538.60
20/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	214.20
20/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	129.02
22/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	1,161.22
22/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	367.20
22/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	870.91
22/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	367.20
24/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	225.79
26/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	244.80
30/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas.-	1,040.26
30/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	450.00
30/11/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	3,168.43
TOTAL (kg)			28,014.72

Fuente: Corporación DINANT. Elaboración propia.

En la tabla A 12 se detalla el peso neto de importación de la sub-partida arancelaria de la mercancía de importación que utilizan empaques BOPP de Corporación DINANT del mes de diciembre en el año 2010.

Tabla A 12. Peso neto de mercancía de importación de DINANT, diciembre 2010.

FECHA	SUBPARTIDA	DESCRIPCION DE MERCANCIA (COMERCIAL)	PESO NETO
02/12/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	1,483.78
07/12/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.	727.20
07/12/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	169.34
07/12/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	266.40
07/12/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	1,274.11
07/12/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.-	180.00
09/12/2010	20052000 - - papas (patatas)		3,537.22
11/12/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas.	1,440.00
13/12/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	370.94
14/12/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	810.00
14/12/2010	20052000 - - papas (patatas)	frtas	4,294.94

Tabla A 12. Peso neto de mercancía de importación de DINANT, diciembre 2010.

FECHA	SUBPARTIDA	DESCRIPCION DE MERCANCIA (COMERCIAL)	PESO NETO
15/12/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas	3,705.12
15/12/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas	3,811.58
20/12/2010	20052000 - - papas (patatas)		3,945.60
27/12/2010	20052000 - - papas (patatas)	papas fritas	720.00
29/12/2010	20052000 - - papas (patatas)	boquitas saladas insufladas	302.40
TOTAL (kg)			27,038.63

Fuente: Corporación DINANT. Elaboración propia.

Obtenido la cantidad de producto al mes es necesario calcular la cantidad de empaque que ingresa a El Salvador como producto terminado. A continuación se detalla un ejemplo de cálculo para el mes de enero que muestra el peso del empaque a partir de la cantidad mercancía importada proveniente de Corporación DINANT.

$$\text{Cantidad de empaque (enero)} = 35,478.54 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ Empaque}}{42.5 \text{ g (neto)}} = 834,789 \frac{\text{empaques}}{\text{mes}}$$

$$\text{Peso de empaque (enero)} = 834,789 \frac{\text{empaques}}{\text{mes}} \times \frac{1.8475 \text{ g empaque}}{1 \text{ empaque}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1.00\text{E}+06 \text{ g empaque}}$$

$$\text{Peso de empaque (enero)} = 1.54 \frac{\text{Ton}}{\text{mes}}$$

La tabla A 13 especifica el peso del empaque BOPP importado por mes para el año 2010 proveniente de Corporación DINANT:

Tabla A 13. Peso empaque BOPP importado de DINANT en el año 2010.

MES	PESO NETO DE PRODUCTO IMPORTACIÓN (kg)	CANTIDAD DE EMPAQUES	PESO EMPAQUE AL MES (TON)
Enero	35,478.54	834,789	1.54
Febrero	63,006.34	1482,502	2.74
Marzo	81,859.58	1926,108	3.56
Abril	43,153.00	1015,365	1.88
Mayo	44,487.42	1046,763	1.93
Junio	55,133.21	1297,252	2.40
Julio	76,068.45	1789,846	3.31
Agosto	20,339.05	478,566	0.88

Tabla A 13. Peso empaque BOPP importado de DINANT en el año 2010.

MES	PESO NETO DE PRODUCTO IMPORTACIÓN (kg)	CANTIDAD DE EMPAQUES	PESO EMPAQUE AL MES (TON)
Septiembre	107,584.42	2531,398	4.68
Octubre	67,461.55	1587,331	2.93
Noviembre	28,014.72	659,170	1.22
Diciembre	27,038.63	636,203	1.18
		TOTAL	28.24

Fuente: Corporación DINANT Elaboración propia.

b. FRITO LAYS

Para la sub-categoría FRITO LAY existen diferentes presentaciones en sus mercancías, las cuales están definidas por su gramaje, estas son: **snack pequeño y mediano; Snack grande.**

➤ Snack pequeño y mediano

A continuación se realiza un ejemplo de cálculo que muestra el peso del empaque a partir de la cantidad mercancía importada en el primer semestre del año 2010 proveniente de la empresa FRITO LAY.

$$\begin{array}{l|l|l} \text{Peso de empaque} & & \text{empaque} \\ \text{(Cheeto crunchy} & =136512 & \text{0.0018276 k g empaque} \\ \text{38g)} & & \text{semestral} \\ & & \hline & & \text{1 empaque} \end{array}$$

$$\begin{array}{l|l|l} \text{Peso de empaque} & & \text{k g empaque} \\ \text{(Cheeto crunchy} & =249.4893 & \\ \text{38g)} & & \text{semestral} \\ & & \hline & & \end{array}$$

La tabla A 14 muestra el peso de empaque BOPP de snacks pequeños y medianos importado de la empresa FRITOLAY en el año 2010.

Tabla A 14. Peso empaque BOPP importado de FRITOLAY en el año 2010.

DESCRIPCION DE MERCANCIA	UNIDAD	CAJAS	GRAMAJE	UNIDAD POR CAJA	PESO DE EMPAQUE
Cheeto crunchy 38g	72	1896	432.29	136512	249.4893
Cheeto mega	10	1180	2,832.00	11800	21.5657
Cheetos bob esponja ct 20gx72x1	72	42	5.04	3024	5.5267
Cheetos conchitas 20g ct	72	630	75.6	45360	82.8999
Cheetos crunchy 120g cs	12	10233	14,735.52	122796	224.4220

Tabla A 14. Peso empaque BOPP importado de FRITOLAY en el año 2010.

DESCRIPCION DE MERCANCIA	UNIDAD	CAJAS	GRAMAJE	UNIDAD POR CAJA	PESO DE EMPAQUE
Cheetos poff 25g cs promo	72	3115	467.25	224280	409.8941
Cheetos poff 25g fd promo	144	1239	371.7	178416	326.0731
Cheetos poff 80g cs	12	18679	17,931.84	224148	409.6529
Cheetos simpsons 20g ct 72u	72	42	5.04	3024	5.5267
Chocomax 22g ct	144	8751	770.09	1260144	2303.0392
Chocorrigo 18g	144	11352	613.01	1634688	2987.5558
Crujitos 23g cs promo	84	4342	699.06	364728	666.5769
Crujitos 23g fd promo	144	2663	734.99	383472	700.8334
Crujitos cs/p 21gx72x1	72	7633	961.76	549576	1004.4051
D nacho 150g cs	14	4614	9,689.40	64596	118.0556
D nacho 28g cs promo	72	1592	267.46	114624	209.4868
D nacho 28g ct promo	72	1655	278.04	119160	217.7768
D nacho cs/p 33gx72x1	72	1073	212.45	77256	141.1931
D nacho ct/p 33gx72x1	72	1358	268.88	97776	178.6954
D pm taco 36g ct 72u	72	801	173.02	57672	105.4013
D ques0 150g cs	14	5028	10,558.80	70392	128.6484
D queso cs/p 33gx72x1	72	966	191.27	69552	127.1132
D queso ct/p 33gx72x1	72	910	180.18	65520	119.7444
D salsa v. 28g cs promo	72	2318	389.42	166896	305.0191
D salsa v. 28g ct promo	72	1520	255.36	109440	200.0125
D verde cs/p 33gx72x1	72	1680	332.64	120960	221.0665
D verde ct/p 33gx72x1	72	1649	326.5	118728	216.9873
D xqueso 28g cs promo	72	2040	342.72	146880	268.4379
D xqueso 28g ct promo	72	2789	468.55	200808	366.9967
D.dippas mega	4	2377	3,708.12	9508	17.3768
Double nuts bbq 20g cs	48	50	48	2400	4.3862
Double nuts bbq cs 100g	48	50	210	2400	4.3862
Double nuts japones 100g cs	48	76	319.2	3648	6.6671
Double nuts japones 20g ct	48	20	38.4	960	1.7545
Double nuts limon 100g cs	48	75	315	3600	6.5794
Double nuts limon 20g cs	48	100	96	4800	8.7725
Double nuts picante 100g cs	48	70	294	3360	6.1407
Double nuts picante 20g cs	48	50	48	2400	4.3862
Dsp crujitos 630g cs	21	2170	1,367.10	45570	83.2837
Dsp d nacho 28g cs	21	801	470.99	16821	30.7421
Dsp d queso a 630g cs	21	691	435.33	14511	26.5203

Tabla A 14. Peso empaque BOPP importado de FRITOLAY en el año 2010.

DESCRIPCION DE MERCANCIA	UNIDAD	CAJAS	GRAMAJE	UNIDAD POR CAJA	PESO DE EMPAQUE
Dsp fiesta snax 49g cs	21	1405	1,445.75	29505	53.9233
Dsp lays sal 510g	21	2579	1,315.29	54159	98.9810
Dsp rancheristos 630g cs	21	2109	1,328.67	44289	80.9426
Fiesta snax 330g cs	10	367	1,211.10	3670	6.7073
Fiesta snax 42g ct	60	1738	437.98	104280	190.5821
Fiesta snax mediano	26	1204	3,286.92	31304	57.2112
Fista snax 50g cs promo	60	5380	1,345.00	322800	589.9493
Fritos antojitos 150g	12	4578	8,240.40	54936	100.4010
Fritos antojitos 25g	72	210	47.25	15120	27.6333
Fritos antojitos 35g	72	1219	255.99	87768	160.4048
Fritos antojitos lim36g ct 72u	72	1059	228.74	76248	139.3508
Fritos twist 36g	72	1791	386.86	128952	235.6727
Lay´s sal institucional	10	2066	4,132.00	20660	37.7582
Lay´s sal mediano	24	8579	17,501.16	205896	376.2955
Lays barbacoa ame 30g cs 60u	60	1610	241.5	96600	176.5462
Lays barbacoa ame cs/p 28gx72x1	72	1176	197.57	84672	154.7465
Lays max cye 28g cs	72	7517	1,262.86	541224	989.1410
Lays max que 28g charola	18	1768	49.5	31824	58.1615
Lays max queso 28g cs	72	10917	1,834.06	786024	1436.5375
Lays sal 15g ct	108	10546	1,423.71	1138968	2081.5779
Lays sal 34g cs	60	17991	3,058.47	1079460	1972.8211
Lays sal 34g ct	60	3032	515.44	181920	332.4770
Lays sal cs/p 30gx72x1	72	8170	1,470.60	588240	1075.0674
Lays sal ct/p 30gx72x1	72	1448	260.64	104256	190.5383
Lays sal ori 32g ct 72u	72	378	72.58	27216	49.7400
Lays tom hierbas 34g ct	60	671	114.07	40260	73.5792
Lays tomate hie 200g cs 10u	10	410	820	4100	7.4932
Lays tomate hie cs/p 30gx72x1	72	1176	211.68	84672	154.7465
Paketaxo mix ct c/p 48gx36x1	36	1008	145.15	36288	66.3199
Poffets 130g cs	14	711	1,294.02	9954	18.1919
Poffets queso 33g cs	72	1913	378.77	137736	251.7263
Rancherito 25g ct	96	5662	1,132.40	543552	993.3956
Rancheritos 175g cs	14	1957	4,109.70	27398	50.0726
Rancheritos 25g cs 96u	96	6344	1,268.80	609024	1113.0523
Ricito nacho que 25g ct 240u	240	448	224	107520	196.5036
Ricitos anillo lim 12g ct 192u	192	583	111.94	111936	204.5742

Tabla A 14. Peso empaque BOPP importado de FRITOLAY en el año 2010.

DESCRIPCION DE MERCANCIA	UNIDAD	CAJAS	GRAMAJE	UNIDAD POR CAJA	PESO DE EMPAQUE
Ricitos clasico 16g ct 240u	240	418	133.76	100320	183.3448
Ricitos crunchos 21g ct 288u	288	350	176.4	100800	184.2221
Ricitos hojuela lim 30g ct 336u	336	544	456.96	182784	334.0560
Ricitos nacho jal 25g ct 240u	240	451	225.5	108240	197.8194
Ricitos tocinito 12g ct 192u	192	276	70.66	52992	96.8482
Ruffles queso institucional	10	910	1,820.00	9100	16.6312
Ruffles queso mediano	26	2089	4,616.69	54314	99.2643
Sabritones 20g ct 36u	144	86	5.16	12384	22.6330
Sabritones 23g fdo promo	144	1037	286.21	149328	272.9119
Sabritones mediano	10	126	176.4	1260	2.3028
Tt limon 30g ct	72	1890	340.2	136080	248.6998
Tt taco sal 600g cs	10	293	1,406.40	2930	5.3549
Tt tacos guacamol ct/p 40gx72x1	72	1134	272.16	81648	149.2199
Tt tacos sls 42g ct/p 72u	72	3083	776.92	221976	405.6833
Tt tacos volteado ct/p 40gx72x1	72	760	182.4	54720	100.0063
Ttbk ct/p 36gx72x1	72	714	154.22	51408	93.9533
TOTAL SEMESTRAL (kg)					28738.8656
TOTAL ANUAL (kg)					57,477.7312

Fuente: FRITO LAY. Elaboración propia.

➤ **Snack grande.**

A continuación se realiza un ejemplo de cálculo que muestra el peso del empaque a partir de la cantidad mercancía importada en el primer semestre del año 2010 proveniente de la empresa FRITO LAY.

$$\frac{\text{Peso de empaque (Cheeto crunchy 38g)}}{=11800} = \frac{\text{empaque}}{\text{semestral}} \quad \frac{0.00365552 \text{ kg empaque}}{1 \text{ empaque}}$$

$$\frac{\text{Peso de empaque (Cheeto crunchy 38g)}}{=43.1351} = \frac{\text{k g empaque}}{\text{semestral}}$$

La tabla A 15 muestra el peso de empaque BOPP de snacks grande de la empresa FRITO LAY en el año 2010.

Tabla A 15. Peso empaque BOPP importado de FRITO LAY en el año 2010.

DESCRIPCION DE MERCANCIA	UNIDADES	CAJAS	GRAMAJE	UNIDAD POR CAJA	PESO DE EMPAQUE
Cheeto mega	10	1180	2,832.00	11800	43.1351
Cheetos crunchy 120g cs	12	10233	14,735.52	122796	448.8832
Cheetos poff 80g cs	12	18679	17,931.84	224148	819.3774
D nacho 150g cs	14	4614	9,689.40	64596	236.1319
D queso 150g cs	14	5028	10,558.80	70392	257.3193
Double nuts bbq cs 100g	48	50	210	2400	8.7732
Double nuts japones 100g cs	48	76	319.2	3648	13.3353
Double nuts limon 100g cs	48	75	315	3600	13.1598
Double nuts picante 100g cs	48	70	294	3360	12.2825
Dsp crujitos 630g cs	21	2170	1,367.10	45570	166.5820
Dsp d queso a 630g cs	21	691	435.33	14511	53.0452
Dsp lays sal 510g	21	2579	1,315.29	54159	197.9793
Dsp rancheristos 630g cs	21	2109	1,328.67	44289	161.8993
Fiesta snax 330g cs	10	367	1,211.10	3670	13.4157
Fritos antojitos 150g	12	4578	8,240.40	54936	200.8196
Lays tomate hie 200g cs 10u	10	410	820	4100	14.9876
Poffets 130g cs	14	711	1,294.02	9954	36.3870
Rancheritos 175g cs	14	1957	4,109.70	27398	100.153
Tt taco sal 600g cs	10	293	1,406.40	2930	10.7106
TOTAL SEMESTRAL (kg)					2808.3788
TOTAL ANUAL (kg)					5616.7577

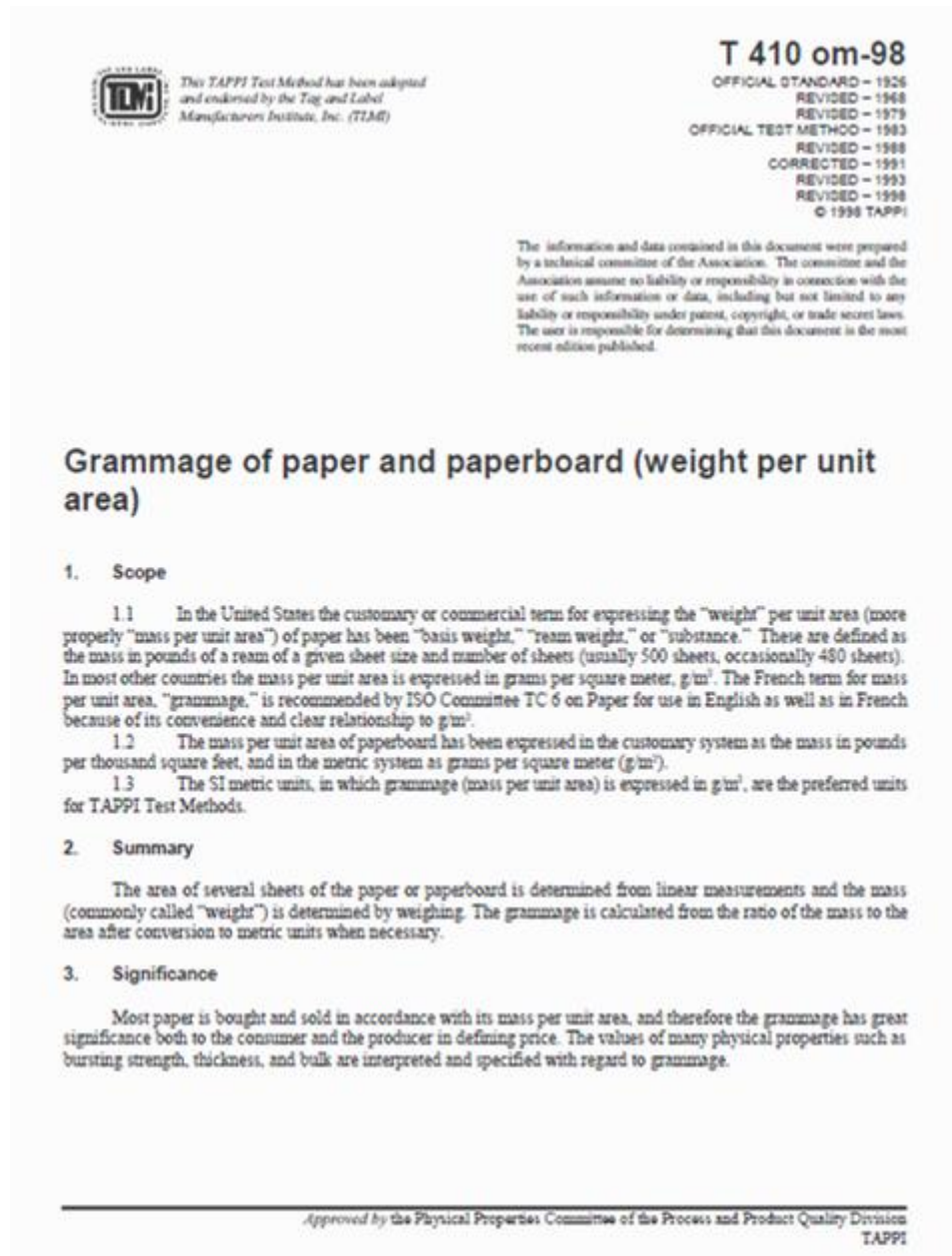
Fuente: FRITO LAY. Elaboración propia.

La tabla A 16 se encuentra el resumen de la tabla A 14 y A 15.

Tabla A 16. Peso empaque por producto de importación para empresa FRITO LAY.

PRODUCTO	Importación de producto para el año 2010.				
	CAJAS	UNIDAD	UNIDADES POR CAJA	PESO POR EMPAQUE TOTAL	
				kg	Ton
SNACK PEQUEÑO Y MEDIANO	484402	13468.00	31449842.0	57477.73	57.48
SNACK GRANDE	111740	816	1536514	5,616.76	5.62
TOTAL				63,094.49	63.10

ANEXO 3. Norma TAPPI y ASTM para pruebas físicas y mecánicas.



3 / Grammage of paper and paperboard (weight per unit area)

T 410 om-98

NOTE 2: For some uses, grammage variation across the web or roll is of interest, e.g., the original wide roll (or web) may be slit into narrow rolls, each 7.5 to 10 cm (3 to 4 in.) wide for medical packaging. A “tailing-off” of the grammage near the edge of the web could be unacceptable. In such cases, test specimens should be taken from selected positions across the web and the grammage reported separately for each position.

7. Conditioning

7.1 Condition and test the test specimens in an atmosphere in accordance with TAPPI T 402 “Standard Conditioning and Testing Atmospheres for Paper, Board, Pulp Handsheets, and Related Products,” unless grammage “as received” is required.

7.2 The precision of this work is such that hysteresis has important effects; therefore, precondition the test specimens so that the equilibrium moisture content is approached from the drier state.

8. Procedure

8.1 If the cutting accuracy specified in 4.2 is attained (see 5.2.1), use the mean area obtained in 5.2.1; otherwise, determine the area of each test specimen to within 0.3%, i.e., measure the dimensions of each sheet to within 0.2%.

8.2 If the special sheet-weighing device is used, be sure that the dimensions of the sheets are within 0.2% of the required size; otherwise, make a correction in accordance with the following formula:

$$G = \frac{A' \times G'}{A}$$

where

- G = corrected indicated mass per unit area
- G' = indicated mass per unit area of the test specimen
- A' = area of the test specimen for which the device is calibrated
- A = area of the weighed test specimen

8.3 Weigh each test specimen to within 0.25%.

9. Calculations

9.1 From the measurements, calculate the mass per unit area of each test specimen. If M is the mass and A is the area of the test specimens in the units of measurements, then the grammage in grams per square meter (g/m^2) may be calculated by the formula:

$$G = \frac{K \times M}{A}$$

where K is the conversion factor given in Table 1.

T 410 om-98

Grammage of paper and paperboard (weight per unit area) / 2

4. Apparatus¹

4.1 *Weighing device*, readable and accurate to within 0.25% of the applied load. When in use, the weighing device shall be shielded from air currents.

4.1.1 Special sheet-weighing devices designed to weigh test specimens of a given size may be used, provided that the above conditions are fulfilled and that the total area of each test specimen (see 6.3) in a single weighing is not less than 500 cm² (80 in.²).

4.1.2 For a test specimen of smaller total area, an analytical balance is essential to obtain the required accuracy.

4.2 *Cutting device*, such as a “four square” cutter, circular cutter, precise puncher or other device for ensuring parallelism of the opposite edges, normally capable of repeatedly cutting out test specimens whose area, in at least 95 instances out of 100, falls within $\pm 0.5\%$ of a known area, as determined by the method specified in 5.2.1.

4.2.1 When a template is used for preparing test specimens, the specimen shall be cut accurately as described in 4.2 with a sharp knife on a hard surface, such as a hardwood board.

4.3 *Scale*, a steel rule graduated in 0.5 mm ($1/32$ or $1/64$ in.) increments, capable of measuring the dimensions of the test specimen to an accuracy of 0.2%.

5. Calibration

5.1 *Checking of weighing device.*

5.1.1 Check the accuracy of the weighing device frequently (5.3) by applying accurately measured masses with both increasing and decreasing loads. If a sheet-weighing device is used, it must be properly calibrated to the required accuracy (4.1).

5.1.2 Frictional effects shall be sufficiently minimal and the zero reading shall be sufficiently correct so as to attain the required weighing accuracy.

5.2 *Checking of cutting device.*

5.2.1 Frequently (5.3) check the specimen area cut by using the scale (4.3) to measure 20 test specimens. The cutting accuracy specified in 4.2 is attained when the standard deviation of the individual areas is less than 0.25% of the mean area, in which case this mean area may be used for calculating grammage in subsequent tests.

5.3 *Frequency of checking.*

5.3.1 The frequency of checking in 5.1 and 5.2.1 should be based on experience. A new device should be checked several times before being put into use. Then, if in continuous use, it should be checked twice daily until stability is established, then weekly, monthly, or less frequently as indicated by its stability, unless moved or unduly disturbed. Because of wear, the cutting device may require more frequent checking than the weighing device.

6. Sampling

6.1 For conformance testing, obtain the sample of the paper or paperboard to be tested in accordance with TAPPI T 400 “Sampling and Accepting a Single Lot of Paper, Paperboard, Containerboard, or Related Product.” Otherwise, select a sample that will meet needs for testing.

6.2 After conditioning each test unit of the sample, cut a sufficient number of representative sheets for a total area per test unit of at least 5000 cm² (800 in.²). The dimensions and hence the area of each sheet will depend on the sheet cutting device available. If a template is used, a minimum dimension of 20.0 × 25.0 cm (8 × 10 in.) is recommended.

6.3 Select the number of sheets composing a test specimen (total area of each test specimen at least 500 cm²) to give the required weighing accuracy.

NOTE 1: As a consequence of the above rules which allow for flexibility in the selection of sheet weighing and cutting devices, the number of test specimens representing a test unit and the number of sheets per test specimen will depend on the choice of weighing and cutting devices, as illustrated by the following examples:

(a) If for a particular sample of paper, the sheet weighing device requires the weighing together of two sheets at least 20.0 × 25.0 cm to obtain the requisite weighing accuracy, then each test specimen will consist of two sheets at least 20.0 × 25.0 cm, and five such test specimens (each a pair of sheets) will be needed to obtain the required total area of 5000 cm².

(b) If the available precise cutting device gives a sheet size of 4.00 × 4.00 in. (approximately 10 × 10 cm), then for the same paper and sheet weighing device used above, each of the needed five test specimens would require 10 sheets.

¹Names of suppliers of testing equipment and materials for this method may be found on the Test Equipment Suppliers list in the bound set of TAPPI Test Methods, or may be available from the TAPPI Technical Operations Department.

T 410 om-98

Grammage of paper and paperboard (weight per unit area) / 4

Table 1. Conversion factors

Units of measurement		Conversion factors
Mass (M)	Area (A)	K
Gram	cm ²	10,000
Gram	in. ²	1,550
Indicated weight (lb) for 500-sheet ream	cm ²	9,070
Indicated weight (lb) for 500-sheet ream	in. ²	1,406

Table 2. Ream weight conversion factors

Kind of Paper	Trade or basic size	Trade size area, ft ²	P (BW to G)	Q (G to BW)
Paperboard	1000 ft ²	1000.0	4.882	0.205
Writing and printing	17 × 22 - 500	1298.6	3.760	0.266
Blotting	19 × 24 - 500	1583.3	3.084	0.324
Cover	20 × 26 - 500	1805.6	2.704	0.370
Carbon paper	20 × 30 - 500	2083.3	2.344	0.427
Cardboard	22 × 28 - 500	2138.9	2.283	0.438
Bristol and tag	22 ½ × 28 ½ - 500	2226.6	2.193	0.456
Blinder's board	25 ¼ × 30 ¼ - 500	2652.1	1.841	0.543
Index	25 ½ × 30 ½ - 500	2700.5	1.808	0.553
News, wrapping, tissue, paperboard, bag paper	24 × 36 - 500 (3000 ft ²)	3000.0	1.627	0.614
Tissue	24 × 36 - 480	2880.0	1.695	0.590
Book	25 × 38 - 500	3298.6	1.480	0.676
Newsboard	26 × 38 - 500	3430.6	1.423	0.703
Former TAPPI standard size	25 × 40 - 500	3472.2	1.406	0.711

9.1.1 If the ream weight in pounds (BW) has been determined for a customary trade size of 500 sheets, the grammage in g/m² may be calculated as follows:

$$G = P \times BW$$

where *P* is the conversion factor given in Table 2.

9.2 Calculate the mean of the results for each test unit, and express in g/m² to three significant figures.

9.3 To convert grammage (*G*) to mass in pounds (BW) of custom trade sizes for 500-sheet reams or, for paperboard, 1000 ft², the following formula may be used:

$$BW = Q \times G$$

where *Q* is the conversion factor given in Table 2. Express the results in pounds to three significant figures.

10. Report

10.1 Report the grammage in g/m² to three significant figures for each test unit.

10.2 If the test units have been taken from more than one position across a roll or sheet and information on grammage variation is required (e.g., Note 2), report the average for each position separately.

10.3 If desired, the results may also be reported in pounds for customary trade sizes.

10.4 If the total area of a test unit is less than that specified, state the actual total area tested.

10.5 Report the testing conditions, i.e., in accordance with TAPPI T 402 or as received.

5 / Grammage of paper and paperboard (weight per unit area)

T 410 om-98

11. Precision

11.1 Repeatability of test results within a laboratory = 0.94%.

11.2 Reproducibility of test results between laboratories = 2.84%.

11.3 The above values of precision are averages calculated from 18 reports of the TAPPI/CTS Collaborative Reference Program for Paper. Each test result is an average for approximately 5000 cm² of paper or paperboard.

12. Keywords

Grammage, Mass per unit area, Basis weight

13. Additional information

13.1 Effective date of issue: March 1, 1998.

13.2 Table 2 is for 500-sheet reams except as noted. If the trade size uses 480-sheet reams, then the factor *P* is multiplied by 50/48 or 1.042 for conversion and factor *Q* is multiplied by 48/50 or 0.960.

13.3 The U.S. Government Printing Office has discontinued using twice the trade size (i.e., 1000 sheets instead of 500) and is now following trade practice.

13.4 To within less than 0.5%, mass per unit area in g/m² is numerically equivalent to basis weight in pounds (35 × 40-500), so that by adjusting the size of the template most ream weight scales may be used to read directly in g/m².

13.5 Related method: ISO 536, ASTM D 646-96.

13.6 This method was revised in 1968 and 1979. The latter revision adopted the ISO terminology “grammage.” In 1982, Table 2 was corrected and expanded, Note 2 was added. The 1993 correction deleted a reference to a withdrawn TI Sheet.

Your comments and suggestions on this procedure are earnestly requested and should be sent to the TAPPI Technical Operations Manager. ■

T 411 om-97

OFFICIAL STANDARD – 1926
REVISED – 1968
REVISED – 1976
OFFICIAL TEST METHOD – 1983
REVISED – 1984
REVISED – 1989
REVISED – 1997
© 1997 TAPPI

The information and data contained in this document were prepared by a technical committee of the Association. The committee and the Association assume no liability or responsibility in connection with the use of such information or data, including but not limited to any liability or responsibility under patent, copyright, or trade secret laws. The user is responsible for determining that this document is the most recent edition published.

Thickness (caliper) of paper, paperboard, and combined board

1. Scope

1.1 This method describes the procedure for measuring single-sheet thickness and variations in single sheet thickness of paper, paperboard, and combined board. The term “combined board” encompasses both corrugated and solid fiberboard.

1.1.2 Because of the method of selecting samples longer in the cross machine direction, the results will always be biased in that direction.

1.2 Because of the relatively high pressure 50 kPa (7.3 psi) used in this test method, it may not be suitable for measurement of tissue or other soft or low density materials, because the structure may collapse (decrease in thickness) at the prescribed pressure of 50 kPa.

1.3 A modification of this method suitable for thin sheets under about 0.04 to 0.05 mm is described in Note 3.

1.4 Another method for measuring the thickness of paper is TAPPI T 500 “Book Bulk and Bulking Number of Paper,” which describes a procedure for measuring the overall thickness of a stack of book paper under pressure of 250 kPa (35 psi).

1.5 An essentially identical method is described in ASTM D 645-96.

1.6 TAPPI T 551 “Thickness of Paper and Paperboard (Soft Platen Method)” describes a method for measuring the effective thickness of paper and board products utilizing soft rubber platens. This method always yields smaller values than TAPPI T 411.

2. Summary

The method involves measuring the thickness of a single sheet of paper, paperboard, or combined board by the use of an automatically operated micrometer when a specified static load is applied for a minimum specified time¹.

3. Significance

Thickness is an important property of paper, paperboard, or combined board, and variations in thickness are also

¹See Appendix A.1.1 for manually operated micrometer.

T 411 om-97

Thickness (caliper) of paper, paperboard, and combined board / 2

important especially for papers and paperboards used for mechanical purposes. The test is useful for research work, routine control, design of end-use products, and for acceptance testing for conformance to specifications. Thickness is one of the important characteristics that affects flexural stiffness.

4. Definition

Thickness or caliper of paper, paperboard, or combined board as measured by this method is defined as the perpendicular distance between the two principal surfaces of the paper or paperboard under prescribed conditions, as measured between hard metal platens. This should not be confused with apparent thickness as determined by other means, e.g., between soft platens or calculated from bending stiffness.

5. Apparatus²

5.1 *Automatically-operated micrometer¹*, a dead-weight type instrument, provided with:

5.1.1 A flat ground circular movable face (hereafter called the pressure foot), having an area of $200 \pm 5 \text{ mm}^2$ (equivalent to about 0.31 in.^2) and corresponding to a diameter of $16 \pm 0.15 \text{ mm}$ (0.63 in.).

5.1.2 A flat ground circular fixed face (hereafter called the anvil) of such size that it is in contact with the whole area of the pressure foot in the zero position.

5.1.3 Surfaces of the pressure foot and anvil parallel to within 0.001 mm (0.00004 in.) and pressure foot movement on an axis perpendicular to the anvil. The minimum distance between the anvil and the pressure foot in the “up” or raised position shall be 0.75 mm (0.030 in.) for paper or 7.5 mm (0.300 in.) for a combined board.

5.1.4 Pressure foot lowering speed of $1.0 \pm 0.3 \text{ mm}$ (0.04 in.)/s (see also Additional information).

NOTE 1: This may be checked by measuring the eccentricity and speed of rotation of the cam operating the pressure foot.

5.1.5 Pressure foot, when lowered, exerting steady pressure on the specimen of $50 \pm 2 \text{ kPa}$ (approximately 7.3 psi) for $2 \pm 1 \text{ s}$. ISO specifies 100 kPa can be used as alternative pressure.

5.1.5.1 The frame of the micrometer shall be of such rigidity that a load of 1.5 kg (3 lb) applied to the dial housing, out of contact with either the weight or the pressure foot spindle, will produce a deflection of the frame not greater than 0.0025 mm (0.0001 in.), as indicated by the micrometer readout system.

5.1.6 *Readings:* (5.1.6.1 or 5.1.6.2 as applicable).

5.1.6.1 Dial, graduated to 0.002 mm (0.00008 in.) or less, readable to at least 0.001 mm (0.00004 in.), or 1% of paper thickness, whichever is larger. If the large indicating hand of the dial is required to revolve more than once to cover the capacity of the gage, equip the dial with a revolution counter to indicate the number of complete revolutions of the indicating hand.

5.1.6.2 Digital display with indication to at least 0.001 mm (0.00004 in.), or 1% of paper thickness, whichever is larger.

5.1.7 Capability of repeating readings to within 0.001 mm (0.00004 in.) at zero settings or on a steel gage block.

5.1.8 Accuracy within 0.001 mm (0.00004 in.) or 1% of paper thickness, whichever is larger.

6. Calibration

6.1 *Accuracy of dial indications.* Using standard steel gage whose thickness is known to within 0.0005 mm (0.00002 in.), check the accuracy of the dial reading over the required range. Prepare a calibration curve or table if necessary.

6.1.1 Digital read out instruments capable of greater accuracy than dial indicator instruments may require standard steel gages accurate to within 0.00025 mm (0.00001 in.) or better if this greater accuracy is required.

NOTE 2: In the use of steel gage, a nondeformable material, it must be remembered that the value corresponding to the thickest portion of the gage, rather than the average thickness, should be used in calibration of the micrometer.

6.2 *Parallelism of the faces.* Use a uniform diameter wire of any size up to half the operational opening of

²Names of suppliers of testing equipment and materials for this method may be found on the Test Equipment Suppliers list in the bound set of TAPPI Test Methods, or may be available from the TAPPI Technical Operations Department.

3 / Thickness (caliper) of paper, paperboard, and combined board

T 411 om-97

the faces, e.g., 0.05 mm (0.020 in.) diameter. Place the wire alternately on the left side, right side, front side, and back side approximately 3 mm (0.125 in.) from each respective edge of the foot and note the readings. Adjust anvil so that all readings are within 0.001 mm (0.00004 in.) of one another.

6.3 *Pressure between the faces.* Within the normal measuring range measure the force required (1.5 Kg \pm 60 gm) to just prevent the movement of the pressure foot from one static reading to a lower reading.

7. Sampling

Obtain a sample in accordance with TAPPI T 400 “Sampling and Accepting a Single Lot of Paper, Paperboard, Containerboard, or Related Product.”

8. Test specimens

From each test unit of the sample, cut ten specimens, each specimen consisting of one thickness of paper (i.e., a single sheet) at least 40 mm (1.57 in.) (preferably 80 mm for combined board) in its shortest dimension and at least 120 mm (approximately 4.75 in.) in its longest dimension. Cut the specimen strips so that the longer dimension is across the machine direction. (Determine the machine direction in accordance with TAPPI T 409 “Machine Direction of Paper and Paperboard.”)

9. Conditioning

Precondition, condition, and test all specimens in atmospheres controlled in accordance with TAPPI T 402 “Standard Conditioning and Testing Atmospheres for Paper, Board, Pulp Handsheets, and Related Products.”

10. Procedure

10.1 Before using the micrometer, make sure that the pressure foot and anvil surfaces are clean, that the calibration of the instrument has been verified and a calibration curve has been prepared, if necessary, and that the instrument is mounted on a solid level surface free from noticeable vibration. Place the specimen on the anvil in such a position that all points on the peripheries of the contact surfaces are at least 6 mm (approximately 0.25 in.), or 12 mm for combined board, from the edges of the specimen. Measure the thickness of each specimen at five non-overlapping regular intervals in a line at right angles to the machine direction of the paper. If only the lot or test unit average is required, i.e., variations of thickness within a sheet are of no interest, then only two readings per specimen need be made.

10.2 Take each reading near the end of the dwell time (2 ± 1 s). If necessary, apply the calibration corrections to the readings.

NOTE 3: If the thickness of noticeably compressible papers is being measured, it is particularly important that the rate of fall of the pressure foot and the dwell time be within the specified limits. (Sec 5.1.4 and 5.1.5).

11. Report

For each test unit of the sample report the overall average (50 or 20 readings) in millimeters (or inches) to the nearest 0.001 mm (0.00004 in.). Also, when specified, report the minimum and maximum thickness obtained for each specimen to the nearest 0.001 mm (0.0004 in.). For coarse paperboards and combined boards, report average to 0.01 mm (0.0004 in.). If the procedure described in Note 3 is used, it should be so indicated.

12. Precision

12.1 Repeatability (within a laboratory) = 1.25% (based on 50 readings).

12.2 Reproducibility (between laboratories) = 5.50% in accordance with the definitions of these terms in TAPPI T 1206 “Precision Statement for Test Methods.”

12.3 The above precision was calculated from data taken from 24 reports of the CTS-TAPPI Collaborative Reference Program for paper. The user of these precision data is advised that it is based on actual mill testing, laboratory testing, or both. There is no knowledge of the exact degree to which personnel skills or equipment were optimized during its generation. The precision quoted provides an estimate of typical variation in test results which may be encountered when this method is routinely used by two or more parties.

T 411 om-97

Thickness (caliper) of paper, paperboard, and combined board / 4

13. Additional information

13.1 Effective date of issue: December 15, 1997.

13.2 For a method in which the pressure foot is lowered at a speed negligible in comparison with the speed in this method, test results have been reported to be as much as 3% higher, depending on the type of paper.

13.3 Related methods: APPITA P 426 “Thickness of Paper and Paperboard,” Technical Association of the Australian and New Zealand Pulp and Paper Industry, Parkville, Australia; BS 3983 “Methods for the Determination of the Thickness and Bulk of Paper” British Standards Institution, London, England; CPPA D4 “Thickness and Density of Paper and Paperboard,” Canadian Pulp and Paper Association, Montreal, Canada; DIN-Norm 53105, Zellchemie Germany; ISO 534 “Paper and Board Determination of the Thickness of Single Sheets (and Method of Calculation of the Apparent Density of Board),” (see Appendix A.2) International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland; SCAN P7 “Thickness, Density and Bulk of Paper and Paperboard,” Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee, Stockholm, Sweden; ISO 3034 “Corrugated Fiberboard: Determination of Thickness.”

13.4 *Difference from ISO procedure.* The most recent draft of the International Standard (ISO 534-1980) lists the preferred pressure exerted by the foot to be 100 kPa and, as an alternative, the 50 kPa employed in this TAPPI procedure.

14. Keywords

Micrometers, Thickness, Combined boards, Paper, Paperboard, Corrugated boards

Appendix

A.1 The manually operated micrometer does not conform to this test method. This appendix simply gives general information on use of such a micrometer, as many are still in use.

A.1.1 Instructions for using manually operated instrument to obtain approximately same results as with motor operated instrument.

A.1.2 *Apparatus.* Manually operated, dead-weight actuated, dial-type micrometer conforming in general to the requirements for the automatically operated instrument.

A.1.3 *Procedure.* Raise the foot until the dial reads 0.030 in., and then lower to zero over a one second period. Practice until the lowering rate becomes relatively uniform. As an alternative raise the foot to 0.060 in. and practice lowering to zero in a period of two seconds. When actually measuring a specimen be sure to take the reading within 2 ± 1 second after the foot comes to rest.

A.1.4 *Precision and accuracy.* Because of the greater influence of the operator, the manually operated instrument has shown less agreement among laboratories than the automatic instrument. Properly and skillfully operated, the accuracy of the manually operated instrument should be as good as that of the automatic instrument except possibly on highly compressible papers for which differences of 3% have been reported.

Your comments and suggestions on this procedure are earnestly requested and should be sent to the TAPPI Technical Operations Manager. ■



Designation: D 1922 – 00a

Standard Test Method for Propagation Tear Resistance of Plastic Film and Thin Sheeting by Pendulum Method¹

This standard is issued under the fixed designation D 1922; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope *

1.1 This test method² covers the determination of the average force to propagate tearing through a specified length of plastic film or nonrigid sheeting after the tear has been started, using an Elmendorf-type tearing tester. Two specimens are cited, a rectangular type, and one with a constant radius testing length. The latter shall be the preferred or referee specimen.

1.2 Because of (1) difficulties in selecting uniformly identical specimens, (2) the varying degree of orientation in some plastic films, and (3) the difficulty found in testing highly extensible or highly oriented materials, or both, the reproducibility of the test results may be variable and, in some cases, not good or misleading. Provisions are made in the test method to compensate for oblique directional tearing which may be found with some materials.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* Specific precautionary statements are given in Note 8.

NOTE 1—This standard and ISO 6383-2 are technically equivalent.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- D 374 Test Methods for Thickness of Solid Electrical Insulation³
 - D 618 Practice for Conditioning Plastics for Testing⁴
 - D 689 Test Method for Internal Tearing Resistance of Paper⁵
 - D 1004 Test Method for Initial Tear Resistance of Plastic Film and Sheeting⁴
 - D 4000 Classification System for Specifying Plastic Materials⁶
 - E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method⁷
- 2.2 *ISO Standard:*
ISO 6383-2 Plastics—Film and Sheeting—Determination of Tear Resistance—Part 2 Elmendorf Method⁸

3. Summary of Test Method

3.1 The force in grams required to propagate tearing across a film or sheeting specimen is measured using a precisely calibrated pendulum device. Acting by gravity, the pendulum swings through an arc, tearing the specimen from a precut slit. The specimen is held on one side by the pendulum and on the other side by a stationary member. The loss in energy by the pendulum is indicated by a pointer. The scale indication is a function of the force required to tear the specimen.

4. Significance and Use

4.1 This test method is of value in ranking relative tearing resistance of various plastic films and thin sheeting of comparable thickness. Experience has shown the test to have its best reliability on relatively less extensible films and sheeting. Variable elongation and oblique tearing effects on the more extensible films preclude its use as a precise production-control tool for these types of plastics. This test method should be used for specification acceptance testing only after it has been demonstrated that the data for the particular material are acceptably reproducible. This test method should be used for

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D20 on Plastics and is the direct responsibility of Subcommittee D20.19 on Film and Sheeting.

Current edition approved Nov. 10, 2000. Published January 2001. Originally published as D 1922 – 61 T. Last previous edition D 1922 – 00.

² This test method has been adapted from TAPPI Standard Method T 414M-49, Internal Tearing Resistance of Paper. In testing certain plastic films, problems of reproducibility and interpretation of results are encountered which require special treatment to make the test method of most value. This test method is revised here specifically for use with plastic film and thin sheeting. For more complete explanation of certain aspects of the equipment, its calibration and adjustment, refer to TAPPI Standard Method T 414M-49.

The following additional references may be of interest in connection with this test method:

Palmer, E. V., Chu, C. C., and Morgan, H. M., “Testing Textiles on the Elmendorf Tear Tester,” *Textile Research Journal*, Vol XX, No. 6, June 1950, pp. 410–417.
Elmendorf, A., “Strength Test for Paper,” *Paper*, Vol 26, April 21, 1920, p. 302.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 10.01.

⁴ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 08.01.

⁵ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 15.09.

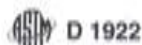
⁶ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 08.02.

⁷ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 14.02.

⁸ Available from American National Standards Institute, 11 W. 42nd St., 13th Floor, New York, NY 10036.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2099, United States.



service evaluation only after its usefulness for the particular application has been demonstrated with a number of different films.

4.2 This test method has been widely used as one index of the tearing resistance of plastic film and thin sheeting used in packaging applications. While it may not always be possible to correlate film tearing data with its other mechanical or toughness properties, the apparatus of this test method provides a controlled means for tearing specimens at straining rates approximating some of those found in actual packaging service.

4.3 Due to orientation during their manufacture, plastic films and sheeting frequently show marked anisotropy in their resistance to tearing. This is further complicated by the fact that some films elongate greatly during tearing, even at the relatively rapid rates of loading encountered in this test method. The degree of this elongation is dependent in turn on film orientation and the inherent mechanical properties of the polymer from which it is made. These factors make tear resistance of some films reproducible between sets of specimens to $\pm 5\%$ of the mean value, while others may show no better reproducibility than $\pm 50\%$.

4.4 Data obtained by this test method may supplement that from Test Method D 1004, wherein the specimen is strained at a rate of 50 mm (2 in.) per min. However, specimen geometry and testing speed of the two test methods are dissimilar. The rate of tearing in this test method, while varying as a function of resistance to tear, is in the range from 7.6 to 46 m (300 to 1800 in./min).

4.5 There is not a direct, linear relationship between tearing force and specimen thickness. Data from this test method are expressed as tearing force in millinewtons (or grams-force, if desired), with specimen thickness also reported. But sets of data from specimens of dissimilar thickness are usually not comparable. Therefore, only data at the same thickness can be compared.

4.6 For many materials, there may be a specification that requires the use of this test method, but with some procedural modifications that take precedence when adhering to the specification. Therefore, it is advisable to refer to that material specification before using this test method. Table 1 of Classification System D 4000 lists the ASTM materials standards that currently exist.

5. Apparatus

5.1 *Pendulum Impulse-Type Testing Apparatus*,⁹ consisting of the following:

5.1.1 *Stationary Clamp*.

5.1.2 *Movable Clamp*, carried on a pendulum, preferably formed by a sector of a wheel or circle, free to swing on a ball bearing or other substantially frictionless bearing.

5.1.3 *Stop Catch*, for holding the pendulum in a raised position and for releasing it instantaneously.

5.1.4 *Indicating Device*, for registering the maximum arc through which the pendulum swings when released. The

pendulum shall carry a circumferential scale, graduated from 0 to 100 % of the machine capacity so as to read against the pointer the average force required to tear a specimen 43 mm (1.7 in.). The pointer and scale may be replaced by an electronic digital readout. Digital readouts are available which will give test results directly in millinewtons, directly in grams-force, or in percent of pendulum capacity. With the pendulum in its initial position ready for test, separate the two clamps by an interval of 2.54 mm (0.10 in.). So align them that the specimen clamped in them lies in a plane perpendicular to the plane of oscillation of the pendulum with the edges of the jaws gripping the specimen in a horizontal line, a perpendicular to which through the axis of suspension of the pendulum is 102.7 ± 0.05 mm (4.044 ± 0.002 in.) in length and makes an angle of 27.5° with the plane of the film specimen. The clamping surface in each jaw shall be at least 25.4 mm (1 in.) in width and at least 12.7 mm (0.5 in.) in depth.

5.1.5 *Capacity*—Instruments of several capacities, 1960, 3920, 7840, 15 600, 31 360, 62 720 mN (200, 400, 800, 1600, 3200, 6400 gf), and perhaps others are available. These capacities can be achieved by individual instruments, interchangeable pendulum sectors, or augmenting weights.

5.2 *Template, Die, or Shear-Type Cutter*,¹⁰ for cutting specimens.

5.3 *Razor Blades*, single-edged, for cutting specimens where a template is used.

5.4 *Thickness-Measuring Device*—A suitable micrometer, or other thickness gage, reading to 0.0025 mm (0.0001 in.) for measuring the thickness of test specimens. The pressure exerted by the gage on the specimen being measured shall not distort or deform the specimen. For thin films, ≤ 0.025 mm (0.001 in.), or films that exhibit visual deformation during measurement, a maximum pressure of 70 kPa (10 psi) is recommended. For thicker or stiffer films, the pressure shall be between 160 and 185 kPa (23 and 27 psi), in accordance with Method C of Test Methods D 374.

6. Test Specimens

6.1 Test specimens shall be cut, as shown in Fig. 1, to form a constant-radius testing length. This shall be the preferred or referee specimen type since its geometry automatically compensates for the problem of oblique tearing (Note 2 and Note 3). Alternatively, specimens shall be cut to form a rectangle 76 mm (3 in.) or more in width by 63 mm (2.5 in.) in length and plainly marked to denote intended direction of tear. The 63-mm specimen dimension shall be the direction of tear. Two sets of specimens shall be cut from each sample so that their sides are parallel to (1) the machine direction and (2) the transverse direction, respectively, of the material being tested. Enough specimens shall be cut in each direction to provide a minimum of ten tear strength determinations.

NOTE 2—Specimens having constant-radius testing lengths are designed to correct for oblique directional tearing encountered in certain anisotropic, elastomeric films, and nonrigid sheeting. For purposes of

⁹ Equipment available from the Thwing-Albert Instrument Co., Philadelphia, PA 19144, meets the requirements for this apparatus.

¹⁰ The TA63 Sample Cutter, Catalog No. 98, available from the Thwing-Albert Instrument Co., Philadelphia, PA 19144, has been found satisfactory for cutting specimens.

ASTM D 1922

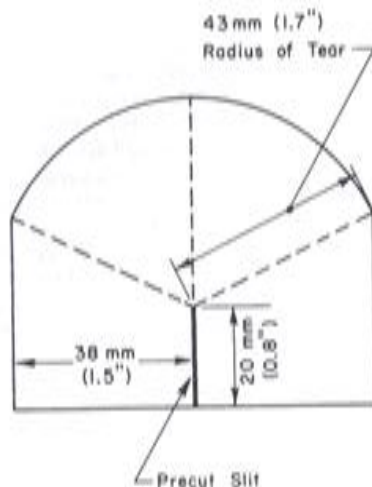


FIG. 1 Constant-Radius Test Specimen for Tear Resistance Test

specimen selection, oblique tearing is defined as tearing in a curved or straight line that deviates more than 9.5 mm (3/8 in.) from the vertical line of intended tear.

NOTE 3—Certain film and sheeting specimens showing oblique tearing may yield data of poor reproducibility because the axis of maximum orientation varies as much as 30° from the nominal machine direction. When this is suspected, the sample may be examined by crossed Polaroid plates to determine this direction of maximum orientation and the specimens cut along the axis of anisotropy for testing parallel and normal to it.

6.2 Where a metal template is used, the film or sheeting shall be placed on a hard surface. The template shall be held over it and the specimens cut out using a single-edged razor blade.

6.3 When the specimen is cut out, a slit 20 mm (0.8 in.) deep may be made at the center of the edge perpendicular to the direction to be tested. This leaves exactly 43 mm (1.7 in.) of tearing length between the end of the slit and the opposite edge of the specimen. This slit may be cut into the specimen after it has been placed in the testing apparatus.

NOTE 4—The pendulum apparatus may be fitted with a sharp-loaded knife to make this slit in the specimen after it has been clamped in the apparatus. The action of the knife must be such as to make a clean slit exactly 20 mm (0.8 in.) into the specimen from the edge.

7. Adjustment of Apparatus

7.1 Pendulum Friction:

7.1.1 *Older Instruments*—To check the pendulum swing for freedom from excess friction, level the apparatus and draw a pencil line on the base or stop mechanism 25.4 mm (1 in.) to the right of the edge of the sector stop. With the sector raised to its initial position and the pointer set against its stop, on releasing the sector and holding the stop down, the sector should make at least 20 complete oscillations before the edge of the sector that engages with the stop no longer passes to the left of the pencil line. Otherwise, oil and adjust the bearing.

7.1.2 *Newer Instruments*—In recent years, a new type of frictionless bearing made of synthetic material has been used.

This bearing will not necessarily allow the pendulum sector to make 20 complete oscillations as the older one did. This does not mean that there is excess friction in the pendulum swing. These newer bearings should not be oiled. Consult the instructions supplied with the instrument for guidance.

7.2 *Pointer Friction*—Check the pointer friction as follows: Set the pointer at zero reading on the scale before releasing the sector, and after release see that the pointer is not pushed more than three scale divisions beyond zero. A reading of more than three divisions indicates excessive pointer friction and the pointer should be removed, the bearing wiped clean, and a trace of oil or petroleum jelly applied. When the pointer friction has been reduced, finally adjust the pointer stop.

7.3 *Pointer Zero Reading*—To check the pointer for its zero point, level the apparatus so that, with the sector free, the line on the sector indicating the vertical point of suspension coincides with a corresponding point on the base of the apparatus, usually placed on the stop mechanism. After leveling, operate the apparatus several times with nothing in the jaws, the movable jaw being closed, to ascertain whether the pointer registers zero with no load. If zero is not registered, adjust the position of the pointer stop by means of the pointer stop thumb screw until a zero reading is obtained.

8. Verification of Scale

8.1 The scale may be verified either by the procedure described in Test Method D 689 and repeated here, or by the method which uses the Elmendorf check weights obtainable from the manufacturer. The method in Test Method D 689 is relatively time-consuming and complicated. The check weight method is relatively simple.

8.2 Test Method D 689 Procedure:

8.2.1 To verify the scale, first mark the center of gravity of the weight (including means of attaching) by a punched dot on the face of the weight. Then clamp a known weight in grams, W , to the radial edge of the sector beneath the jaws.


8.2.2 Raise and set the sector as for tearing a specimen and, by means of a suitable scale, measure the height in centimetres, h , of the center of gravity of the weight above the surface upon which the apparatus rests. Then release the sector, allow it to swing, and note the pointer reading. Without touching the pointer, raise the sector until the edge of the pointer just meets with its stop, in which position again determine the height in centimetres, H , of the center of gravity of the weight above the surface.

8.2.3 The work done is $W(H - h)$ gram-centimetres. The pointer reading noted above should be the same as that calculated as follows:

$$W(H - h)/137.6$$

8.2.4 Five weights from 75 to 400 g form a suitable range for calibration of the apparatus, one or more being clamped on the edge of the sector in different positions. Calculate the work done in raising each and add together.

8.2.5 Make a record of deviations of the pointer from the calculated readings and make corresponding corrections in the test results at the proper points on the scale.

 D 1922

8.2.6 It is unnecessary to repeat the calibration of the instrument provided it is kept in adjustment and no parts become changed or worn.

8.3 *Check Weight Method*¹¹:

8.3.1 Use a set of three check weights calibrated for scale values of 20, 50, and 80 % of the pendulum capacity. Sets of check weights of these values are available for each pendulum capacity. These weights should be so constructed that each weight can be inserted in the clamps by the procedure used for a test specimen.

8.3.2 With the pendulum in the raised position, open the clamp of the pendulum. Slide the tang of the weight into position, and fasten it securely into the clamp. The body of the weight must be beneath the clamp. Depress the pendulum stop, thus releasing the pendulum. Hold down the stop until after the tear is completed and catch the pendulum on the return swing. Read the indicating device to the nearest division.

8.3.3 Repeat this procedure with each of the check weights.

9. **Conditioning**

9.1 *Conditioning*—Condition the test specimens at 23 ± 2°C (73.4 ± 3.6°F) and 50 ± 5 % relative humidity for not less than 40 h prior to test in accordance with Procedure A of Practice D 618 for these tests where conditioning is required. In cases of disagreement, the tolerances shall be ±1°C (±1.8°F) and ±2 % relative humidity.

9.2 *Test Conditions*—Conduct tests in the standard laboratory atmosphere of 23 ± 2°C (73.4 ± 3.6°F) and 50 ± 5 % relative humidity, unless otherwise specified in the test method. In cases of disagreement, the tolerances shall be ±1°C (±1.8°F) and ±2 % relative humidity.

10. **Procedure**

10.1 Test not less than ten specimens in each of the principal film or sheeting directions. Measure and record the thickness of each specimen as the average of three readings across its center in the direction in which it is to be torn. Read the thickness to a precision of 0.0025 mm (0.0001 in.) or better except for sheeting greater than 0.25-mm (10-mils) thickness, which is read to a precision of 0.025 mm (0.001 in.) or better.

10.2 With the pendulum in its raised position, place the specimen midway in the clamps so that its upper edge is parallel to the top of the clamps and the initial slit (if it was made when the specimen was cut) is at the bottom of and between the clamps at right angles to their top.

10.3 Slit the firmly clamped specimen with the sharp spring-loaded knife if it has not been slit during cutting. Lay the upper testing portion of the specimen over in the direction of the pendulum pivot.

Note 5—The work done in tearing a specimen includes a certain amount of work to bend continuously the film or sheeting as it is torn, to provide for the rubbing of the torn edges of the specimen together, and to lift the specimen against the force of gravity. Consequently, it is necessary

to specify certain empirical requirements for both the apparatus and the method to keep the additional work not used for tearing to approximately a definite quantity.

10.4 Release the sector stop and tear the specimen. As the sector completes its return swing, catch it with the thumb and forefinger of the left hand, being careful not to disturb the position of the pointer.

10.5 Examine the specimen. If it tore through the constant-radius section within an approximate angle of 60° on either side of the vertical line of intended tear, record the pointer reading to the nearest 0.5 unit. If the line of tear was more than approximately 60° from the vertical, reject the reading and test an extra specimen in its place. If rectangular specimens are tested, reject all specimens that tear obliquely more than 9.5 mm (3/8 in.) from the vertical line of intended tear. Test extra specimens to replace those rejected. When oblique tearing is frequent, the test may be performed along and normal to the axis of maximum orientation (see Note 3) instead of along machine and transverse directions.

Note 6—In addition to tearing in a curved or oblique direction, some specimens may elongate along the line of tear to such an extent that the actual tearing length may be considerably more than the standard 43-mm (1.7-in.) dimension. As the degree or length of this elongation cannot be measured, the data cannot be corrected for its effect. However, when this has occurred, a note should be included in the report of data. This elongation tendency of certain films may cause poorer reproducibility.

Note 7—The maximum accuracy of the pendulum apparatus lies in the scale range from 20 to 60. When thin specimens are being tested, it may be advisable to test enough specimens sandwiched together to produce a scale reading between 20 and 60. However, certain specimens in the same sandwich may tear obliquely in opposite directions, which may lead to falsely high results. When this tearing behavior is encountered, single specimens must be tested, even though scale readings may be in the range below 20. If tearing loads are in excess of 60, the augmenting weight attachment may be used to double the capacity of the apparatus or a higher-capacity pendulum may be used. For thin film, it is recommended that single specimens and a lower-capacity tester be used rather than several specimens and a higher capacity machine. If the scale reading is below 10 on a 200-g pendulum, multiple plies may be used. The number of plies used should be the number required to bring the reading above 10.

11. **Calculation**

11.1 Calculate the average tearing force in millinewtons and, if desired, in grams-force as follows:

11.1.1 If the standard 1600-gf instrument with a 0 to 100 scale is used, calculate as follows:

$$\text{Average tearing force, mN} = \frac{16 \times 9.81 \times \text{average scale reading}}{n}$$

$$\text{Average tearing force, gf} = \frac{16 \times \text{average scale reading}}{n}$$

where:

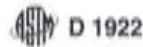
n = 1, or number of plies, if used. See Note 6.

11.1.2 If an instrument of different grams-force capacity with a 0 to 100 scale is used, calculate as follows:

$$\text{Average tearing force, mN} = \frac{16 \times 9.81 \times \text{average scale reading} \times \text{gf-capacity}}{n \times 1600 \text{ gf}}$$

Average tearing force, gf

¹¹ Elmendorf calibration check weights are available from the Thwing-Albert Instrument Co., Philadelphia, PA 19144. Use of these weights will permit direct calibration of the apparatus in a shorter time.



$$= \frac{16 \times \text{average scale reading} \times \text{gf-capacity}}{n \times 1600 \text{ gf}}$$

where:

$n = 1$, or number of plies, if used. See Note 6.

11.1.3 If an instrument has an SI metric scale (for example, 0 to 1000 graduations), calculate as follows:

Average tearing force, mN

$$= \frac{16 \times \text{average scale reading} \times \text{capacity, N}}{n \times 15.7 \text{ N}}$$

Average tearing force, gf

$$= \frac{16 \times \text{average scale reading} \times \text{capacity, N}}{9.81 \times n \times 15.7 \text{ N}}$$

where:

$n = 1$, or number of plies, if used. See Note 6.

11.1.4 If an instrument has a direct-reading scale (for example, digital readout) in millinewtons, calculate as follows:

$$\text{Average tearing force, mN} = \frac{\text{average scale reading}}{n}$$

$$\text{Average tearing force, gf} = \frac{\text{average scale reading}}{9.81 \times n}$$

where:

$n = 1$, or number of plies, if used. See Note 6.

11.1.5 If an instrument has a direct-reading scale (for example, digital readout) in grams-force, calculate as follows:

$$\text{Average tearing force, mN} = \frac{\text{average scale reading} \times 9.81}{n}$$

$$\text{Average tearing force, gf} = \frac{\text{average scale reading}}{n}$$

where:

$n = 1$, or number of plies, if used. See Note 6.

A direct proportionality may not always exist between tearing force and specimen thickness. Therefore, this test method provides for reporting data in millinewtons, or, if desired, grams of force required to propagate tearing with specimen thickness reported separately.

11.2 Calculate the arithmetic mean, \bar{X} , tearing resistance in each principal direction of the film or sheeting.

11.3 Calculate the standard deviation of the tearing resistance in each principal direction to two significant figures as follows:

$$s = \sqrt{(\sum X^2 - n\bar{X}^2)/(n - 1)}$$

where:

s = estimated standard deviation,

X = value of a single observation,

n = number of observations, and

\bar{X} = arithmetic mean of the set of observations

11.4 The average, standard deviation, maximum, and minimum values of the tearing resistance may be obtained from the digital readout device, if applicable.

TABLE 1 Propagation Tear Resistance (Elmendorf Tear) Machine Direction

Material	Values Expressed in Units of Grams-Force				
	Average	S_L^A	S_L^B	r^2	R^2
Polystyrene	3.44	0.74	0.78	2.06	2.17
HDPE No. 1	11.51	1.15	2.56	3.22	7.18
HDPE No. 2	13.69	1.11	3.13	3.09	8.76
Polypropylene	15.46	1.50	1.93	4.10	5.41
Polyester	53.45	1.34	3.60	3.74	10.09
LDPE—LD 104	333.0	19.57	61.88	54.79	173.3
LLDPE	377.4	12.35	52.28	34.58	146.4

^A S_L = within-laboratory standard deviation for the material stated. It is obtained by pooling the standard deviations of the test results from each laboratory.

$$S_L = [(\sum (S_L)^2 + (S_L)^2 \dots + (S_L)^2)/n]^{1/2} \quad (1)$$

^B S_L = between-laboratories standard deviation for the material stated. It is a pooling of the amounts by which the average of the test results for each laboratory deviate from the overall average for that material.

¹ r = within-laboratory repeatability limit = $2.8 \times S_L$.

² R = between-laboratories reproducibility limit = $2.8 \times S_R$.

TABLE 2 Propagation Tear Resistance (Elmendorf Tear) Transverse Direction

Material	Values Expressed in Units of Grams-Force				
	Average	S_T^A	S_T^B	r^2	R^2
Polystyrene	3.03	0.89	1.00	2.48	2.80
Polyester	55.96	1.36	4.44	3.81	11.59
LDPE—LD 104	267.7	12.79	26.26	35.81	73.59
HDPE No. 1	304.1	12.38	18.20	34.65	50.96
HDPE No. 2	782.7	34.28	70.77	96.00	198.2
LLDPE	804.4	40.18	58.27	112.5	163.2
Polypropylene	804.6	63.46	226.1	177.7	633.0

^A S_T = within-laboratory standard deviation for the material stated. It is obtained by pooling the standard deviations of the test results from each laboratory.

$$S_T = [(\sum (S_T)^2 + (S_T)^2 \dots + (S_T)^2)/n]^{1/2} \quad (2)$$

^B S_T = between-laboratories standard deviation for the material stated. It is a pooling of the amounts by which the average of the test results for each laboratory deviate from the overall average for that material.

¹ r = within-laboratory repeatability limit = $2.8 \times S_T$.

² R = between-laboratories reproducibility limit = $2.8 \times S_R$.

12. Report

12.1 Report the following information:

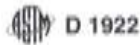
12.1.1 Complete identification of the sample tested including source, manufacturer's name and code number, method of fabrication, roll or lot number, and date received or made.

12.1.2 Type and direction of specimens tested: rectangular or constant radius, parallel or normal to the machine direction of the film. If tests were performed with reference to an axis of maximum orientation that did not coincide with the machine or transverse direction of the film, the report should also include the location of this axis relative to the latter directions.

12.1.3 Number of specimens tested at one time, and the number tested in each principal direction of the film.

12.1.4 Average, maximum, and minimum values for specimen thickness and for machine and transverse tearing resistance (if data are obtained from specimens in both principal directions), expressed in millinewtons, or grams-force, if desired to the nearest whole number.

12.1.5 Standard deviation from the average(s) of the tearing resistance in the machine and transverse directions, if both directions are tested, and



12.1.6 Capacity of the tester.

13. Precision and Bias¹²

13.1 Table 1 and Table 2 are based on a round robin conducted between 1986 and 1990 in accordance with Practice E 691, involving seven materials tested by seven laboratories. For each material, all the samples were prepared at one source, and randomized sections of film were sent to each of the laboratories which prepared the test specimens and tested them. Each “test result” was the average of ten determinations. Each laboratory obtained two test results for each material.

Note: 8—**Caution:** The following explanations of *r* and *R* (13.2-13.2.3) are only intended to present a meaningful way of considering the approximate precision of this test method. The data in Table 1 and Table 2 should not be rigorously applied to acceptance or rejection of material, as those data are specific to the round robin and may not be representative of other lots, conditions, materials, or laboratories. Users of this test method should apply the principles outlined in Practice E 691 to generate data specific to their laboratory and materials, or between specific laboratories. The principles of 13.2-13.2.3 would then be valid for such data.

¹² Supporting data are available from ASTM Headquarters. Request RR:D20-1177.

13.2 *Concept of r and R*—If *S_r* and *S_R* have been calculated from a large enough body of data, and for test results that were the result of testing ten specimens:

13.2.1 *Repeatability Limit, r*—(Comparing two test results for the same material, obtained by the same operator using the same equipment on the same day.) The two test results should be judged not equivalent if they differ by more than the “*r*” value for that material.

13.2.2 *Reproducibility Limit, R*—(Comparing two test results for the same material, obtained by different operators using different equipment in different laboratories.) The two test results should be judged not equivalent if they differ by more than the “*R*” value for that material.

13.2.3 Any judgment in accordance with 13.2.1 or 13.2.2 would have an approximate 95 % (0.95) probability of being correct.

13.3 There are no recognized standards to estimate bias of this test method.

14. Keywords

14.1 Elmendorf; nonrigid sheeting; plastic film; tear; thin sheeting

SUMMARY OF CHANGES

This section identifies the location of selected changes to this test method. For the convenience of the user, Committee D20 has highlighted those changes that may impact the use of this test method. This section may also include descriptions of the changes or reasons for the changes, or both.

D 1922 – 94a:

(1) Added an ISO equivalency statement.

D 1922 – 00:

(1) Incorporated editorial corrections.

(2) Revised subcommittee jurisdiction.

(3) Revised gage pressure specification (see 5.4).

D 1922 – 00a:

(1) Revised gage pressure specification (see 5.4).

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).



Designation: D 882 – 02

Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting¹

This standard is issued under the fixed designation D 882; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

These test methods have been approved for use by agencies of the Department of Defense to replace Method 1013 of Federal Test Method Standard 406.

1. Scope *

1.1 This test method covers the determination of tensile properties of plastics in the form of thin sheeting, including film (less than 1.0 mm (0.04 in.) in thickness).

NOTE 1—Film has been arbitrarily defined as sheeting having nominal thickness not greater than 0.25 mm (0.010 in.).

NOTE 2—Tensile properties of plastics 1.0 mm (0.04 in.) or greater in thickness shall be determined according to Test Method D 638.

1.2 This test method may be used to test all plastics within the thickness range described and the capacity of the machine employed.

1.2.1 *Static Weighing, Constant-Rate-of-Grip Separation Test*—This test method employs a constant rate of separation of the grips holding the ends of the test specimen.

1.3 Specimen extension may be measured in these test methods by grip separation, extension indicators, or displacement of gage marks.

1.4 A procedure for determining the tensile modulus of elasticity is included at one strain rate.

NOTE 3—The modulus determination is generally based on the use of grip separation as a measure of extension; however, the desirability of using extensometers, as described in 5.2, is recognized and provision for the use of such instrumentation is incorporated in the procedure.

1.5 Test data obtained by this test method is relevant and appropriate for use in engineering design.

1.6 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values in parentheses are provided for information only.

1.7 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

NOTE 4—This test method is similar to ISO 527-3, but is not considered

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee D20 on Plastics and are the direct responsibility of Subcommittee D20.10 on Mechanical Properties.

Current edition approved April 10, 2002. Published June 2002. Originally published as D 882 – 46 T. Last previous edition D 882 – 01.

technically equivalent. ISO 527-3 allows for additional specimen configurations, specifies different test speeds, and requires an extensometer or gage marks on the specimen.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D 618 Practice for Conditioning Plastics for Testing²

D 638 Test Method for Tensile Properties of Plastics²

D 4000 Classification System for Specifying Plastic Materials³

D 5947 Test Methods for Physical Dimensions of Solid Plastic Specimens⁴

D 6287 Practice for Cutting Film and Sheeting Test Specimens⁴

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines⁵

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method⁶

2.2 ISO Standard:

ISO 527-3 Plastics—Determination of Tensile Properties—Part 3: Test Conditions for Films and Sheets⁷

3. Terminology

3.1 *Definitions*—Definitions of terms and symbols relating to tension testing of plastics appear in the Annex to Test Method D 638.

3.1.1 *line grips*—grips having faces designed to concentrate the entire gripping force along a single line perpendicular to the direction of testing stress. This is usually done by combining one standard flat face and an opposing face from which protrudes a half-round.

3.1.2 *tear failure*—a tensile failure characterized by fracture initiating at one edge of the specimen and progressing across the specimen at a rate slow enough to produce an anomalous load-deformation curve.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.01.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.02.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.03.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

⁷ Available from American National Standards Institute, 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.



4. Significance and Use

4.1 Tensile properties determined by this test method are of value for the identification and characterization of materials for control and specification purposes. Tensile properties may vary with specimen thickness, method of preparation, speed of testing, type of grips used, and manner of measuring extension. Consequently, where precise comparative results are desired, these factors must be carefully controlled. This test method shall be used for referee purposes, unless otherwise indicated in particular material specifications. For many materials, there may be a specification that requires the use of this test method, but with some procedural modifications that take precedence when adhering to the specification. Therefore, it is advisable to refer to that material specification before using this test method. Table 1 in Classification D 4000 lists the ASTM materials standards that currently exist.

4.2 Tensile properties may be utilized to provide data for research and development and engineering design as well as quality control and specification. However, data from such tests cannot be considered significant for applications differing widely from the load-time scale of the test employed.

4.3 The tensile modulus of elasticity is an index of the stiffness of thin plastic sheeting. The reproducibility of test results is good when precise control is maintained over all test conditions. When different materials are being compared for stiffness, specimens of identical dimensions must be employed.

4.4 The tensile energy to break (TEB) is the total energy absorbed per unit volume of the specimen up to the point of rupture. In some texts this property has been referred to as *toughness*. It is used to evaluate materials that may be subjected to heavy abuse or that might stall web transport equipment in the event of a machine malfunction in end-use applications. However, the rate of strain, specimen parameters, and especially flaws may cause large variations in the results. In that sense, caution is advised in utilizing TEB test results for end-use design applications.

4.5 Materials that fail by tearing give anomalous data which cannot be compared with those from normal failure.

5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—A testing machine of the constant rate-of-crosshead-movement type and comprising essentially the following:

5.1.1 *Fixed Member*—A fixed or essentially stationary member carrying one grip.

5.1.2 *Movable Member*—A movable member carrying a second grip.

5.1.3 *Grips*—A set of grips for holding the test specimen between the fixed member and the movable member of the testing machine; grips can be either the fixed or self-aligning type. In either case, the gripping system must minimize both slippage and uneven stress distribution.

5.1.3.1 *Fixed grips* are rigidly attached to the fixed and movable members of the testing machine. When this type of grip is used, care must be taken to ensure that the test specimen is inserted and clamped so that the long axis of the test specimen coincides with the direction of pull through the center line of the grip assembly.

5.1.3.2 Self-aligning grips are attached to the fixed and movable members of the testing machine in such a manner that they will move freely into alignment as soon as a load is applied so that the long axis of the test specimen will coincide with the direction of the applied pull through the center line of the grip assembly. The specimens should be aligned as perfectly as possible with the direction of pull so that no rotary motion that may induce slippage will occur in the grips; there is a limit to the amount of misalignment self-aligning grips will accommodate.

5.1.3.3 The test specimen shall be held in such a way that slippage relative to the grips is prevented insofar as possible. Grips lined with thin rubber, crocus-cloth, or pressure-sensitive tape as well as file-faced or serrated grips have been successfully used for many materials. The choice of grip surface will depend on the material tested, thickness, etc. Line grips padded on the round face with 1.0 mm (40 mil) blotting paper or filter paper have been found superior. Air-actuated grips have been found advantageous, particularly in the case of materials that tend to "neck" into the grips, since pressure is maintained at all times. In cases where samples frequently fail at the edge of the grips, it may be advantageous to increase slightly the radius of curvature of the edges where the grips come in contact with the test area of the specimen.

5.1.4 *Drive Mechanism*—A drive mechanism for imparting to the movable member a uniform, controlled velocity with respect to the stationary member. The velocity shall be regulated as specified in Section 9.

5.1.5 *Load Indicator*—A suitable load-indicating mechanism capable of showing the total tensile load carried by the test specimen held by the grips. This mechanism shall be essentially free of inertial lag at the specified rate of testing (see Note 5). Unless a suitable extensometer is used (see 5.2), the motion of the weighing system shall not exceed 2 % of the specimen extension within the range being measured. The load indicator shall determine the tensile load applied to the specimen with an accuracy of ± 1 % of the indicated value, or better. The accuracy of the testing machine shall be verified in accordance with Practices E 4.

5.1.6 *Crosshead Extension Indicator*—A suitable extension-indicating mechanism capable of showing the amount of change in the separation of the grips, that is, crosshead movement. This mechanism shall be essentially free of inertial lag at the specified rate of testing (see Note 5) and shall indicate the crosshead movement with an accuracy of ± 1 % of the indicated value, or better.

5.2 *Extensometer (Optional)*—A suitable instrument may, if desired, be used for determining the distance between two designated points on the test specimen as the specimen is stretched. This apparatus, if employed, shall be so designed as to minimize stress on the specimen at the contact points of the specimen and the instrument (see 8.3). It is desirable that this instrument automatically record the distance, or any change in it, as a function of the load on the test specimen or of the elapsed time from the start of the test, or both. If only the latter is obtained, load-time data must also be taken. This instrument must be essentially free of inertial lag at the specified speed of testing (see Note 5).

 D 882

5.2.1 Modulus of Elasticity and Low-Extension Measurements—Extensometers used for modulus of elasticity and low-extension (less than 20 % elongation) measurements shall, at a minimum, be accurate to ± 1 % and comply with the requirements set forth in Practice E 83 for a Class C instrument.

5.2.2 High-Extension Measurements—Instrumentation and measuring techniques used for high-extension (20 % elongation or greater) measurements shall be accurate to ± 10 % of the indicated value, or better.

NOTE 5—A sufficiently high response speed in the indicating and recording system for the load and extension data is essential. The response speed required of the system will depend in part on the material tested (high or low elongation) and the rate of straining.

5.3 Thickness Gage—A dead-weight dial micrometer as prescribed in Method C of Test Methods D 5947, or an equivalent measuring device, reading to 0.0025 mm (0.0001 in.) or less.

5.4 Width-Measuring Devices—Suitable test scales or other width measuring devices capable of measuring 0.25 mm (0.010 in.) or less.

5.5 Specimen Cutter—For the apparatus and techniques for cutting film and sheeting used in this test method, refer to Practice D 6287.

5.5.1 Devices that use razor blades have proven especially suitable for materials having an elongation-at-fracture above 10 to 20 %.

5.5.2 The use of punch press or striking dies are not recommended because poor and inconsistent specimen edges may be produced.

6. Test Specimens

6.1 The test specimens shall consist of strips of uniform width and thickness at least 50 mm (2 in.) longer than the grip separation used.

6.2 The nominal width of the specimens shall be not less than 5.0 mm (0.20 in.) or greater than 25.4 mm (1.0 in.).

6.3 A width-thickness ratio of at least eight shall be used. Narrow specimens magnify effects of edge strains or flaws, or both.

6.4 The utmost care shall be exercised in cutting specimens to prevent nicks and tears which are likely to cause premature failures (Note 6). The edges shall be parallel to within 5 % of the width over the length of the specimen between the grips.

NOTE 6—Microscopical examination of specimens may be used to detect flaws due to sample or specimen preparation.

6.5 Wherever possible, the test specimens shall be selected so that thickness is uniform to within 10 % of the thickness over the length of the specimen between the grips in the case of materials 0.25 mm (0.010 in.) or less in thickness and to within 5 % in the case of materials greater than 0.25 mm (0.010 in.) in thickness but less than 1.00 mm (0.040 in.) in thickness.

NOTE 7—In cases where thickness variations are in excess of those recommended in 6.5, results may not be characteristic of the material under test.

6.6 If the material is suspected of being anisotropic, two sets of test specimens shall be prepared having their long axes respectively parallel with and normal to the suspected direction of anisotropy.

6.7 For tensile modulus of elasticity determinations, a specimen gage length of 250 mm (10 in.) shall be considered as standard. This length is used in order to minimize the effects of grip slippage on test results. When this length is not feasible, test sections as short as 100 mm (4 in.) may be used if it has been shown that results are not appreciably affected. However, the 250-mm gage length shall be used for referee purposes. The speed of testing of shorter specimens must be adjusted in order for the strain rate to be equivalent to that of the standard specimen.

NOTE 8—Two round robin tests⁸ have shown that, for materials of less than 0.25-mm (10-mil) thickness, line grips padded on the round side with 1.0-mm (40-mil) blotting paper give the same results with a 100-mm test section as a 250-mm test section produces with flat-face grips.

NOTE 9—Excessive jaw slippage becomes increasingly difficult to overcome in cases where high modulus materials are tested in thicknesses greater than 0.25 mm (0.010 in.).

7. Conditioning

7.1 Conditioning—Condition the test specimens at $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ($73.4 \pm 3.6^\circ\text{F}$) and 50 ± 5 % relative humidity for not less than 40 h prior to test in accordance with Procedure A of Practice D 618 unless otherwise specified by contract or the relevant ASTM material specification. Reference pre-test conditioning, to settle disagreements, shall apply tolerances of $\pm 1^\circ\text{C}$ (1.8°F) and ± 2 % relative humidity.

7.2 Test Conditions—Conduct the tests at $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ($73.4 \pm 3.6^\circ\text{F}$) and 50 ± 5 % relative humidity unless otherwise specified by contract or the relevant ASTM material specification. Reference testing conditions, to settle disagreements, shall apply tolerances of $\pm 1^\circ\text{C}$ (1.8°F) and ± 2 % relative humidity.

8. Number of Test Specimens

8.1 In the case of isotropic materials, at least five specimens shall be tested from each sample.

8.2 In the case of anisotropic materials, at least ten specimens, five normal and five parallel with the principal axis of anisotropy, shall be tested from each sample.

8.3 Specimens that fail at some obvious flaw or that fail outside the gage length shall be discarded and retests made, unless such flaws or conditions constitute a variable whose effect is being studied. However, jaw breaks (failures at the grip contact point) are acceptable if it has been shown that results from such tests are in essential agreement with values obtained from breaks occurring within the gage length.

NOTE 10—In the case of some materials, examination of specimens, prior to and following testing, under crossed optical polarizers (polarizing films) provides a useful means of detecting flaws which may be, or are, responsible for premature failure.

⁸ Supporting data are available from ASTM Headquarters. Request RR: D20-1058.

D 882

9. Speed of Testing

9.1 The speed of testing is the rate of separation of the two members (or grips) of the testing machine when running idle (under no load). This rate of separation shall be maintained within 5% of the no-load value when running under full-capacity load.

9.2 The speed of testing shall be calculated from the required initial strain rate as specified in Table 1. The rate of grip separation may be determined for the purpose of these test methods from the initial strain rate as follows:

$$A = BC \quad (1)$$

where:

- A = rate of grip separation, mm (or in.)/min.
- B = initial distance between grips, mm (or in.), and
- C = initial strain rate, mm/mm-min (or in./in.-min).

9.3 The initial strain rate shall be as in Table 1 unless otherwise indicated by the specification for the material being tested.

Note 11—Results obtained at different initial strain rates are not comparable; consequently, where direct comparisons between materials in various elongation classes are required, a single initial strain rate should be used. For some materials it may be advisable to select the strain rates on the basis of percent elongation at yield.

9.4 In cases where conflicting material classification, as determined by percent elongation at break values, results in a choice of strain rates, the lower rate shall be used.

9.5 If modulus values are being determined, separate specimens shall be used whenever strain rates and specimen dimensions are not the same as those employed in the test for other tensile properties.

10. Procedure

10.1 Select a load range such that specimen failure occurs within its upper two thirds. A few trial runs may be necessary to select a proper combination of load range and specimen width.

10.2 Measure the cross-sectional area of the specimen at several points along its length. Measure the width to an accuracy of 0.25 mm (0.010 in.) or better. Measure the thickness to an accuracy of 0.0025 mm (0.0001 in.) or better for films less than 0.25 mm (0.010 in.) in thickness and to an accuracy of 1% or better for films greater than 0.25 mm (0.010 in.) but less than 1.0 mm (0.040 in.) in thickness.

10.3 Set the initial grip separation in accordance with Table 1.

10.4 Set the rate of grip separation to give the desired strain rate, based on the initial distance between the grips, in

accordance with Table 1. Zero the calibrated load weighing system, extension indicator(s) and recording system.

Note 12—Extensometers may be used for modulus of elasticity determinations with the expectation of obtaining more accurate values than may be obtained using grip separation as the effective gage length. Precautions should be taken to ensure that extensometer slippage and undue stressing of the specimen do not occur. Refer also to 6.7.

10.5 In cases where it is desired to measure a test section other than the total length between the grips, mark the ends of the desired test section with a soft, fine wax crayon or with ink. Do not scratch these marks onto the surface since such scratches may act as stress raisers and cause premature specimen failure. Extensometers may be used if available; in this case, the test section will be defined by the contact points of the extensometer.

Note 13—Measurement of a specific test section is necessary with some materials having high elongation. As the specimen elongates, the accompanying reduction in area results in a loosening of material at the inside edge of the grips. This reduction and loosening moves back into the grips as further elongation and reduction in area takes place. In effect, this causes problems similar to grip slippage, that is, exaggerates measured extension.

10.6 Place the test specimen in the grips of the testing machine, taking care to align the long axis of the specimen with an imaginary line joining the points of attachment of the grips to the machine. Tighten the grips evenly and firmly to the degree necessary to minimize slipping of the specimen during test.

10.7 Start the machine and record load versus extension.

10.7.1 When the total length between the grips is used as the test area, record load versus grip separation.

10.7.2 When a specific test area has been marked on the specimen, follow the displacement of the edge boundary line with respect to each other with dividers or some other suitable device. If a load-extension curve is desired, plot various extensions versus corresponding loads sustained, as measured by the load indicator.

10.7.3 When an extensometer is used, record load versus extension of the test area measured by the extensometer.

10.8 If modulus values are being determined, select a load range and chart rate to produce a load-extension curve at between 30 and 60° to the X axis. For maximum accuracy, use the most sensitive load scale for which this condition can be met. The test may be discontinued when the load-extension curve deviates from linearity.

10.9 In the case of materials being evaluated for secant modulus, the test may be discontinued when the specified extension has been reached.

TABLE 1 Crosshead Speeds and Initial Grip Separation

Percent Elongation at Break	Initial Strain Rate, mm/mm-min (in./in.-min)	Initial Grip Separation		Rate of Grip Separation	
		mm	in.	mm/min	in./min
Modulus of Elasticity Determination					
	0.1	250	10	25	1.0
Determinations other than Elastic Modulus					
Less than 20	0.1	125	5	12.5	0.5
20 to 100	0.5	100	4	50	2.0
Greater than 100	10.0	50	2	500	20.0

 D 882

10.10 If tensile energy to break is being determined, some provision must be made for integration of the stress-strain curve. This may be either an electronic integration during the test or a subsequent determination from the area of the finished stress-strain curve (see Annex A2).

11. Calculation

11.1 Toe compensation shall be made in accordance with Annex A1 unless it can be shown that the toe region of the curve is not due to the takeup of slack, seating of the specimen, or other artifact, but rather is an authentic material response.

11.2 *Breaking Factor* (nominal) shall be calculated by dividing the maximum load by the original minimum width of the specimen. The result shall be expressed in force per unit of width, usually newtons per metre (or pounds per inch) of width, and reported to three significant figures. The thickness of the film shall always be stated to the nearest 0.0025 mm (0.0001 in.).

Example—Breaking Factor = 1.75 kN/m (10.0 lbf/in.) of width for 0.1300-mm (0.0051-in.) thickness.

NOTE 14—This method of reporting is useful for very thin films (0.13 mm (0.005 in.) and less) for which breaking load may not be proportional to cross-sectional area and whose thickness may be difficult to determine with precision. Furthermore, films which are in effect laminar due to orientation, skin effects, nonuniform crystallinity, etc., have tensile properties disproportionate to cross-sectional area.

11.3 *Tensile Strength* (nominal) shall be calculated by dividing the maximum load by the original minimum cross-sectional area of the specimen. The result shall be expressed in force per unit area, usually megapascals (or pounds-force per square inch). This value shall be reported to three significant figures.

NOTE 15—When tear failure occurs, so indicate and calculate results based on load and elongation at which tear initiates, as reflected in the load-deformation curve.

11.4 *Tensile Strength at Break* (nominal) shall be calculated in the same way as the tensile strength except that the load at break shall be used in place of the maximum load (Note 15 and Note 16).

NOTE 16—In many cases tensile strength and tensile strength at break are identical.

11.5 *Percent Elongation at Break* shall be calculated by dividing the extension at the moment of rupture of the specimen by the initial gage length of the specimen and multiplying by 100. When gage marks or extensometers are used to define a specific test section, only this length shall be used in the calculation; otherwise the distance between the grips shall be used. The result shall be expressed in percent and reported to two significant figures (Note 15).

11.6 *Yield Strength*, where applicable, shall be calculated by dividing the load at the yield point by the original minimum cross-sectional area of the specimen. The result shall be expressed in force per unit area, usually megapascals (or pounds-force per square inch). This value shall be reported to three significant figures. Alternatively, for materials that exhibit Hookean behavior in the initial part of the curve, an offset yield strength may be obtained as described in the Appendix of Test

Method D 638. In this case the value should be given as “yield strength at —% offset.”

11.7 *Percent Elongation at Yield*, where applicable, shall be calculated by dividing the extension at the yield point by the initial gage length of specimen and multiplying by 100. When gage marks or extensometers are used to define a specific test section, only this length shall be used in the calculation. Before calculating, correct the extension for “toe compensation” as described in Annex A1. The results shall be expressed in percent and reported to two significant figures. When offset yield strength is used, the elongation at the offset yield strength may be calculated.

11.8 *Elastic Modulus* shall be calculated by drawing a tangent to the initial linear portion of the load-extension curve, selecting any point on this tangent, and dividing the tensile stress by the corresponding strain. Before calculating, correct the extension for “toe compensation” as described in Annex A1. For purposes of this determination, the tensile stress shall be calculated by dividing the load by the average original cross section of the test section. The result shall be expressed in force per unit area, usually megapascals (or pounds-force per square inch), and reported to three significant figures.

11.9 *Secant Modulus*, at a designated strain, shall be calculated by dividing the corresponding stress (nominal) by the designated strain. Elastic modulus values are preferable and shall be calculated whenever possible. However, for materials where no proportionality is evident, the secant value shall be calculated. Draw the tangent as directed in A1.3 and Fig. A1.2 of Annex A1, and mark off the designated strain from the yield point where the tangent line goes through zero stress. The stress to be used in the calculation is then determined by dividing the load at the designated strain on the load-extension curve by the original average cross-sectional area of the specimen.

11.10 *Tensile Energy to Break*, where applicable, shall be calculated by integrating the energy per unit volume under the stress-strain curve or by integrating the total energy absorbed and dividing it by the volume of the original gage region of the specimen. As indicated in Annex A2, this may be done directly during the test by an electronic integrator, or subsequently by computation from the area of the plotted curve. The result shall be expressed in energy per unit volume, usually in megajoules per cubic metre (or inch-pounds-force per cubic inch). This value shall be reported to two significant figures.

11.11 For each series of tests, the arithmetic mean of all values obtained shall be calculated to the proper number of significant figures.

11.12 The standard deviation (estimated) shall be calculated as follows and reported to two significant figures:

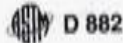
$$s = \sqrt{(\sum X^2 - n \bar{X}^2)/(n - 1)} \quad (2)$$

where:

- s = estimated standard deviation,
- X = value of a single observation,
- n = number of observations, and
- \bar{X} = arithmetic mean of the set of observations.

12. Report

12.1 Report the following information:



- 12.1.1 Complete identification of the material tested, including type, source, manufacturer's code number, form, principal dimensions, previous history, and orientation of samples with respect to anisotropy (if any).
- 12.1.2 Method of preparing test specimens,
- 12.1.3 Thickness, width, and length of test specimens,
- 12.1.4 Number of specimens tested,
- 12.1.5 Strain rate employed,
- 12.1.6 Grip separation (initial),

ments were taken by five laboratories. The relative precision obtained in this interlaboratory study is in Table 2.

13.1.1 In deriving the estimates in Table 2, statistical outliers were not removed, in keeping with Practice E 691.⁹

13.1.2 The within-lab standard deviation of a mean value, S_x , in each case was determined from the standard deviation, S_x , of the five individual specimens as follows: $S_x = S_x / (5)^{1/2}$. The S_x values were pooled among laboratories for a given material to obtain the within-lab standard deviation, S_x , of a

TABLE 2 Precision Data for Modulus

Material	Thickness, mils	Average, 10 ³ psi	Tangent Modulus			
			S_x , 10 ³ psi	S_m , 10 ³ psi	I_n , 10 ³ psi	I_m , 10 ³ psi
LDPE	1.4	53.9	1.01	6.81	5.12	24.9
HDPE	1.6	191	5.47	16.2	15.5	45.9
PP	1.1	425	10.3	31.5	29.0	89.1
PET	0.9	672	13.8	55.5	39.1	157.1
Secant Modulus						
LDPE	1.4	45.0	2.11	3.43	5.98	9.70
HDPE	1.6	150	3.29	9.56	9.30	27.1
PP	1.1	372	4.66	26.5	13.2	74.9
PET	0.9	640	10.0	27.5	26.4	77.6

- 12.1.7 Crosshead speed (rate of grip separation),
- 12.1.8 Gage length (if different from grip separation),
- 12.1.9 Type of grips used, including facing (if any),
- 12.1.10 Conditioning procedure (test conditions, temperature, and relative humidity if nonstandard),
- 12.1.11 Anomalous behavior such as tear failure and failure at a grip,
- 12.1.12 Average breaking factor and standard deviation,
- 12.1.13 Average tensile strength (nominal) and standard deviation,
- 12.1.14 Average tensile strength at break (nominal) and standard deviation,
- 12.1.15 Average percent elongation at break and standard deviation,
- 12.1.16 Where applicable, average tensile energy to break and standard deviation,
- 12.1.17 In the case of materials exhibiting "yield" phenomenon: average yield strength and standard deviation; and average percent elongation at yield and standard deviation,
- 12.1.18 For materials which do not exhibit a yield point: average —% offset yield strength and standard deviation; and average percent elongation at —% offset yield strength and standard deviation,
- 12.1.19 Average modulus of elasticity and standard deviation (if secant modulus is used, so indicate and report strain at which calculated), and
- 12.1.20 When an extensometer is employed, so indicate.

13. Precision and Bias

13.1 Two interlaboratory tests have been run for these tensile properties. The first was run for modulus only, in 1977, in which randomly drawn samples of four thin (~ 0.025 mm (0.001-in.)) materials were tested with five specimens in each laboratory. Elastic (tangent) modulus measurements were made by six laboratories, and secant (1 %) modulus measure-

test result (mean of five specimens). See 13.3-13.3.2 for definitions of terms in the tables.

13.2 An interlaboratory test was run for all the other tensile properties except modulus in 1981, in which randomly drawn samples of six materials (one of these in three thicknesses) ranging in thickness from 0.019 to 0.178 mm (0.00075 to 0.007 in.) were tested in seven laboratories. A test result was defined as the mean of five specimen determinations. However, each laboratory tested eight specimens, and the S_x was determined from $S_x = S_x / (5)^{1/2}$ as above. This was done to improve the quality of the statistics while maintaining their applicability to a five-specimen test result. The materials and their thicknesses are identified in Tables 3-7, each of which contain data for one of the following properties: tensile yield stress, yield elongation, tensile strength, tensile elongation at break, and tensile energy at break (see Note 17).¹⁰

NOTE 17—Subsequent to filing the research report, examination of the LDPE used in this study between crossed polarizers revealed lengthwise lines representing substantial widthwise variation in molecular orientation, that probably was not successfully randomized out of the between-lab component of variance.

NOTE 18—Caution: The following explanations of I_y and I_R (13.3-13.3.3) are only intended to present a meaningful way of considering the Approximate precision of this test method. The data in Table 2 should not be rigorously applied to the acceptance or rejection of material, as those data are specific to the round robin and may not be representative of other lots, conditions, materials, or laboratories. Users of this test method should apply the principles outlined in Practice E 691 to generate data specific to their laboratory and materials, or between specific laboratories. The principles of 13.3-13.3.3 would then be valid for such data.

⁹ Supporting data are available from ASTM Headquarters. Request RR: D11084.

¹⁰ Supporting data are available from ASTM Headquarters. Request RR: D1101.

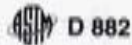


TABLE 3 Precision Data for Yield Stress

Material	Thickness, mils	Average, 10 ³ psi	(S) ^a 10 ³ psi	(S _m) ^b 10 ³ psi	R _r ^c 10 ³ psi	R _R ^d 10 ³ psi
LDPE	1.0	1.49	0.051	0.13	0.14	0.37
HDPE	1.0	4.33	0.084	0.16	0.24	0.44
PP	0.75	6.40	0.13	0.52	0.37	1.46
PC	4.0	8.59	0.072	0.29	0.20	0.82
CTA	5.3	11.4	0.12	0.50	0.34	1.43
PET	4.0	14.3	0.12	0.23	0.34	0.66
PET	2.5	14.4	0.14	0.54	0.40	1.52
PET	7.0	14.4	0.13	0.36	0.37	1.03

^a S_r is the within-laboratory standard deviation of the average.
^b S_m is the between-laboratories standard deviation of the average.
^c I_r = 2.83 S_r
^d I_R = 2.83 S_m

TABLE 4 Precision Data for Yield Elongation

Material	Thickness, mils	Average, %	(S) ^a , %	(S _m) ^b , %	R _r ^c , %	R _R ^d , %
PP	0.75	3.5	0.15	0.41	0.42	1.2
PET	2.5	5.2	0.26	0.92	0.74	2.8
PET	4.0	5.3	0.25	0.60	0.71	1.7
PET	7.0	5.4	0.14	1.05	0.40	3.0
CTA	5.3	5.4	0.19	0.99	0.64	2.8
PC	4.0	6.9	0.24	0.98	0.66	2.8
HDPE	1.0	8.8	0.32	1.82	0.91	5.2
LDPE	1.0	10.0	0.55	3.41	1.56	9.6

Note 1—See Table 3 for footnote explanation.

TABLE 5 Precision Data for Tensile Strength

Material	Thickness, mils	Average, 10 ³ psi	(S) ^a 10 ³ psi	(S _m) ^b 10 ³ psi	R _r ^c 10 ³ psi	R _R ^d 10 ³ psi
LDPE	1.0	3.42	0.14	0.53	0.40	1.5
HDPE	1.0	6.87	0.27	0.81	0.76	2.3
PC	4.0	12.0	0.34	0.93	0.96	2.6
CTA	5.3	14.6	0.20	1.37	0.57	3.9
PP	0.75	28.4	1.57	4.56	4.4	12.9
PET	4.0	28.9	0.65	1.27	1.8	3.6
PET	7.0	30.3	0.89	1.32	2.3	3.7
PET	2.5	30.6	1.22	2.64	3.4	7.5

Note 1—See Table 3 for footnote explanation.

TABLE 6 Precision Data for Elongation at Break

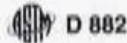
Material	Thickness, mils	Average, %	(S) ^a , %	(S _m) ^b , %	R _r ^c , %	R _R ^d , %
CTA	5.3	26.4	1.0	4.3	3	12
PP	0.75	57.8	4.4	12.7	12	36
PET	2.5	120	8.0	14.6	23	41
PET	7.0	132	5.8	10.6	16	30
PET	4.0	134	4.4	12.2	12	35
PC	4.0	165	5.4	17.1	16	48
LDPE	1.0	206	24.4	73.3	69	210
HDPE	1.0	570	26.0	91.7	74	260

Note 1—See Table 3 for footnote explanation.

13.3 For the purpose of compiling summary statistics, a test result has been defined to be the average of five replicate measurements of a property for a material in a laboratory, as specified in this test method. Summary statistics are given in Table 3. In each table, for the material indicated, S(r) is the pooled within-laboratory standard deviation of a test result, S(R) is the between-laboratory standard deviation of a test result, where r equals 2.83 × S(r) (see 13.3.1) and R equals 1.83 × S(R) (see 13.3.2).

13.3.1 *Repeatability, I_r* (Comparing two test results for the same material, obtained by the same operator using the same equipment on the same day)—The two test results should be judged not equivalent if they differ by more than the I_r value for that material.

13.3.2 *Reproducibility*—In comparing two mean values for the same material obtained by different operators using different equipment on different days, either in the same



D 882

TABLE 7 Precision Data for Tensile Energy to Break

Material	Thickness, mils	Average, 10^3 $n=5$	$(S_x)^2 \cdot 10^3$ $n=5$	$(S_y)^2 \cdot 10^3$ $n=5$	$(r)^2 \cdot 10^3$ $n=5$	$(R)^2 \cdot 10^3$ $n=5$
CTA	5.0	3.14	0.14	0.70	0.4	2.0
LDPE	1.0	5.55	0.84	2.47	2.4	7.0
PP	0.75	11.3	1.19	3.11	3.4	8.8
PC	4.0	12.9	0.59	1.55	1.7	4.4
HDPE	1.0	26.0	1.87	5.02	5.3	14.2
PET	2.5	26.1	2.13	4.20	6.0	11.9
PET	4.0	27.1	1.42	2.75	4.0	7.8
PET	7.0	28.4	1.71	2.72	4.8	7.7

NOTE 1—See Table 3 for footnote explanation.

laboratory or in different laboratories, the means should be judged not equivalent if they differ by more than the *R* value for that material.

13.3.3 Any judgment made in accordance with 13.3.1 and 13.3.2 would have an approximate 95 % (0.95) probability of being correct.

13.3.4 For further information, see Practice E 691.

13.4 *Bias*—The systematic error which contributes to the difference between a test result and a true (or reference) value.

There are no recognized standards on which to base an estimate of bias for these test methods.

14. Keywords

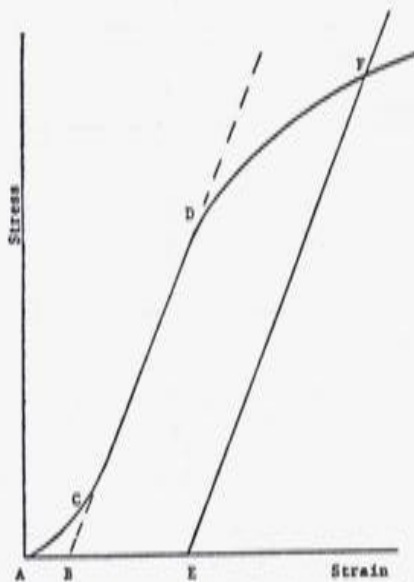
14.1 modulus of elasticity; plastic film; plastic sheeting; tensile properties; tensile strength; toughness; yield stress

ANNEXES

(Mandatory Information)

A1. TOE COMPENSATION

A1.1 In a typical stress-strain curve (Fig. A1.1) there is a



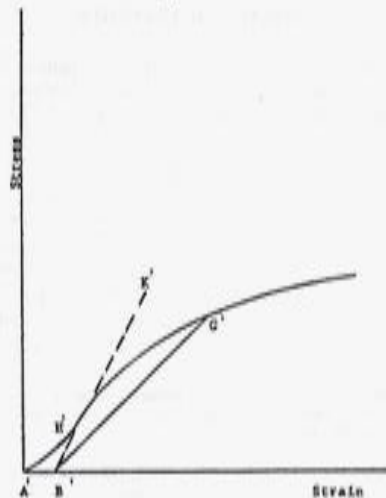
NOTE 1—Some chart recorders plot the mirror image of this graph.
FIG. A1.1 Material with Hookean Region

toe region, AC, which does not represent a property of the material. It is an artifact caused by a takeup of slack, and alignment or seating of the specimen. In order to obtain correct values of such parameters as modulus, strain, and offset yield point, this artifact must be compensated for to give the corrected zero point on the strain or extension axis.

A1.2 In the case of a material exhibiting a region of Hookean (linear) behavior (Fig. A1.1), a continuation of the linear (CD) region of the curve is constructed through the zero-stress axis. This intersection (B) is the corrected zero-strain point from which all extensions or strains must be measured, including the yield offset (BE), if applicable. The elastic modulus can be determined by dividing the stress at any point along the line CD (or its extension) by the strain at the same point (measured from point B, defined as zero-strain).

A1.3 In the case of a material that does not exhibit any linear region (Fig. A1.2), the same kind of toe correction of the zero-strain point can be made by constructing a tangent to the maximum slope at the inflection point (H'). This is extended to intersect the strain axis at point B', the corrected zero-strain point. Using point B' as zero strain, the stress at any point (G') on the curve can be divided by the strain at that point to obtain a secant modulus (slope of line B'G'). For those materials with no linear region, any attempt to use the tangent through the inflection point as a basis for determination of an offset yield point may result in unacceptable error.

ASTM D 882



NOTE 1—Some chart recorders plot the mirror image of this graph.
 FIG. A1.2 Material with No Hookean Region

A2. DETERMINATION OF TENSILE ENERGY TO BREAK

A2.1 Tensile energy to break (TEB) is defined by the area under the stress-strain curve, or

$$TEB = \int_0^{\epsilon_T} S \, d\epsilon \quad (A2.1)$$

where S is the stress at any strain, ϵ , and ϵ_T is the strain at rupture. The value is in units of energy per unit volume of the specimen's initial gage region. TEB is most conveniently and accurately measured with a tension tester equipped with an integrator. The calculation is then:

$$TEB = \frac{IK}{\frac{(\text{full scale load}) (\text{chart speed}) (\text{crosshead speed/chart speed})}{(\text{mean caliper}) (\text{specimen width}) (\text{gage length})}} \quad (A2.2)$$

where I is the integrator count reading and K is the maximum possible count per unit time for a constant full scale load. This whole calculation is typically done electronically. The results are best expressed in megajoules per cubic metre (or inch-pounds-force per cubic inch).

A2.2 Without an integrator, the area under the recorded stress-strain curve can be measured by planimeter, counting

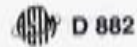
squares, or weighing the cut-out curve. These techniques are time-consuming and likely to be less accurate, since the load scale on some chart paper is not in round-number dimensions. Moreover, if the curve coordinates are in terms of force and extension instead of stress and strain, the calculated energy, corresponding to the measured area, must be divided by the product of gage length, specimen width, and mean caliper:

$$TEB = \frac{(\text{curve area}) (\text{force per unit chart scale})}{(\text{mean caliper}) (\text{specimen width}) (\text{gage length})} \quad (A2.3)$$

A2.3 For example, if the area under a force-extension curve is 60 000 mm², the load coordinate is 2.0 N/mm of chart scale, the extension coordinate is 0.25 mm of extension per mm of chart travel, and the specimen dimensions are 0.1 mm caliper, 15 mm width and 100 mm gage length, then the calculation for tensile energy to break is:

$$TEB = \frac{(60\,000 \text{ mm}^2) (2.0 \text{ N/mm}) (0.25 \times 10^{-3} \text{ m/mm})}{(0.1 \times 10^{-3} \text{ m}) (15 \times 10^{-3} \text{ m}) (100 \times 10^{-3} \text{ m})} \quad (A2.4)$$

$$TEB = 200 \text{ MJ/m}^3$$



D 882

SUMMARY OF CHANGES

This section identifies the location of selected changes to this test method. For the convenience of the user, Committee D20 has highlighted those changes that may impact the use of this test method. This section may also include descriptions of the changes or reasons for the changes, or both.

D 882 – 02:

(1) Revised 7.1 and 7.2.

D 882 – 01:

(1) Section 5.5 rewritten.

(2) Note 6 deleted.

(3) Added Practice D 6287 to Referenced Documents section.

D 882 – 00:

(1) Added 11.1.

D 882 – 97:

(1) Note 3 rewritten and moved.

(2) ISO equivalency statement changed in Note 4.

(3) ISO reference changed in 2.2.

(4) Apparatus section (Section 5) rewritten.

(5) Table 1 deleted. Table 2 renumbered as Table 1.

(6) Sections 10.3 and 10.4 rewritten.

(7) Note 13 deleted. New Note 12 added.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19426-2909, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ANEXO 4. Análisis e interpretación de pruebas de tipo físico y mecánico.

El análisis e interpretación de resultados para las pruebas de tipo físico y mecánico se analiza a partir de estadística descriptiva que contempla a las medidas de tendencia central y dispersión. El objetivo de calcular dichas medidas es comprobar la precisión y exactitud entre los datos obtenidos y hacer una comparación entre ellos y estimar la incertidumbre de cada una de las pruebas. A continuación se detallan los parámetros calculados para hacer un análisis de tipo estadístico que resguarden los datos medidos

- Media aritmética.
- Varianza.
- Desviación estándar.
- Precisión como coeficiente de variación.
- Intervalo de confianza para la media aritmética.
- Método de los mínimos cuadrados
 - Intercepto.
 - Pendiente.
 - R^2 .
- Error Típico.

➤ **Media Aritmética**

En matemáticas y estadística, la **media aritmética** (también llamada **promedio** o simplemente **media**) de un conjunto finito de números es igual a la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos.

Dados los n números $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, la media aritmética se define simplemente como:

$$\chi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} \quad \text{Ecuación A1.}$$

➤ **Varianza.**

Otra medida de dispersión en estadística, es la **varianza** se define como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su media. Además es una medida de dispersión y es igual a la suma de los cuadrados de las desviaciones de las observaciones con respecto a su promedio, dividido por el número de observaciones menos uno. Si a_1, a_2, \dots, x_n es una muestra de n observaciones la varianza es.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i - X)^2}{n-1} \text{ Ecuación A2.}$$

➤ **Desviación estándar**

La **desviación estándar**, s , es la raíz cuadrada positiva de la varianza de esta forma se tiene:

$$S = \sqrt{S^2} \text{ Ecuación A3.}$$

➤ **Precisión como coeficiente de variación**

El **coeficiente de variación (de Pearson)**, es una medida de dispersión útil para comparar dispersiones a escalas distintas pues es una medida invariante ante cambios de escala. Sirve para comparar variables que están a distintas escalas pero que están correlacionadas estadísticamente y sustantivamente con un factor en común. Es decir, ambas variables tienen una relación causal con ese factor. Su fórmula expresa la desviación estándar como porcentaje de la media aritmética, mostrando una mejor interpretación porcentual del grado de variabilidad que la desviación típica o estándar.

$$CV = \frac{S}{X} \text{ Ecuación A4.}$$

➤ **Intervalo de confianza para la media aritmética.**

En el contexto de estimar un parámetro poblacional, un intervalo de confianza es un rango de valores (calculado en una muestra) en el cual se encuentra el verdadero valor del parámetro, con una probabilidad determinada.

La probabilidad de que el verdadero valor del parámetro se encuentre en el intervalo construido se denomina nivel de confianza, y se denota $1-\alpha$. La probabilidad de equivocarnos se llama nivel de significancia y se simboliza α . Generalmente se construyen intervalos con confianza $1-\alpha=95\%$ (o significancia $\alpha=5\%$). Menos frecuentes son los intervalos con $\alpha=10\%$ o $\alpha=1\%$.

Para construir un intervalo de confianza, se puede comprobar que la distribución Normal Estándar cumple:

$$P(-1.96 < z < 1.96) = 0.95 \text{ Ecuación A 5a.}$$

(lo anterior se puede comprobar con una tabla de probabilidades o un programa computacional que calcule probabilidades normales).

Luego, si una variable X tiene distribución $N(\mu, \sigma^2)$, entonces el 95% de las veces se cumple:

$$-1.96 \leq \frac{X - \mu}{\sigma} \sqrt{n} \leq 1.96 \quad \text{Ecuación A 5b.}$$

Despejando μ en la ecuación se tiene:

$$x - z_{\alpha/2} \sigma / \sqrt{n} \leq \mu \leq x + z_{\alpha/2} \sigma / \sqrt{n} \quad \text{Ecuación A 5c.}$$

El resultado es un intervalo que incluye al μ el 95% de las veces. Es decir, es un intervalo de confianza al 95% para la media μ cuando la variable X es normal y σ^2 es conocido.

➤ Método de los mínimos cuadrados

En estadística la regresión lineal o ajuste lineal es un método matemático que modela la relación entre una variable dependiente Y , las variables independientes X y un término aleatorio ε . Este modelo puede ser expresado como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon \quad \text{Ecuación A6.}$$

donde β_0 es la intersección o término "constante", las β_i ($i > 0$) son los parámetros respectivos a cada variable independiente, y p es el número de parámetros independientes a tener en cuenta en la regresión. La regresión lineal puede ser contrastada con la regresión no lineal.

Regresión Lineal

La Ecuación General es de la forma:

$$Y = mx + b \quad \text{Ecuación A7.}$$

Donde

$$Pendiente = m = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad \text{Ecuación A 7a.}$$

$$Interseccion = b = \frac{\sum y - m(\sum x)}{n} \quad \text{Ecuación A 7b.}$$

Lo cual implica:

$$\sum xy = \textit{suma del productos} = x_1y_1 + x_2y_2 + x_3y_3 \dots \dots \dots x_ny_n$$

$$\sum y = \textit{suma de valores de y} = y_1 + y_2 + y_3 \dots \dots \dots y_n$$

$$\sum x = \textit{suma de valores de x} = x_1 + x_2 + x_3 \dots \dots \dots x_n$$

$$\sum x^2 = \textit{suma de valores de x}^2 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 \dots \dots \dots x_n^2$$

A continuación se realiza un ejemplo de cálculo para cada uno de los parámetros desarrollados en las pruebas de gramaje y tensión correspondientes al análisis de tipo físico y mecánico de los empaques de polipropileno y polipropileno metalizado en el capítulo 3.

Prueba de gramaje.

Para los datos recolectados para cada una de las muestras en estudio se calcula la media aritmética, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación de la siguiente manera para prueba de gramaje según las ecuaciones A1, A2, A3.

En la tabla A17 se realiza el ejemplo de cálculo de la media aritmética de la prueba de gramaje para cada una de las muestras en estudio.

Tabla A 17. Forma de cálculo de media aritmética para la prueba de gramaje.

MUESTRA	CALCULO	RESULTADO
MX-D	$\chi = \frac{0.3942 + 0.4052 + \dots + 0.3874}{50}$	0.3920
MX-B	$\chi = \frac{0.3464 + 0.3609 + \dots + 0.3409}{50}$	0.3510
MX-F	$\chi = \frac{0.3454 + 0.3432 + \dots + 0.3771}{50}$	0.3595
MX-Y	$\chi = \frac{0.3435 + 0.3459 + \dots + 0.3036}{50}$	0.3608

En la tabla A18 se realiza el ejemplo de cálculo de varianza de la prueba de gramaje para cada una de las muestras en estudio.

Tabla A 18. Forma de cálculo de varianza para la prueba de gramaje.

MUESTRA	CALCULO	RESULTADO
MX-D	$S^2 = \frac{(0.3942 - 0.3920)^2 + (0.4052 - 0.3920)^2 + \dots + (0.3874 - 0.3920)^2}{50 - 1}$	8.2549E-05
MX-B	$S^2 = \frac{(0.3464 - 0.3510)^2 + (0.3609 - 0.3510)^2 + \dots + (0.3409 - 0.3510)^2}{50 - 1}$	5.8177E-05
MX-F	$S^2 = \frac{(0.3454 - 0.3595)^2 + (0.3432 - 0.3595)^2 + \dots + (0.3771 - 0.3595)^2}{50 - 1}$	2.2696E-04
MX-Y	$S^2 = \frac{(0.3435 - 0.3608)^2 + (0.3459 - 0.3608)^2 + \dots + (0.3036 - 0.3608)^2}{50 - 1}$	3.6159E-04

La tabla A19 muestra los ejemplos de cálculo de desviación estándar de la prueba de gramaje para cada una de las muestras en estudio.

Tabla A 19. Forma de cálculo de desviación estándar para la prueba de gramaje.

MUESTRA	CALCULO	RESULTADO
MX-D	$s = \sqrt{8.2549E - 05}$	0.0091
MX-B	$s = \sqrt{5.8177E - 05}$	0.0076
MX-F	$s = \sqrt{2.2696E - 04}$	0.0151
MX-Y	$s = \sqrt{3.6159E - 04}$	0.0190

En la tabla A20 se realiza el ejemplo de cálculo de la precisión de la prueba de gramaje para cada una de las muestras en estudio.

Tabla A 20. Forma de cálculo de precisión como CV para la prueba de gramaje.

MUESTRA	CALCULO	RESULTADO
MX-D	$CV = \frac{0.0091}{0.3920}$	2.3178
MX-B	$CV = \frac{0.0076}{0.3510}$	4.1902
MX-F	$CV = \frac{0.0151}{0.3595}$	2.1732
MX-Y	$CV = \frac{0.0190}{0.3608}$	5.2703

Estadística descriptiva para la prueba de gramaje

En el anexo anterior se define un ejemplo de cálculo de las medidas de tendencia central y dispersión de cada una de las muestra. Por esta razón en la estadística descriptiva únicamente se realizan ejemplos de cálculo para el intervalo de confianza para la media aritmética, intercepto, pendiente, regresión cuadrática y error típico ya que en la sección anterior.

La tabla A 21 contiene los parámetros analizados de cada una de las muestras para la prueba de gramaje.

Tabla A 21. Estadística descriptiva por muestra para prueba de gramaje.

PARÁMETROS ANALIZADOS	RESULTADOS DE MUESTRA POR EMPRES A			
	MX-D	MX-F	MX-B	MX-Y
Media de muestra	0.3920	0.3595	0.3510	0.3720
Gramaje (g/cm ²)	0.0091	0.0151	0.0076	0.0186
Media aritmética (g/cm ²)	36.8635			
Varianza	1.780629689			
Desviación	3.17064209			
Precisión como CV (%)	4.8303			

Para calcular la ecuación de regresión lineal se utilizo los gramajes de la prueba. Dichos valores se gráficn y posteriormente se conoce su valor de intercepto, pendiente y

cociente de R^2 por medio de las funciones INTERSECCION.EJE, PENDIENTE y COEFICIENTE.R2 de Microsoft Excel, respectivamente.

En la tabla A 22 se muestra las funciones que son el resultado del desarrollo de las ecuaciones A7.

Tabla A 22. Estadística descriptiva por muestra para prueba de gramaje.

Intervalo de confianza para la media aritmética.	Mínimo	Máximo
	32.8400	41.1550
Intercepto	0.3398	
Pendiente	0.01295	
R²	0.9737	
Error Típico	0.0034	

Prueba de tensión.

Para los datos recolectados para cada una de las muestras en estudio se calculo la media aritmética, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación de la siguiente manera para prueba de gramaje según las ecuaciones A1, A2, A3.

En la tabla A 23 se realiza el ejemplo de cálculo de media aritmética de la prueba de resistencia a la tensión para cada una de las muestras en estudio.

Tabla A 23. Forma de cálculo de media aritmética para la prueba de resistencia a la tensión.

MUESTRA	CALCULO	RESULTADO
MX-D	$\chi = \frac{40.07 + 55.71 + \dots + 37.80}{10}$	45.83
MX-B	$\chi = \frac{60.31 + 42.23 + \dots + 58.55}{10}$	54.75
MX-F	$\chi = \frac{47.73 + 55.55 + \dots + 48.37}{10}$	57.68

En la tabla A 24 se realiza el ejemplo de cálculo de varianza de la prueba de resistencia a la tensión para cada una de las muestras en estudio.

Tabla A 24. Forma de cálculo de varianza para la prueba de resistencia a la tensión.

MUESTRA	CALCULO	RESULTADO
MX-D	$s^2 = \frac{(40.07 - 45.83)^2 + (55.71 - 45.83)^2 + \dots + (37.80 - 45.83)^2}{10 - 1}$	79.2033
MX-B	$s^2 = \frac{(60.31 - 54.75)^2 + (42.23 - 54.75)^2 + \dots + (58.55 - 54.75)^2}{10 - 1}$	59.3746
MX-F	$s^2 = \frac{(47.73 - 57.68)^2 + (55.55 - 57.68)^2 + \dots + (48.37 - 57.68)^2}{10 - 1}$	77.3959

En la tabla A 25 se realiza el ejemplo de cálculo de desviación estándar de la prueba de resistencia a la tensión para cada una de las muestras en estudio.

Tabla A 25. Forma de cálculo de desviación estándar para la prueba de resistencia a la tensión.



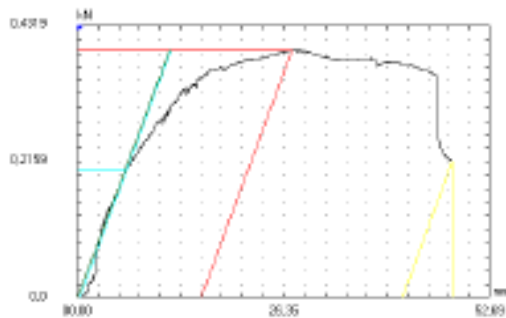
MUESTRA	CALCULO	RESULTADO
MX-D	$S = \sqrt{79.2033}$	8.8996
MX-B	$S = \sqrt{59.3746}$	7.7055
MX-F	$S = \sqrt{77.3959}$	8.7975



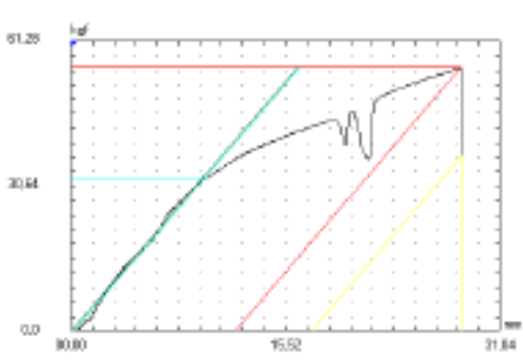
En la tabla A 26 se realiza el ejemplo de cálculo de la precisión de la prueba de resistencia a la tensión para cada una de las muestras en estudio.



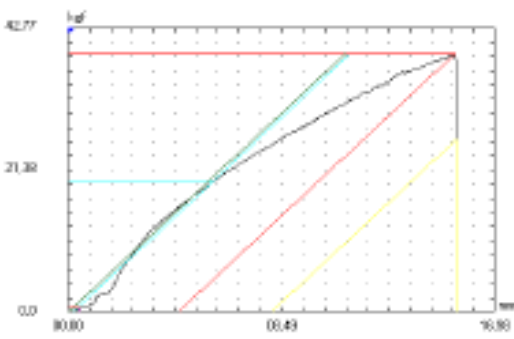
Tabla A 26. Forma de cálculo de precisión como CV para la prueba de resistencia a la tensión.



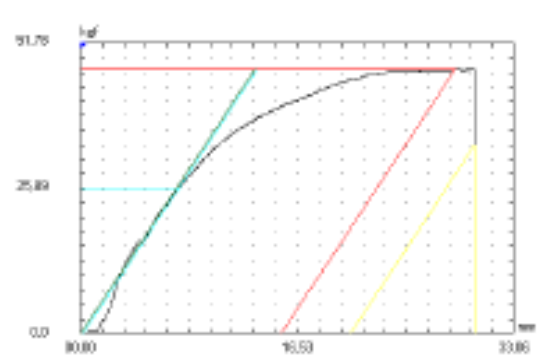
MUESTRA	CALCULO	RESULTADO
MX-D	$CV = \frac{8.8996}{45.83}$	19.4199
MX-B	$CV = \frac{7.7055}{54.75}$	14.0745
MX-F	$CV = \frac{8.7975}{57.68}$	15.2528



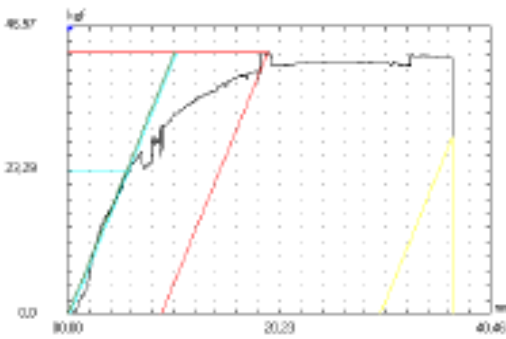
ANEXO 5. Resultado de prueba mecánica de tensión.



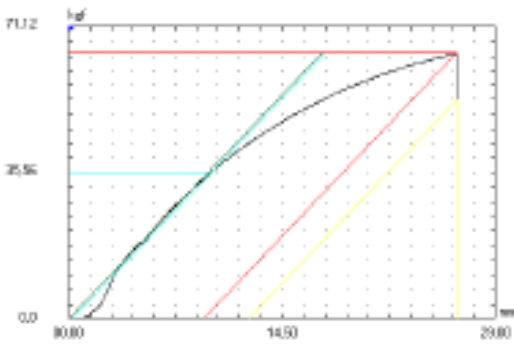
	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>	
<p>Emtido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>		
<p>31/06/11</p>		
<h3 style="margin: 0;">DATOS</h3>		
<h4 style="margin: 0;">DATOS DEL ENSAYO</h4>	<h4 style="margin: 0;">DATOS DE LA PROBETA</h4>	
Ref. ensayo PL001 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Maquina 8TIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 12,600	Ref. probeta UES Material BOPP Muestra D. NACHOS 01 Seccion Rectangular Area 47,00 mm² Longitud 126,000 mm	
<h3 style="margin: 0;">RESULTADOS</h3>		
Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 3,507 % Ag 12,563 %	Agt 21,928 % At 38,316 % Fm 0,393 kN Reh 7,069 MPa	Rel 6,833 MPa Rm 8,350 MPa Rp 4,333 MPa E 89,202 MPa
Ext. no proporcional 0,200 %		
		
<p>Notas PETICIONARIO: UES ENSAYO: TENSION EN BOPP</p>		
Operador FG	Pág. 1	



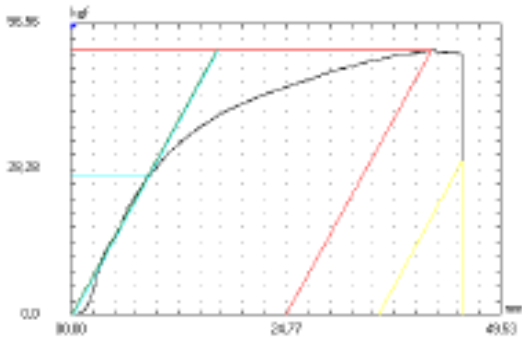
 ARRUPE LABORATORIOS	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo</h2> <h3 style="margin: 0;">Tracción</h3>	 ARRUPE LABORATORIOS
Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801		
31/06/11		
DATOS		
DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA
Ref. ensayo PL002 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Tracción Máquina STIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Tracc.) Tipo de Control Carrera Velocidad 12,600	Ref. probeta UES Material BOPP Muestra D. JALAPEÑO 02 Sección Rectangular Area 4,80 mm² Longitud 100,000 mm	
RESULTADOS		
Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 10,776 % Ag 11,801 %	Agt 28,161 % At 28,224 % Fm 55,710 kgf Reh 91,663 MPa	Rel 74,036 MPa Rm 113,820 MPa Rp 66,089 MPa E 695,685 MPa
Ext. no proporcional 0,200 %		
		
Notas PETICIONARIO: UES ENSAYO: TENSION EN BOPP		
Operador FG	Pág. 1	



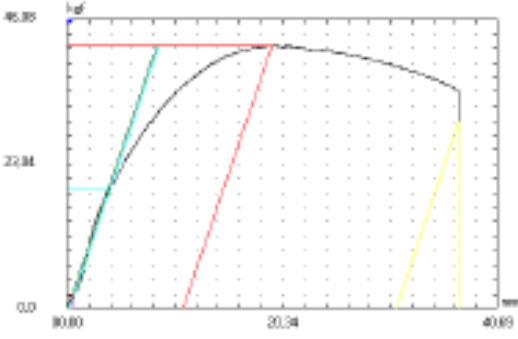
 <h2 style="text-align: center;">Informe de Ensayo Tracción</h2> 	
Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801	
31/06/11	
DATOS	
DATOS DEL ENSAYO	DATOS DE LA PROBETA
Ref. ensayo PL003 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Tracción Máquina STIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Tracc.) Tipo de Control Carrera Velocidad 60,000	Ref. probeta UE8 Material BOPP Muestra D. TOCINO 03 Seccion Rectangular Area 4,86 mm ² Longitud 100,000 mm
RESULTADOS	
Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 0,402 % Ag 4,376 %	Agt 15,381 % At 15,436 % Fm 38,880 kgf Reh 0,000 MPa
Rel 0,000 MPa Rm 82,000 MPa Rp 41,473 MPa E 745,077 MPa	Ext. no proporcional 0,200 %
	
Notas PETICIONARIO: UE8 ENSAYO:TENSION EN BOPP	
Operador FG	Pág. 1



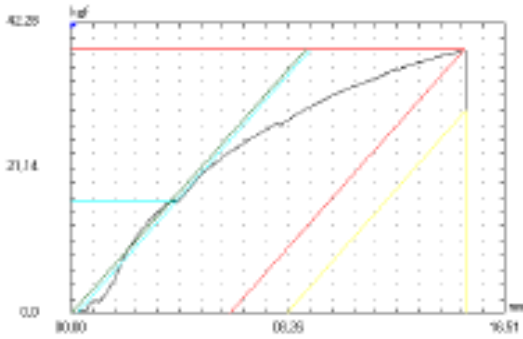
	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>	
<p>Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>		
<p>31/06/11</p>		
<h3 style="margin: 0;">DATOS</h3>		
<h4 style="margin: 0;">DATOS DEL ENSAYO</h4>		<h4 style="margin: 0;">DATOS DE LA PROBETA</h4>
<p>Ref. ensayo PL004 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Máquina 8TIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traacc.) Tipo de Control Carrera Velocidad 60,000</p>	<p>Ref. probeta UES Material BOPP Muestra D. QUESITO 06 Seccion Rectangular Area 4,76 mm² Longitud 100,000 mm</p>	
<h3 style="margin: 0;">RESULTADOS</h3>		
<p>Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 1,246 % Ag 15,276 %</p>	<p>Agt 28,552 % At 30,055 % Fm 47,070 kgf Reh 0,000 MPa</p>	<p>Rel 0,000 MPa Rm 97,180 MPa Rp 53,709 MPa E 731,979 MPa</p>
<p>Ext. no proporcional 0,200 %</p>		
		
<p>Notas PETICIONARIO: UES ENSAYO: TENSION EN BOPP</p>		
<p>Operador FG</p>		<p>Pág. 1</p>



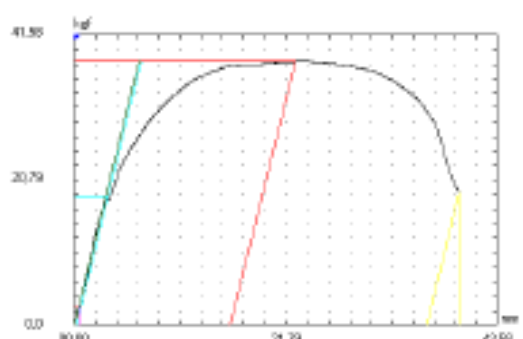
	Informe de Ensayo Tracción				
Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801					
			31/06/11		
DATOS					
DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA			
Ref. ensayo	PL006	Ref. probeta	UE8		
Norma	ASTM D 882	Material	BOPP		
Tipo de ensayo	Traacción	Muestra	D. GUESITO 8		
Maquina	STIB-100-W	Seccion	Rectangular		
Fecha de ensayo	27/06/2011	Area	4,86 mm ²		
Escala	1 / 10	Longitud	100,000 mm		
Celula	10 kN (Traac.)				
Tipo de Control	Carrera				
Velocidad	60,000				
RESULTADOS					
Lo-Lu	0,00	Agt	19,150 %	Rel	0,000 MPa
A	0,000 %	At	36,780 %	Rm	89,290 MPa
Ae	0,798 %	Fm	42,340 kgf	Rp	49,458 MPa
Ag	8,926 %	Reh	0,000 MPa	E	873,349 MPa
Ext. no proporcional		0,200 %			
					
Notas PETICIONARIO: UE8 ENSAYO:TENSION EN BOPP					
Operador FG				Pág. 1	



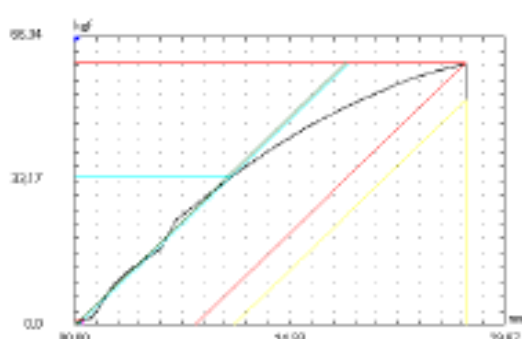
 <h2 style="text-align: center;">Informe de Ensayo Tracción</h2> 		
Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801		
31/06/11		
DATOS		
DATOS DEL ENSAYO	DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo PL008 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traoolón Máquina 8TIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traoo.) Tipo de Control Carrera Velocidad 60,000	Ref. probeta UE8 Material BOPP Muestra D. JALAPEÑO 7 Seccion Rectangular Area 4,80 mm² Longitud 100,000 mm	
RESULTADOS		
Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 1,332 % Ag 9,110 %	Agt 26,324 % At 26,361 % Fm 64,650 kgf Reh 0,000 MPa	Rel 0,000 MPa Rm 132,080 MPa Rp 72,511 MPa E 767,330 MPa
Ext. no proporcional 0,200 %		
		
Notas PETICIONARIO: UES ENSAYO:TENSION EN BOPP		
Operador FG	Pág. 1	



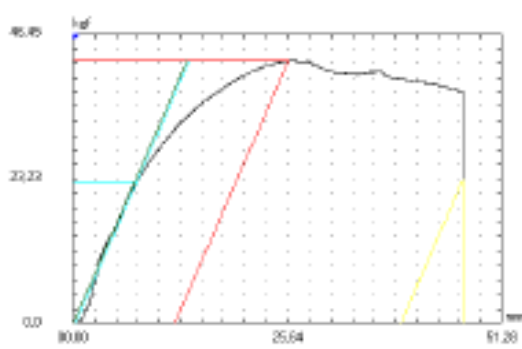
 ARRUPE LABORATORIOS	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo</h2> <h3 style="margin: 0;">Tracción</h3>	 ARRUPE LABORATORIOS
Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801		
31/06/11		
<h3 style="margin: 0;">DATOS</h3>		
DATOS DEL ENSAYO	DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo PL007 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Máquina STIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 60,000	Ref. probeta UES Material BOPP Muestra D. QUEBITO 8 Sección Rectangular Area 4,86 mm² Longitud 100,000 mm	
<h3 style="margin: 0;">RESULTADOS</h3>		
Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 1,222 % Ag 24,739 %	Agt 41,481 % At 45,033 % Fm 51,420 kgf Reh 0,000 MPa	Rel 0,000 MPa Rm 103,970 MPa Rp 54,732 MPa E 621,014 MPa
Ext. no proporcional 0,200 %		
		
Notas PETICIONARIO: UES ENSAYO: TENSION EN BOPP		
Operador FG	Pág. 1	



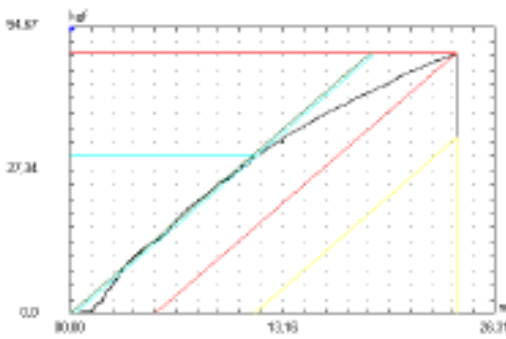
	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>	
<p>Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>		
		31/06/11
DATOS		
DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA
Ref. ensayo PL008 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Máquina STIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 60,000	Ref. probeta UES Material BOPP Muestra D. GUESITO 8 Seccion Rectangular Area 4,60 mm² Longitud 100,000 mm	
RESULTADOS		
Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae -0,139 % Ag 10,882 %	Agt 19,290 % At 36,994 % Fm 41,890 kgf Reh 0,000 MPa	Rel 0,000 MPa Rm 91,290 MPa Rp 41,767 MPa E 1085,773 MPa
Ext. no proporcional 0,200 %		
		
Notas PETICIONARIO: UES ENSAYO:TENSION EN BOPP		
Operador FG		Pág. 1



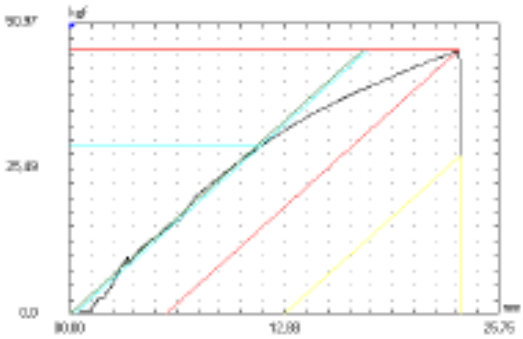
	Informe de Ensayo Tracción	
Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801		
		31/06/11
DATOS		
DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA
Ref. ensayo PL008 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Maquina 8TIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 60,000	Ref. probeta UE8 Material BOPP Muestra D. GUESITO 10 Seccion Rectangular Area 4,80 mm² Longitud 100,000 mm	
RESULTADOS		
Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 0,584 % Ag 6,034 %	Agt 14,946 % At 15,006 % Fm 38,440 kgf Reh 0,000 MPa	Rel 0,000 MPa Rm 78,530 MPa Rp 33,323 MPa E 881,200 MPa
Ext. no proporcional 0,200 %		
		
Notas PETICIONARIO: UE8 ENSAYO:TENSION EN BOPP		
Operador FG	Pág. 1	



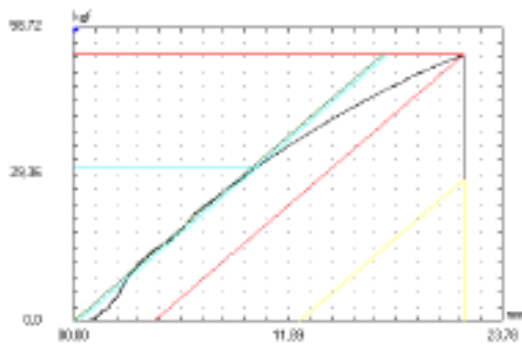
	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>		
<p>Emtido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>			
			31/06/11
DATOS			
DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo PL010 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Máquina 8TIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Camera Velocidad 60,000	Ref. probeta UE8 Material BOPP Muestra D. FAJITAS 11 Seccion Reotangular Area 4,80 mm² Longitud 100,000 mm		
RESULTADOS			
Lo-Lu 0,00	Agt 22,752 %	Rel 0,000 MPa	
A 0,000 %	At 39,621 %	Rm 77,230 MPa	
Ae 0,047 %	Fm 37,800 kgf	Rp 37,580 MPa	
Ag 16,068 %	Reh 0,000 MPa	E 1155,491 MPa	
Ext. no proporcional 0,200 %			
			
Notas PETICIONARIO: UE8 ENSAYO:TENSION EN BOPP			
Operador FG			Pág. 1



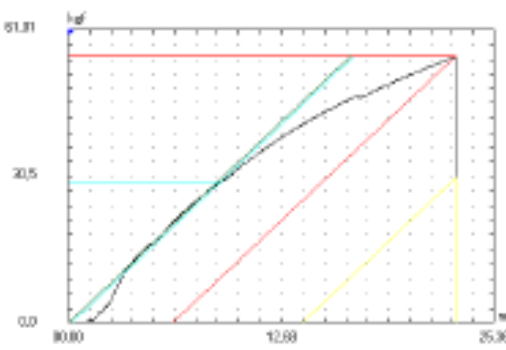
	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>		
<p>Emtido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>			
31/06/11			
DATOS			
DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo PL011 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Maquina STIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 12,600	Ref. probeta UE3 Material BOPP Muestra B. GUSTITOS 01 Seccion Rectangular Area 6,36 mm² Longitud 126,000 mm		
RESULTADOS			
Lo-Lu 0,00	Agt 21,690 %	Rel 0,000 MPa	
A 0,000 %	At 21,720 %	Rm 110,550 MPa	
Ae 0,233 %	Fm 60,310 kgf	Rp 62,756 MPa	
Ag 6,643 %	Reh 0,000 MPa	E 734,686 MPa	
Ext. no proporcional 0,200 %			
			
Notas PETICIONARIO: UE3 ENSAYO:TENSION EN BOPP			
Operador FG			Pág. 1



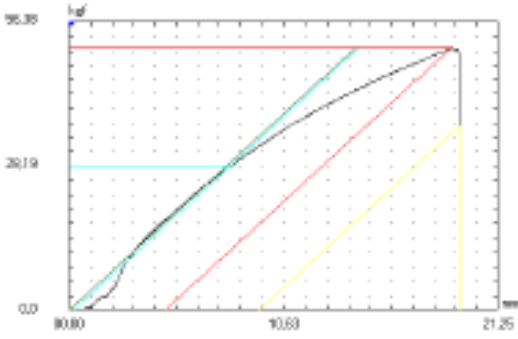
	Informe de Ensayo Tracción	
Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801		
31/06/11		
DATOS		
DATOS DEL ENSAYO	DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo PL012 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Maquina STIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 12,600	Ref. probeta UE8 Material BOPP Muestra B. PAPA8ITA 02 Seccion Rectangular Area 4,66 mm² Longitud 126,000 mm	
RESULTADOS		
Lo-Lu 0,00	Agt 20,584 %	Rel 0,000 MPa
A 0,000 %	At 37,293 %	Rm 91,020 MPa
Ae 0,829 %	Fm 42,230 kgf	Rp 49,224 MPa
Ag 9,687 %	Reh 0,000 MPa	E 835,313 MPa
Ext. no proporcional 0,200 %		
		
Notas PETICIONARIO: UE8 ENSAYO:TENSION EN BOPP		
Operador FG	Pág. 1	



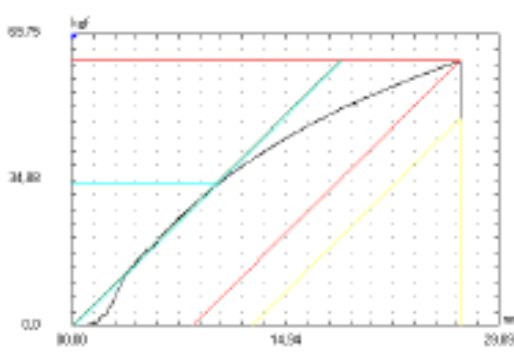
 ARRUPE LABORATORIOS	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>	 ARRUPE LABORATORIOS
Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801		
31/06/11		
DATOS		
DATOS DEL ENSAYO	DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo PL013 Norma A8TM D 882 Tipo de ensayo Traacción Maquina STIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 12,600	Ref. probeta UES Material BOPP Muestra B. BUENACHO 03 Seccion Reotangular Area 4,76 mm² Longitud 126,000 mm	
RESULTADOS		
Lo-Lu 0,00	Agt 19,093 %	Rel 0,000 MPa
A 0,000 %	At 19,137 %	Rm 102,610 MPa
Ae 1,057 %	Fm 49,700 kgf	Rp 62,031 MPa
Ag 4,225 %	Reh 0,000 MPa	E 690,137 MPa
Ext. no proporcional 0,200 %		
		
Notas PETICIONARIO: UES ENSAYO:TENSION EN BOPP		
Operador FG	Pág. 1	



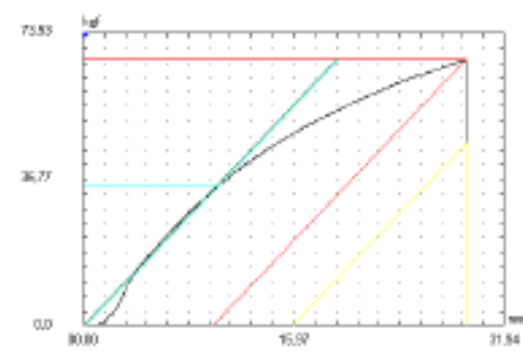
	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>	
<p>Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>		
<p>31/06/11</p>		
<h3 style="margin: 0;">DATOS</h3>		
<h4 style="margin: 0;">DATOS DEL ENSAYO</h4>		<h4 style="margin: 0;">DATOS DE LA PROBETA</h4>
<p>Ref. ensayo PL014 Norma A8TM D 882 Tipo de ensayo Traacción Maquina 8TIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 12,600</p>	<p>Ref. probeta UES Material BOPP Muestra B. GUSTITO 04 Seccion Rectangular Area 4,70 mm² Longitud 126,000 mm</p>	
<h3 style="margin: 0;">RESULTADOS</h3>		
<p>Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 0,921 % Ag 4,599 %</p>	<p>Agt 18,679 % At 18,731 % Fm 46,340 kgf Reh 0,000 MPa</p>	<p>Rel 0,000 MPa Rm 96,690 MPa Rp 61,514 MPa E 686,708 MPa</p>
<p style="text-align: center;">Ext. no proporcional 0,200 %</p>		
		
<p>Notas PETICIONARIO: UES ENSAYO: TENSION EN BOPP</p>		
<p>Operador FG</p>		<p>Pág. 1</p>



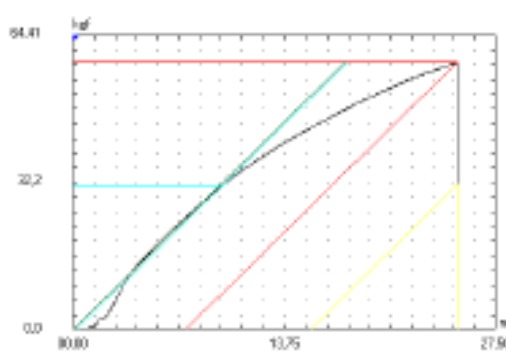
	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>	
<p>Emtido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, 88 TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>		
<p>31/06/11</p>		
<h3 style="margin: 0;">DATOS</h3>		
<h4 style="margin: 0;">DATOS DEL ENSAYO</h4>		<h4 style="margin: 0;">DATOS DE LA PROBETA</h4>
<p>Ref. ensayo PL016 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Maquina STIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 12,600</p>	<p>Ref. probeta UE8 Material BOPP Muestra B. GUESITRI 08 Seccion Rectangular Area 4,76 mm² Longitud 126,000 mm</p>	
<h3 style="margin: 0;">RESULTADOS</h3>		
<p>Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 0,944 % Ag 3,560 %</p>	<p>Agt 17,258 % At 17,298 % Fm 53,380 kgf Reh 0,000 MPa</p>	<p>Rel 0,000 MPa Rm 110,210 MPa Rp 63,708 MPa E 804,546 MPa</p>
<p>Ext. no proporcional 0,200 %</p>		
		
<p>Notas PETICIONARIO: UE8 ENSAYO:TENSION EN BOPP</p>		
<p>Operador FG</p>	<p>Pág. 1</p>	



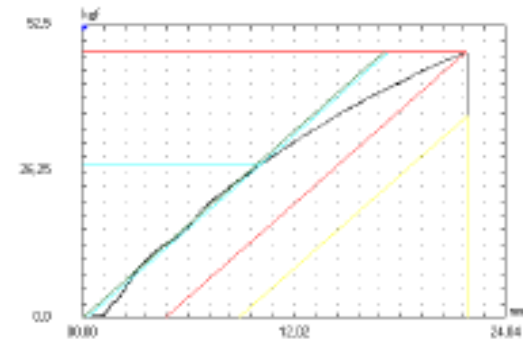
 <p>ARRUPE LABORATORIOS</p>	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo</h2> <h3 style="margin: 0;">Tracción</h3>	 <p>ARRUPE LABORATORIOS</p>																														
<p>Emtido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>																																
<p>31/06/11</p>																																
DATOS																																
DATOS DEL ENSAYO	DATOS DE LA PROBETA																															
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 30%;">Ref. ensayo</td><td>PL018</td></tr> <tr><td>Norma</td><td>ASTM D 882</td></tr> <tr><td>Tipo de ensayo</td><td>Traacción</td></tr> <tr><td>Maquina</td><td>STIB-100-W</td></tr> <tr><td>Fecha de ensayo</td><td>27/06/2011</td></tr> <tr><td>Escala</td><td>1 / 10</td></tr> <tr><td>Celula</td><td>10 kN (Traacc.)</td></tr> <tr><td>Tipo de Control</td><td>Carrera</td></tr> <tr><td>Velocidad</td><td>60,000</td></tr> </table>	Ref. ensayo	PL018	Norma	ASTM D 882	Tipo de ensayo	Traacción	Maquina	STIB-100-W	Fecha de ensayo	27/06/2011	Escala	1 / 10	Celula	10 kN (Traacc.)	Tipo de Control	Carrera	Velocidad	60,000	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 30%;">Ref. probeta</td><td>UES</td></tr> <tr><td>Material</td><td>BOPP</td></tr> <tr><td>Muestra</td><td>B. PAPA3ITA 07</td></tr> <tr><td>Seccion</td><td>Rectangular</td></tr> <tr><td>Area</td><td>6,10 mm²</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>100,000 mm</td></tr> </table>		Ref. probeta	UES	Material	BOPP	Muestra	B. PAPA3ITA 07	Seccion	Rectangular	Area	6,10 mm ²	Longitud	100,000 mm
Ref. ensayo	PL018																															
Norma	ASTM D 882																															
Tipo de ensayo	Traacción																															
Maquina	STIB-100-W																															
Fecha de ensayo	27/06/2011																															
Escala	1 / 10																															
Celula	10 kN (Traacc.)																															
Tipo de Control	Carrera																															
Velocidad	60,000																															
Ref. probeta	UES																															
Material	BOPP																															
Muestra	B. PAPA3ITA 07																															
Seccion	Rectangular																															
Area	6,10 mm ²																															
Longitud	100,000 mm																															
RESULTADOS																																
Lo-Lu	0,00	Agt	23,004 %	Rel	0,000 MPa																											
A	0,000 %	At	23,054 %	Rm	106,640 MPa																											
Ae	1,476 %	Fm	55,460 kgf	Rp	56,495 MPa																											
Ag	6,204 %	Reh	0,000 MPa	E	634,779 MPa																											
Ext. no proporcional		0,200 %																														
																																
<p>Notas PETICIONARIO: UES ENSAYO: TENSION EN BOPP</p>																																
<p>Operador FG</p>					<p>Pág. 1</p>																											



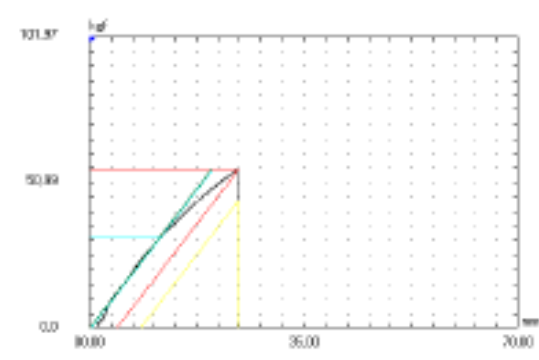
	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>	
<p>Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>		
<p>31/06/11</p>		
<h3 style="margin: 0;">DATOS</h3>		
<h4 style="margin: 0;">DATOS DEL ENSAYO</h4>		<h4 style="margin: 0;">DATOS DE LA PROBETA</h4>
<p>Ref. ensayo PL017 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Maquina STIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 60,000</p>	<p>Ref. probeta UES Material BOPP Muestra B. BUENACHO 08 Seccion Rectangular Area 4,60 mm² Longitud 100,000 mm</p>	
<h3 style="margin: 0;">RESULTADOS</h3>		
<p>Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 1,008 % Ag 4,759 %</p>	<p>Agt 18,317 % At 19,319 % Fm 51,250 kgf Reh 0,000 MPa</p>	<p>Rel 0,000 MPa Rm 111,690 MPa Rp 61,382 MPa E 788,866 MPa</p>
<p>Ext. no proporcional 0,200 %</p>		
		
<p>Notas PETICIONARIO: UES ENSAYO: TENSION EN BOPP</p>		
<p>Operador FG</p>		<p>Pág. 1</p>



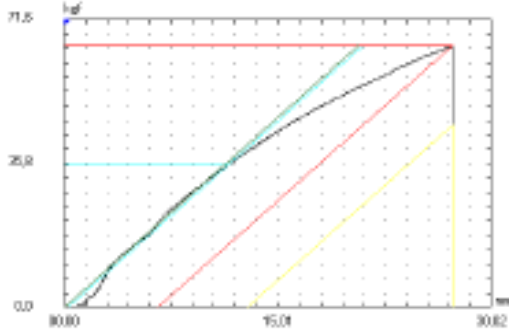
	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>		
<p>Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>			
<p>31/06/11</p>			
DATOS			
DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
<p>Ref. ensayo PL018 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Máquina STIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 60,000</p>	<p>Ref. probeta UE3 Material BOPP Muestra B. PAPASITAS 08 Sección Rectangular Area 6,00 mm² Longitud 100,000 mm</p>		
RESULTADOS			
<p>Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 1,555 % Ag 8,382 %</p>	<p>Agt 27,112 % At 27,173 % Fm 63,410 kgf Reh 0,000 MPa</p>	<p>Rel 0,000 MPa Rm 124,370 MPa Rp 66,349 MPa E 663,983 MPa</p>	
<p>Ext. no proporcional 0,200 %</p>			
			
<p>Notas PETICIONARIO: UE3 ENSAYO:TENSION EN BOPP</p>			
<p>Operador FG</p>			<p>Pág. 1</p>



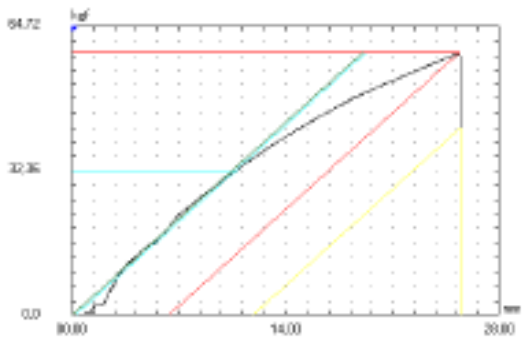
	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>	
<p>Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAFANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>		
<p>31/06/11</p>		
<h3 style="margin: 0;">DATOS</h3>		
<h4 style="margin: 0;">DATOS DEL ENSAYO</h4>		<h4 style="margin: 0;">DATOS DE LA PROBETA</h4>
<p>Ref. ensayo PL018 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traoolón Maquina 8TIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traoo.) Tipo de Control Carrera Velocidad 60,000</p>	<p>Ref. probeta UE8 Material BOPP Muestra B. PAPA 10 Seccion Rectangular Area 4,80 mm² Longitud 100,000 mm</p>	
<h3 style="margin: 0;">RESULTADOS</h3>		
<p>Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 1,523 % Ag 9,806 %</p>	<p>Agt 28,981 % At 29,036 % Fm 66,850 kgf Reh 0,000 MPa</p>	<p>Rel 0,000 MPa Rm 142,520 MPa Rp 75,200 MPa E 743,244 MPa</p>
<p>Ext. no proporcional 0,200 %</p>		
		
<p>Notas PETICIONARIO: UE8 ENSAYO:TENSION EN BOPP</p>		
<p>Operador FG</p>		<p>Pág. 1</p>



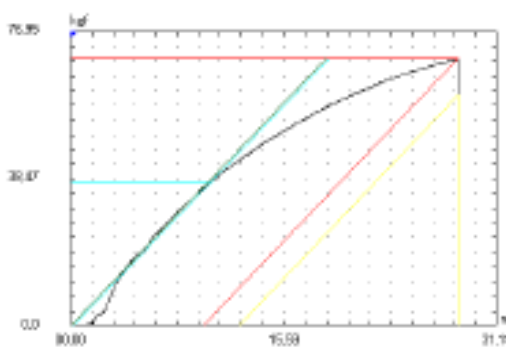
	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>	
<p>Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>		
<p>31/06/11</p>		
<h3 style="margin: 0;">DATOS</h3>		
<h4 style="margin: 0;">DATOS DEL ENSAYO</h4>		<h4 style="margin: 0;">DATOS DE LA PROBETA</h4>
<p>Ref. ensayo PL020 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Maquina 8TIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 60,000</p>	<p>Ref. probeta UES Material BOPP Muestra B. FIGUI8 11 Seccion Rectangular Area 6,00 mm² Longitud 100,000 mm</p>	
<h3 style="margin: 0;">RESULTADOS</h3>		
<p>Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 1,271 % Ag 7,282 %</p>	<p>Agt 24,939 % At 24,996 % Fm 58,550 kgf Reh 0,000 MPa</p>	<p>Rel 0,000 MPa Rm 114,840 MPa Rp 62,074 MPa E 650,414 MPa</p>
<p>Ext. no proporcional 0,200 %</p>		
		
<p>Notas PETICIONARIO: UES ENSAYO:TENSION EN BOPP</p>		
<p>Operador FG</p>		<p>Pág. 1</p>



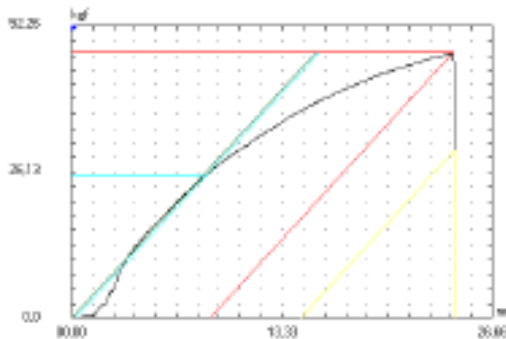
	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>		
<p>Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>			
<p>31/06/11</p>			
<h3 style="margin: 0;">DATOS</h3>			
<p>DATOS DEL ENSAYO</p>		<p>DATOS DE LA PROBETA</p>	
<p>Ref. ensayo PL021 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Máquina 8TIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Célula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 12,600</p>	<p>Ref. probeta UE3 Material BOPP Muestra F. DORITO R 1 Sección Rectangular Área 48,00 mm² Longitud 126,000 mm</p>		
<h3 style="margin: 0;">RESULTADOS</h3>			
<p>Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 0,322 % Ag 3,749 %</p>	<p>Agt 17,425 % At 17,479 % Fm 47,730 kgf Reh 0,000 MPa</p>	<p>Rel 0,000 MPa Rm 9,550 MPa Rp 5,528 MPa E 69,852 MPa</p>	
<p>Ext. no proporcional 0,200 %</p>			
			
<p>Notas PETICIONARIO: UE3 ENSAYO:TENSION EN BOPP</p>			
<p>Operador FG</p>			<p>Pág. 1</p>



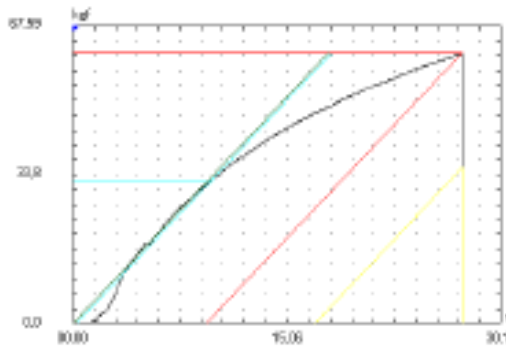
	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>	
<p>Emtido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>		
<p>31/06/11</p>		
<h3 style="margin: 0;">DATOS</h3>		
<h4 style="margin: 0;">DATOS DEL ENSAYO</h4>	<h4 style="margin: 0;">DATOS DE LA PROBETA</h4>	
<p>Ref. ensayo PL022 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Maquina STIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 12,600</p>	<p>Ref. probeta UES Material BOPP Muestra F. DORITO A 2 Seccion Rectangular Area 4,86 mm² Longitud 125,000 mm</p>	
<h3 style="margin: 0;">RESULTADOS</h3>		
<p>Lo-Lu 0,00</p> <p>A 0,000 %</p> <p>Ae 0,890 %</p> <p>Ag 3,501 %</p>	<p>Agt 19,342 %</p> <p>At 19,367 %</p> <p>Fm 55,550 kgf</p> <p>Reh 0,000 MPa</p>	<p>Rel 0,000 MPa</p> <p>Rm 110,050 MPa</p> <p>Rp 63,611 MPa</p> <p>E 694,720 MPa</p>
<p>Ext. no proporcional 0,200 %</p>		
		
<p>Notas PETICIONARIO: UES ENSAYO:TENSION EN BOPP</p>		
<p>Operador FG</p>	<p>Pág. 1</p>	



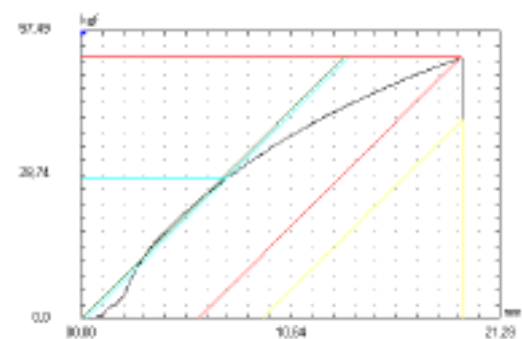
	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>	
<p>Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, BOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>		
<p>31/06/11</p>		
<h3 style="margin: 0;">DATOS</h3>		
<h4 style="margin: 0;">DATOS DEL ENSAYO</h4>	<h4 style="margin: 0;">DATOS DE LA PROBETA</h4>	
Ref. ensayo PL023 Norma A8TM D 882 Tipo de ensayo Traolón Máquina 8TIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traoo.) Tipo de Control Carrera Velocidad 12,600	Ref. probeta UE8 Material BOPP Muestra F. LAY8 MAX 6 Seccion Rectangular Area 6,00 mm² Longitud 126,000 mm	
<h3 style="margin: 0;">RESULTADOS</h3>		
Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 0,969 % Ag 5,243 %	Agt 21,785 % At 21,831 % Fm 65,090 kgf Reh 0,000 MPa	Rel 0,000 MPa Rm 127,660 MPa Rp 69,208 MPa E 771,747 MPa
Ext. no proporcional 0,200 %		
		
Notas PETICIONARIO: UE8 ENSAYO:TENSION EN BOPP		
Operador FG		Pág. 1



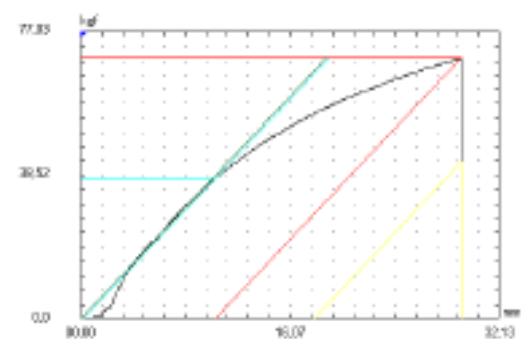
	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>	
<p>Emitted por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>		
<p>31/06/11</p>		
<h3 style="margin: 0;">DATOS</h3>		
<h4 style="margin: 0;">DATOS DEL ENSAYO</h4>		<h4 style="margin: 0;">DATOS DE LA PROBETA</h4>
<p>Ref. ensayo PL024 Norma A8TM D 882 Tipo de ensayo Traacción Maquina STIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 12,600</p>	<p>Ref. probeta UES Material BOPP Muestra F. LAYS MAX 8 Seccion Rectangular Area 4,80 mm² Longitud 126,000 mm</p>	
<h3 style="margin: 0;">RESULTADOS</h3>		
<p>Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 0,967 % Ag 5,076 %</p>	<p>Agt 20,306 % At 20,358 % Fm 58,840 kgf Reh 0,000 MPa</p>	<p>Rel 0,000 MPa Rm 117,760 MPa Rp 64,699 MPa E 773,242 MPa</p>
<p>Ext. no proporcional 0,200 %</p>		
		
<p>Notas PETICIONARIO: UES ENSAYO:TENSION EN BOPP</p>		
<p>Operador FG</p>		<p>Pág. 1</p>



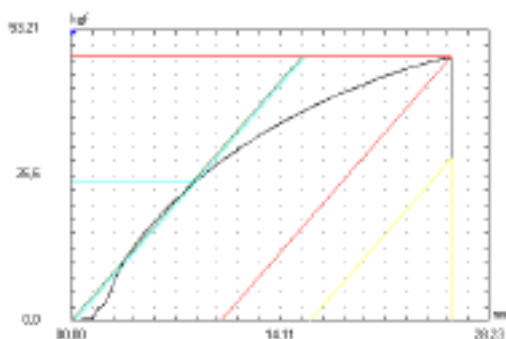
 <h2 style="text-align: center;">Informe de Ensayo Tracción</h2> 		
Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801		
31/06/11		
DATOS		
DATOS DEL ENSAYO	DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo PL026 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Máquina 8TIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Célula 10 kN (Traacción) Tipo de Control Cámara Velocidad 60,000	Ref. probeta UE8 Material BOPP Muestra F. LAYS 8 Sección Rectangular Área 6,00 mm² Longitud 100,000 mm	
RESULTADOS		
Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 1,590 % Ag 9,640 %	Agt 28,310 % At 28,348 % Fm 69,950 kgf Reh 0,000 MPa	Rel 0,000 MPa Rm 137,200 MPa Rp 73,712 MPa E 734,858 MPa
Ext. no proporcional 0,200 %		
		
Notas PETICIONARIO: UE8 ENSAYO:TENSION EN BOPP		
Operador FG	Pág. 1	

	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>		
<p>Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>			
31/06/11			
DATOS			
DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo PL028 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Máquina STIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Célula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 60,000	Ref. probeta UES Material BOPP Muestra F. LAYS 10 Sección Rectangular Área 4,80 mm² Longitud 100,000 mm		
RESULTADOS			
Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 1,431 % Ag 8,734 %	Agt 24,176 % At 24,235 % Fm 47,510 kgf Reh 0,000 MPa	Rel 0,000 MPa Rm 95,090 MPa Rp 51,092 MPa E 615,810 MPa	
Ext. no proporcional 0,200 %			
			
Notas PETICIONARIO: UES ENSAYO: TENSION EN BOPP			
Operador FG			Pág. 1

	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>	
<p>Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>		
<p>31/05/11</p>		
<h3 style="margin: 0;">DATOS</h3>		
<h4 style="margin: 0;">DATOS DEL ENSAYO</h4>	<h4 style="margin: 0;">DATOS DE LA PROBETA</h4>	
Ref. ensayo PL027 Norma A8TM D 882 Tipo de ensayo Traacción Maquina 8TIB-100-W Fecha de ensayo 27/05/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 50,000	Ref. probeta UE8 Material BOPP Muestra F. LAY8 11 Seccion Rectangular Area 4,82 mm² Longitud 100,000 mm	
<h3 style="margin: 0;">RESULTADOS</h3>		
Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 1,643 % Ag 9,342 %	Agt 27,315 % At 27,380 % Fm 61,450 kgf Reh 0,000 MPa	Rel 0,000 MPa Rm 122,470 MPa Rp 64,524 MPa E 681,424 MPa
Ext. no proporcional 0,200 %		
		
Notas PETICIONARIO: UE8 ENSAYO:TENSION EN BOPP		
Operador FG		Pág. 1

	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>	
<p>Emtido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>		
<p>31/06/11</p>		
<h3 style="margin: 0;">DATOS</h3>		
<p>DATOS DEL ENSAYO</p>	<p>DATOS DE LA PROBETA</p>	
<p>Ref. ensayo PL028 Norma A8TM D 882 Tipo de ensayo Traacción Máquina 8TIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 60,000</p>	<p>Ref. probeta UES Material BOPP Muestra F. LAYS C 12 Seccion Reotangular Area 4,88 mm² Longitud 100,000 mm</p>	
<h3 style="margin: 0;">RESULTADOS</h3>		
<p>Lo-Lu 0,00</p> <p>A 0,000 %</p> <p>Ae 0,996 %</p> <p>Ag 5,916 %</p>	<p>Agt 19,286 %</p> <p>At 19,347 %</p> <p>Fm 52,260 kgf</p> <p>Reh 0,000 MPa</p>	<p>Rel 0,000 MPa</p> <p>Rm 102,910 MPa</p> <p>Rp 55,225 MPa</p> <p>E 769,737 MPa</p>
<p>Ext. no proporcional 0,200 %</p>		
		
<p>Notas PETICIONARIO: UES ENSAYO: TENSION EN BOPP</p>		
<p>Operador FG</p>		<p>Pag. 1</p>

	Informe de Ensayo Tracción		
Emitido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801			
31/06/11			
DATOS			
DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo PL028 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Máquina 8TIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 60,000	Ref. probeta UE8 Material BOPP Muestra F. LAY8 C 13 Seccion Reotangular Area 4,78 mm² Longitud 100,000 mm		
RESULTADOS			
Lo-Lu 0,00	Agt 29,155 %	Rel 0,000 MPa	
A 0,000 %	At 29,207 %	Rm 144,280 MPa	
Ae 1,381 %	Fm 70,030 kgf	Rp 77,202 MPa	
Ag 10,324 %	Reh 0,000 MPa	E 766,159 MPa	
Ext. no proporcional 0,200 %			
			
Notas PETICIONARIO: UE8 ENSAYO:TENSION EN BOPP			
Operador FG			Pág. 1

	<h2 style="margin: 0;">Informe de Ensayo Tracción</h2>		
<p>Emtido por: ARRUPE LABORATORIOS FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR CALLE PADRE SALAZAR-SIMPSON FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801</p>			
<p>31/06/11</p>			
<h3 style="margin: 0;">DATOS</h3>			
DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo PL030 Norma ASTM D 882 Tipo de ensayo Traacción Maquina 3TIB-100-W Fecha de ensayo 27/06/2011 Escala 1 / 10 Celula 10 kN (Traac.) Tipo de Control Carrera Velocidad 60,000	Ref. probeta UE8 Material BOPP Muestra F. LAY3 C 14 Seccion Reotangular Area 4,76 mm² Longitud 100,000 mm		
<h3 style="margin: 0;">RESULTADOS</h3>			
Lo-Lu 0,00 A 0,000 % Ae 1,422 % Ag 10,050 %	Agt 25,605 % At 25,665 % Fm 48,370 kgf Reh 0,000 MPa	Rel 0,000 MPa Rm 99,860 MPa Rp 52,941 MPa E 641,994 MPa	
Ext. no proporcional 0,200 %			
			
Notas PETICIONARIO: UE8 ENSAYO:TENSION EN BOPP			
Operador FG			Pág. 1

ANEXO 6. Estadística descriptiva para la prueba de tensión

Anteriormente se definió un ejemplo de cálculo de las medidas de tendencia central y dispersión de cada una de las muestra. Por esta razón en la estadística descriptiva únicamente se realizaran ejemplos de cálculo para el intervalo de confianza para la media aritmética, intercepto, pendiente, regresión cuadrática y error típico ya que en la sección anterior.

La tabla A 27 contiene los parámetros analizados de cada una de las muestras para la prueba de gramaje

Tabla A 27. Estadística descriptiva por muestra para prueba de resistencia a la tensión

PARÁMETROS ANALIZADOS	RESULTADOS DE MUESTRA POR EMPRESA			
	MX-D	MX-F	MX-B	MX-Y
Media de muestra	0.3920	0.3595	0.3510	0.3720
Gramaje (g/cm ²)	0.0091	0.0151	0.0076	0.0186
Media aritmética (g/cm ²)	36.8635			
Varianza	1.780629689			
Desviación	3.17064209			
Precisión como CV (%)	4.8303			

Para calcular la ecuación de regresión lineal se utilizo los gramajes de la prueba. Dichos valores fueron gráficos y posteriormente conocer su valor de intercepto, pendiente y cociente de R² por medio de las funciones INTERSECCION.EJE, PENDIENTE y COEFICIENTE.R2 del programa computacional Microsoft Excel, respectivamente. Dichas funciones son el resultado del desarrollo de las ecuaciones A7.

En la tabla A 28 se muestra las funciones que son el resultado del desarrollo de las ecuaciones A7.

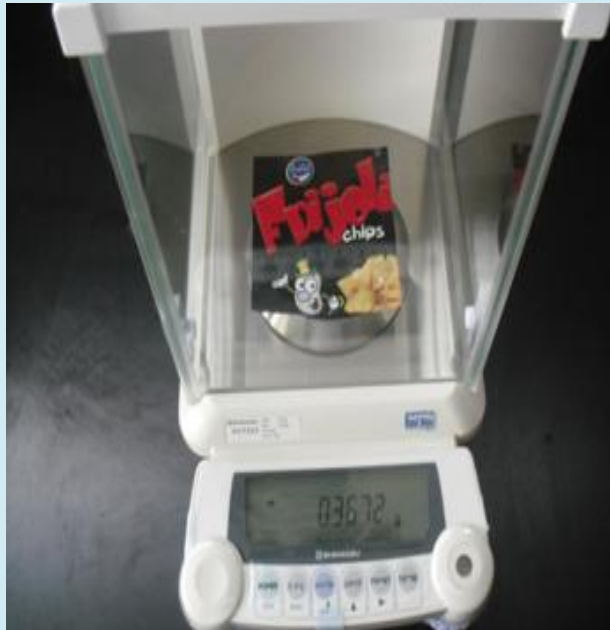
Tabla A 28. Estadística descriptiva por muestra para prueba de gramaje.

Intervalo de confianza para la media aritmética.	Mínimo	Máximo
		45.7660
Intercepto	40.9004	
Pendiente	5.9253	
R ²	0.92150	
Error Típico	2.4456	

ANEXO 7. Fotos parte experimental.

En la tabla A29 se muestra la figura de una probeta de muestra para la prueba de gramaje.

Tabla A 29. Medición de peso de una probeta de muestra para la prueba gramaje.



Descripción: **Peso de una probeta de muestra de MX-B de la prueba de gramaje**

En la tabla A30 se muestra la figura de una probeta de muestra para la prueba de calibre.

Tabla A 30. Determinación de espesor de probeta de muestra para la prueba calibre.



Descripción: **Medición de la prueba de calibre para una probeta de muestra de MX-D.**

En la tabla A31 se muestra la figura de una probeta de muestra para la prueba de rasgado.

Tabla A 31. Resistencia al rasgado para una probeta de muestra para la prueba calibre.



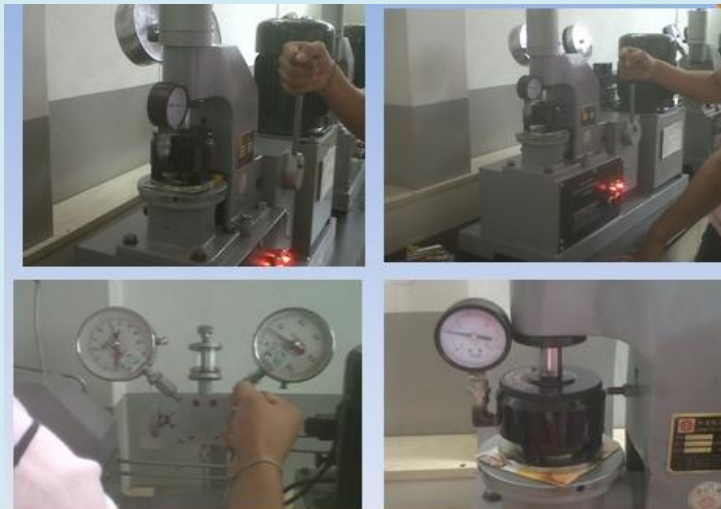
En la tabla A32 se muestra la realización de la prueba de tensión de una probeta de muestra.

Tabla A 32. Resistencia a la tensión para una probeta de muestras en estudio.



En la tabla A33 se muestra la realización de la prueba de explosión de una probeta de muestra

Tabla A 33. Resistencia a la explosión para una probeta de muestra en estudio.



Descripción: Medición de la prueba de resistencia a la explosión para una probeta de muestra.

ANEXO 8. Cotización de la línea de producción del equipo de tratamiento previo

La línea de producción del sistema de tratamiento previo primario donde se contemplan las maquinarias con especificaciones técnicas para el método de poder calorífico y elaboración de fibras sintéticas de empaques laminados de polipropileno y polipropileno metalizado desechados.

Datos generales de la línea de producción

- Lugar del origen de fabricación: **Jiangsu China (Mainland)**
- Número de modelo: **ASG-42GT00**
- Precio **US\$ 200000~650000**
- Marca: **ASG**

La figura A1 contiene las especificaciones técnicas de la maquina de la línea de producción:

Nombre de	Energía del motor (kilovatio)	Diamension (milímetro)	Consumición de agua (t/h)	Thicknes del acero inoxidable 304 (milímetro)	Voltaje y hertzio
Transportador de correa	1.5KW	4000*600*2100m	-	-	Como petición del comprador
Trituradora	30KW	1800*1500*3000m	0.6-1.0	-	
Transportador de tornillo	1.5KW	3300*420*1600m	-	3-5	
Arandela flotante	2.2*2KW	6000*1250*1700m	4-5	3-5	
Transportador de tornillo	1.5KW	3000*420*1450m	-	3-5	
Arandela de alta velocidad de la fricción	22KW	3200*1200*1800m	1-2	3-5	
Transportador de tornillo	1.5KW	3000*420*1460m	-	3-5	
Máquina de desecación	45KW	1750*1420*1770m	-	5	
Sistema de sequía	28KW	3700*1000*2000m	-	3-5	
	2.2KW	3700*1500*3500m	-	-	
Gabinete eléctrico	-	2000*450*1780m	-	-	

Ilustración A. 1. Especificaciones técnicas de la maquinas de tratamiento previo.

El flujo de proceso para el tratamiento previo se detalla a continuación:

Cinta transportadora → separador de Rolling → mesa de selección manual → Separador de metales → cinta transportadora → Trituradora → separador de la etiqueta → lavadora caliente 1 → máquina de lavado de fricción → lavadora Hot 2 → lavadora de alta velocidad de fricción → tanque de enjuague → lavado por spray → máquina de deshidratación → desagüe de la maquina → Ventilador de sistema de sequedad → tolva de almacenamiento de producto terminado de empaocar

En la figura A.2 se muestra el esquema del proceso de flujo de para el tratamiento previo.



Ilustración A. 2 Esquema del proceso de obtención gránulos de PP.

En la figura A.2 evidencia la transformación de los empaques de polipropileno y polipropileno metalizado convertido en gránulos.



Ilustración A. 3. Conversión de película de PP a gránulos de PP y PP metalizado