

**ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ENSAYOS
QUÍMICOS Y MECÁNICOS A PELÍCULAS DE
POLIETILENO PARA ESTABLECER UN SISTEMA DE
CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE
FABRICACIÓN DE EMPAQUES PLÁSTICOS EN LA
EMPRESA EDUPLASTIC**

Israel Prieto S.

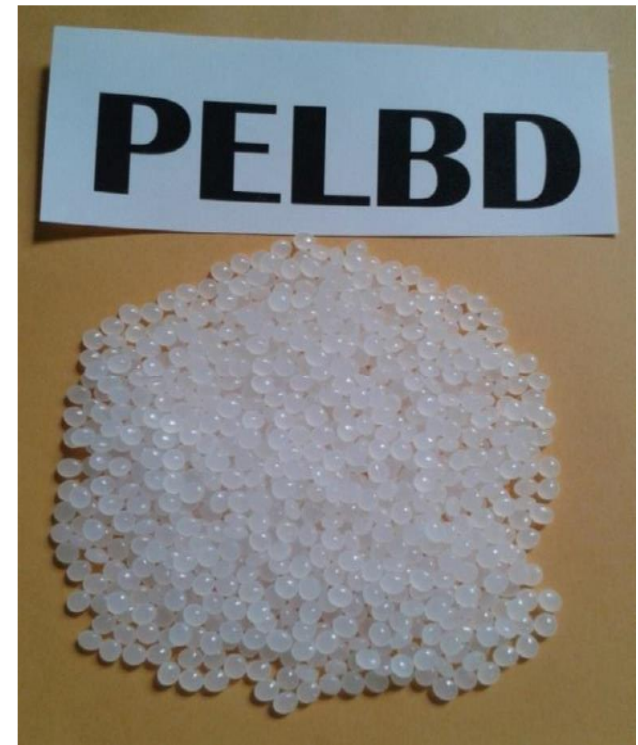
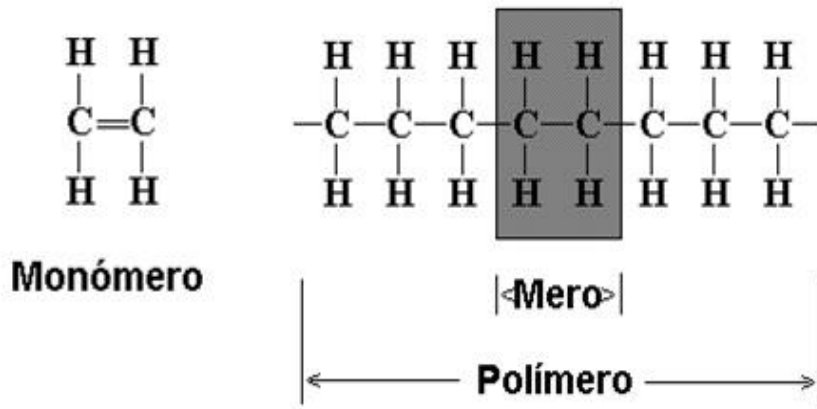


CONTENIDO



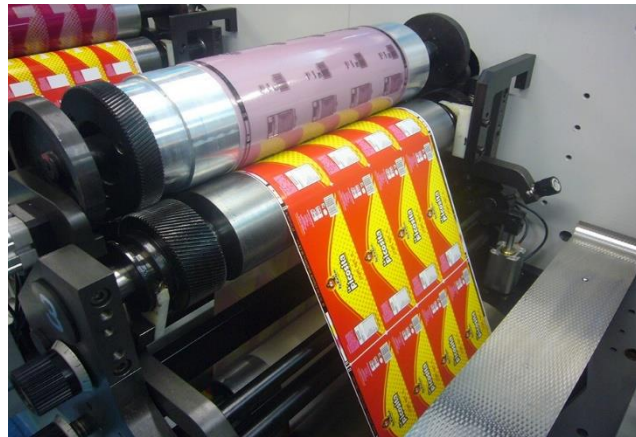
INTRODUCCIÓN

Polietileno



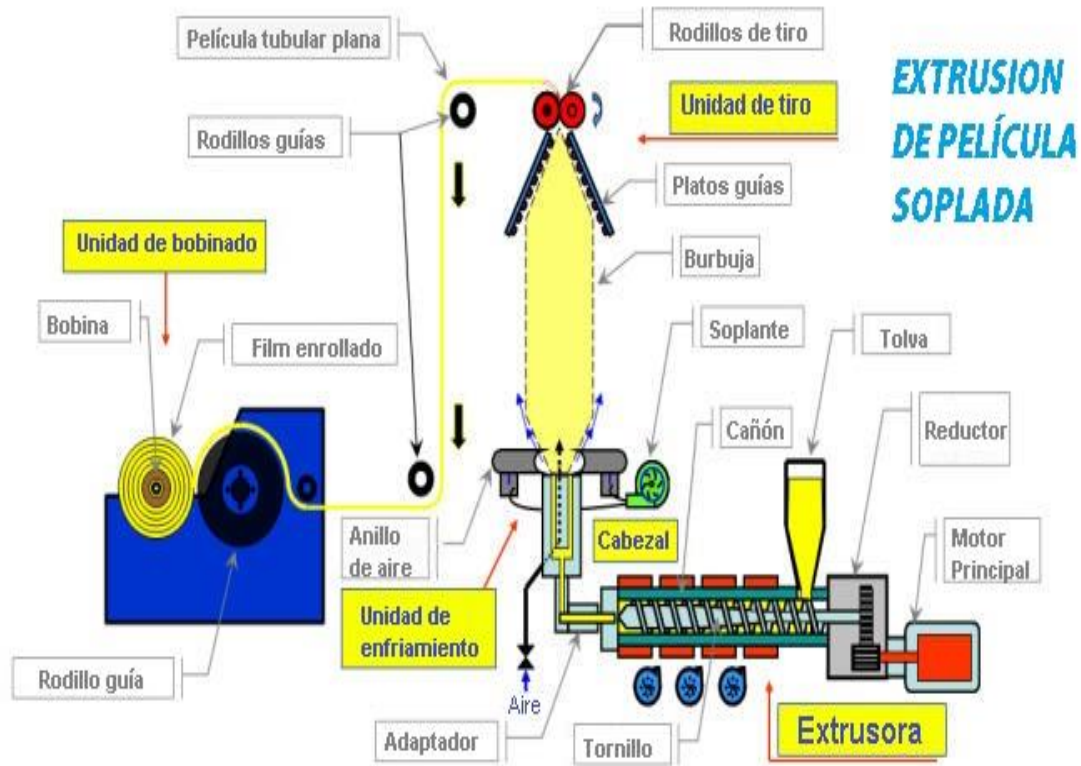
INTRODUCCIÓN

Proceso de fabricación de empaques plásticos



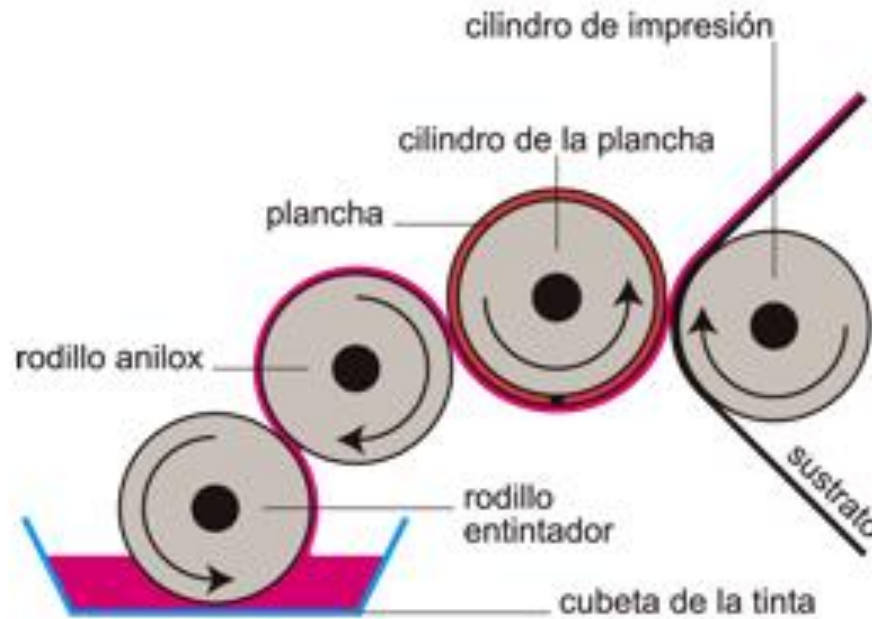
INTRODUCCIÓN

Extrusión



INTRODUCCIÓN

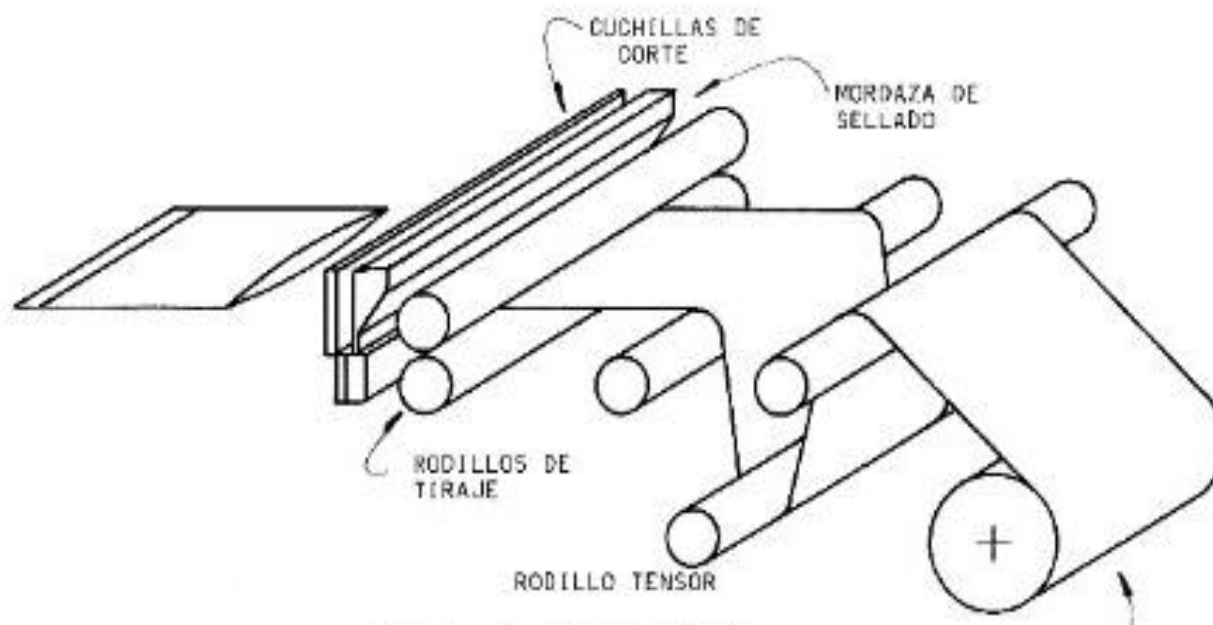
Impresión



ejemplo del proceso de impresión en Flexografía

INTRODUCCIÓN

Sellado



CONTENIDO



OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar un estudio de factibilidad técnica para la ejecución de ensayos químicos y mecánicos bajo las normas ASTM correspondientes, aplicadas a películas de polietileno (LDPE y HDPE) que se fabrican en la empresa Eduplastic.

Objetivos específicos

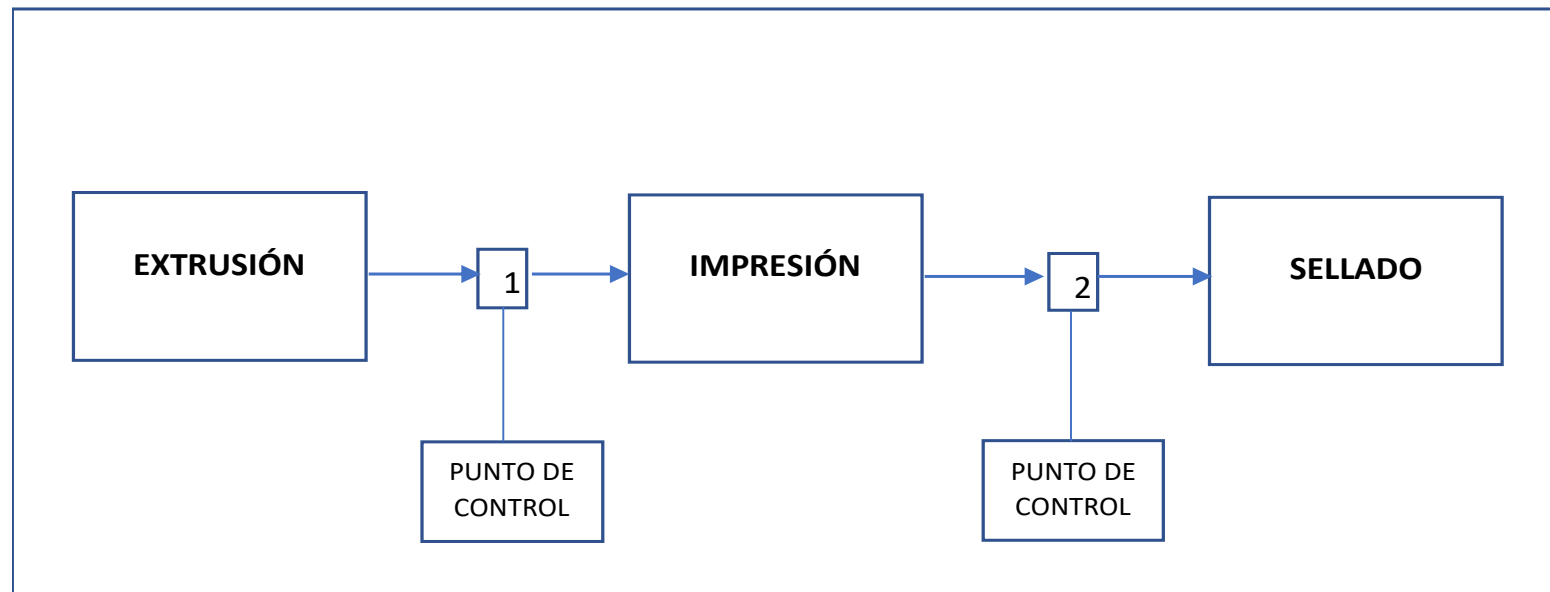
- Programar un sistema de muestreo aleatorio que se realizará en cada punto de control de calidad.
- Recopilar información sobre las proporciones y especificaciones para la fabricación de empaques plásticos.
- Aplicar los ensayos químicos y mecánicos a las películas de polietileno.
- Realizar una comparación de las muestras analizadas con las consignas de operación de la empresa.
- Elaborar un formato de lista de chequeo de control de calidad, el cual se entregará en cada empaque plástico.

CONTENIDO



METODOLOGÍA

I. Control del proceso



METODOLOGÍA

I. Datos de las muestras

Simbología	Espesor	Tipo	Nombre	Composición	
				LDPE linear	LDPE baja
e1	1.3	B/D	Empaque para quesos	60	40
e2	2	B/D	Empaque para embutidos	60	40
e3	2.5	B/D	Cementina	70	30

METODOLOGÍA

I. MATERIALES

MATERIALES	EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none">• Alcohol Etílico (10%)• Agua destilada• Plumón 38 Dinás• Flexómetro• Viscosímetro (Copa Zahn)• Matraz Erlenmeyer• Desecante Silicaguel	<ul style="list-style-type: none">• Balanza analítica• Horno• Máquina de tracción.• Máquina caída de dardo• Brillómetro• Selladora

METODOLOGÍA

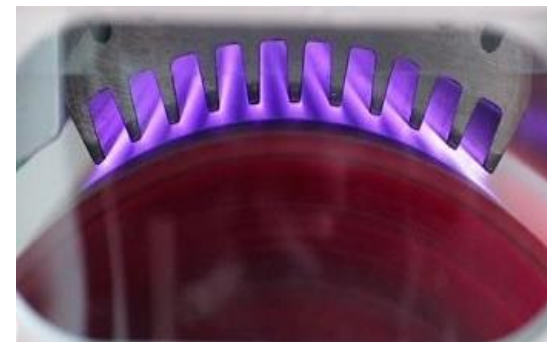
I. MÉTODOS

ENSAYOS QUÍMICOS	ENSAYOS MECÁNICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pruebas ópticas de brillo ASTM D2457.• Tratamiento Corona ASTM D-2578.• Mezcla de solventes según el proceso de impresión flexográfica.• Ensayo de Migración Norma NTC 5023.	<ul style="list-style-type: none">• Prueba de Impacto al Dardo ASTM D-1709.• Prueba de Tracción ASTM D-882.• Ensayo WVTR ASTM E-96.• Ensayo Coeficiente de Fricción ASTM D-1894.

METODOLOGÍA

I. Tratamiento Corona ASTM D-2578.

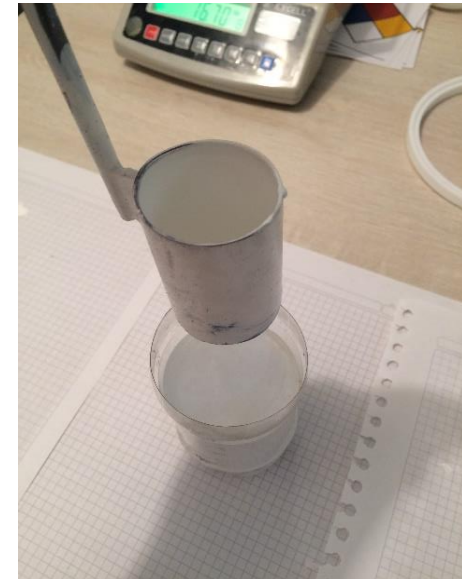
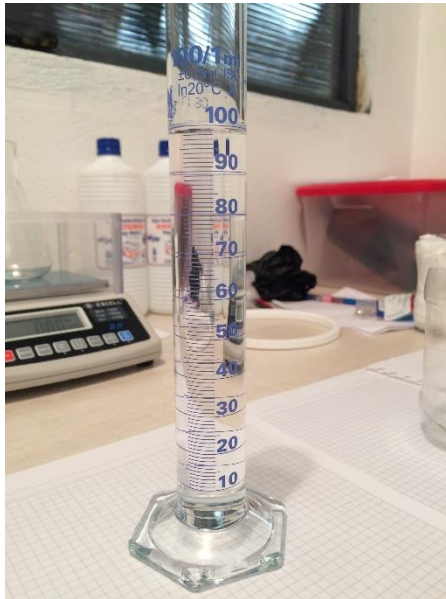
Aplicar la solución del marcador sobre la muestra a medir; deslizar el marcador aproximadamente 5 cm.



METODOLOGÍA

I. Mezcla de solventes según el proceso de impresión flexográfica

La relación de mezcla del alcohol propanol y el acetato es de 70% y 30% respectivamente



METODOLOGÍA

I. Ensayo de Migración Norma NTC 5023.

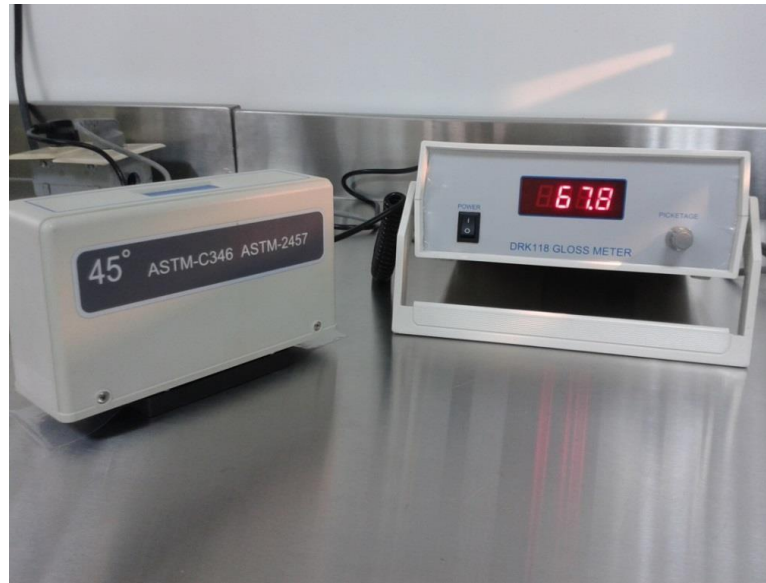
Abreviatura	Simulante Nuevo	Simulante Actual	Tipo de Alimentos
Simulante A	Etanol 10%	Agua destilada	Alimentos Hidrofilicos
Simulante B	Ac. Acético 3%	Ac. Acético 3%	Alimentos Hidrofilicos con pH<4.5
Simulante C	Etanol 20%	Etanol 10%	Alimentos Hidrofilicos con alcohol <20%
Simulante D1	Etanol 50%	Etanol 50%	Alimentos lipofílicos, alimentos con alcohol > 20% y aceites en emulsiones acuosas
Simulante D2	Aceite Vegetal	Aceite de oliva rectificado	Alimentos lipofílicos con grasas libres en la superficie
Simulante E	Tenax	-	Alimentos secos (solo migración específica)



METODOLOGÍA

I. Pruebas ópticas de brillo ASTM D2457

Calibrar el equipo glossmeter (brillómetro) según el ángulo de la luz que se refleja.



METODOLOGÍA

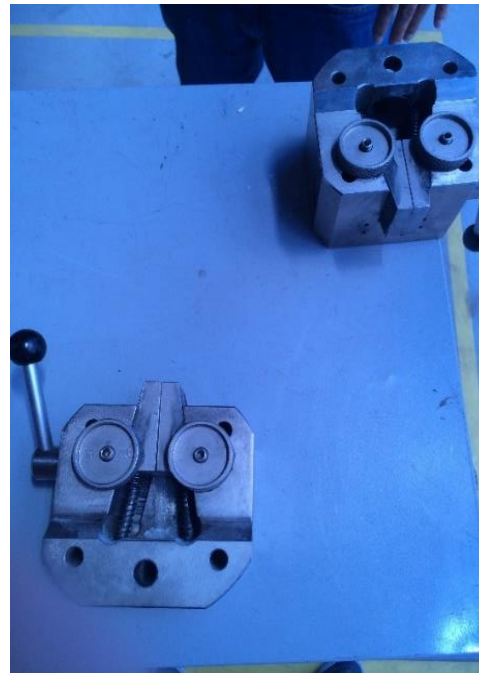
I. Prueba de Impacto al Dardo ASTM D-1709.

El alcance de esta prueba cubre la determinación de la energía que causa el fallo en una película plástica bajo condiciones específicas de impacto de un dardo en caída libre



METODOLOGÍA

I. Prueba de Tracción ASTM D-882



METODOLOGÍA

I. Ensayo Coeficiente de Fricción ASTM D-1894.

Colocar el bloque encima de la lámina, el equipo genera una velocidad de desplazamiento constante de 60mm/min que arrastra el bloque a lo largo de la superficie de la probeta de 100 x 250.



METODOLOGÍA

I. Ensayo de transmisión de vapor ASTM E-96.



CONTENIDO



RESULTADOS

4.Resultado de ensayo tratamiento corona ASTM D-2578

	TIPO	Tratamiento (Dinas)
e1	Empaque tipo 1	38
	Empaque tipo 2	38
e2	Empaque tipo 1	38
	Empaque tipo 2	38
e3	Empaque tipo 1	38
	Empaque tipo 2	38

RESULTADOS

4. Cálculo de viscosidad para el ensayo de mezcla de solventes

$$V = K (t - c)$$

$$V = 3.5 (45 - 14)$$

$$V = 108.5 \text{ cSt}$$

La relación de mezcla entre el alcohol propanol y acetato es de 75% y 25% respectivamente, y la relación de mezcla ente tintas y solventes es de 80% y 20%.

RESULTADOS

4.Resultado del ensayo de mezcla de solventes

	N°	Volumen Solvente (ml)	Segundos Zahn inicial	Segundos Zahn final	Viscosidad inicial (cSt)	Viscosidad final (cSt)	Desv
Tinta Blanca	1	15	45	30	108.5	56	2.02072594
	2	12	45	29	108.5	52.5	
	3	15	45	30	108.5	56	
Tinta Amarilla	4	10	35	27	73.5	45.5	3.5
	5	10	35	26	73.5	42	
	6	15	35	25	73.5	38.5	
Tinta Roja	7	12	32	28	63	49	4.04145188
	8	10	32	30	63	56	
	9	12	32	28	63	49	

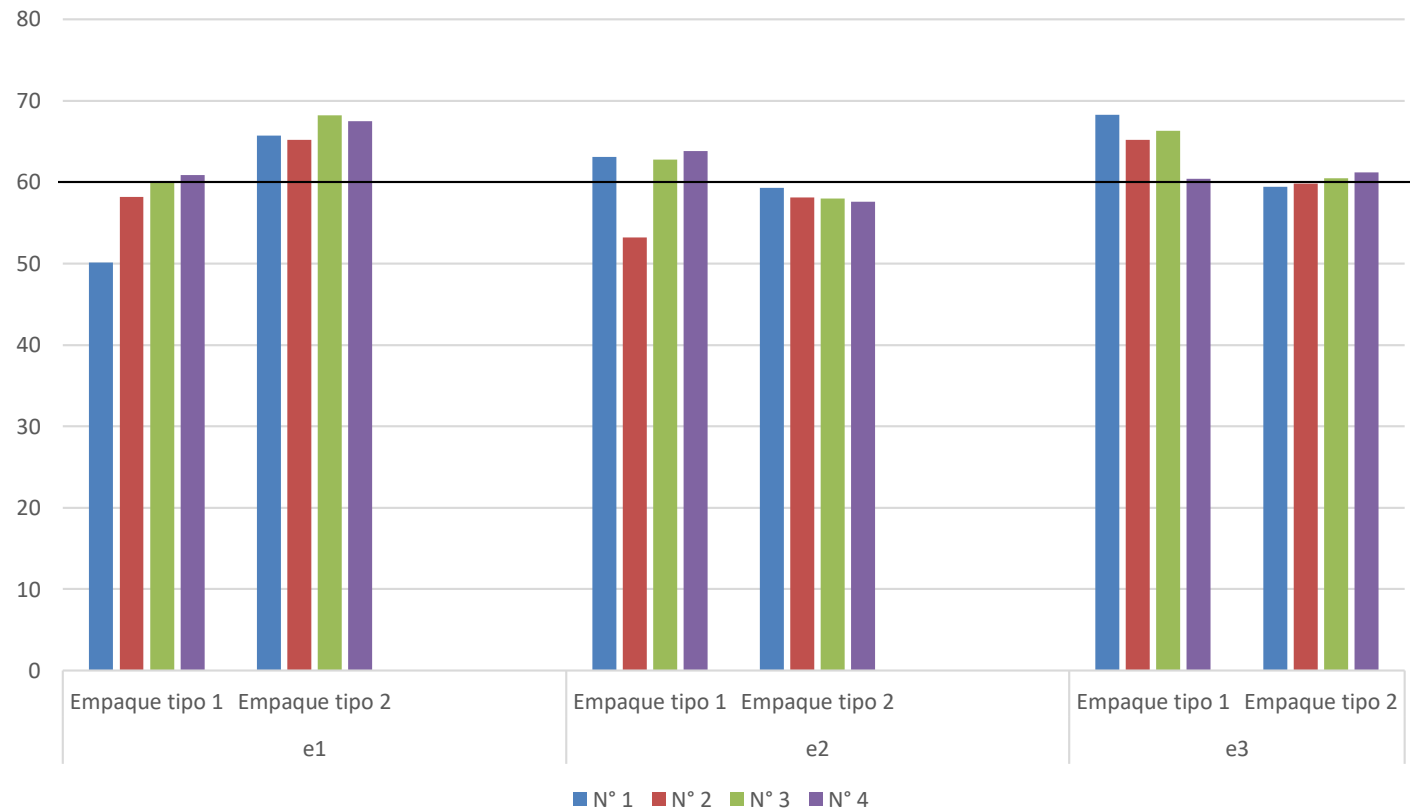
RESULTADOS

4.Resultado de pruebas ópticas de brillo ASTM D2457

		N°			
		1	2	3	4
e1	Empaque tipo 1	50.1	58.2	60.1	60.9
	Empaque tipo 2	65.7	65.2	68.2	67.5
e2	Empaque tipo 1	63.1	53.2	62.8	63.8
	Empaque tipo 2	59.3	58.1	58	57.6
e3	Empaque tipo 1	68.3	65.2	66.3	60.4
	Empaque tipo 2	59.4	59.8	60.5	61.2

RESULTADOS

4. Análisis comparativo de prueba óptica ASTM D-2457



RESULTADOS

4.Cálculo del peso por falla por impacto

$$Wf = Wl + \left[\Delta W * \left(\frac{S}{100} - \frac{1}{2} \right) \right]$$

Donde:

Wf= Peso para fallar por impacto

Wl= Peso más bajo del proyectil

ΔW = Incremento uniforme utilizado en el peso

S= Suma de los porcentajes de ruptura con cada peso del proyectil

$$Wf = 95 + \left[10 * \left(\frac{239}{100} - \frac{1}{2} \right) \right]$$

$$Wf = 113.9 \text{ gr}$$

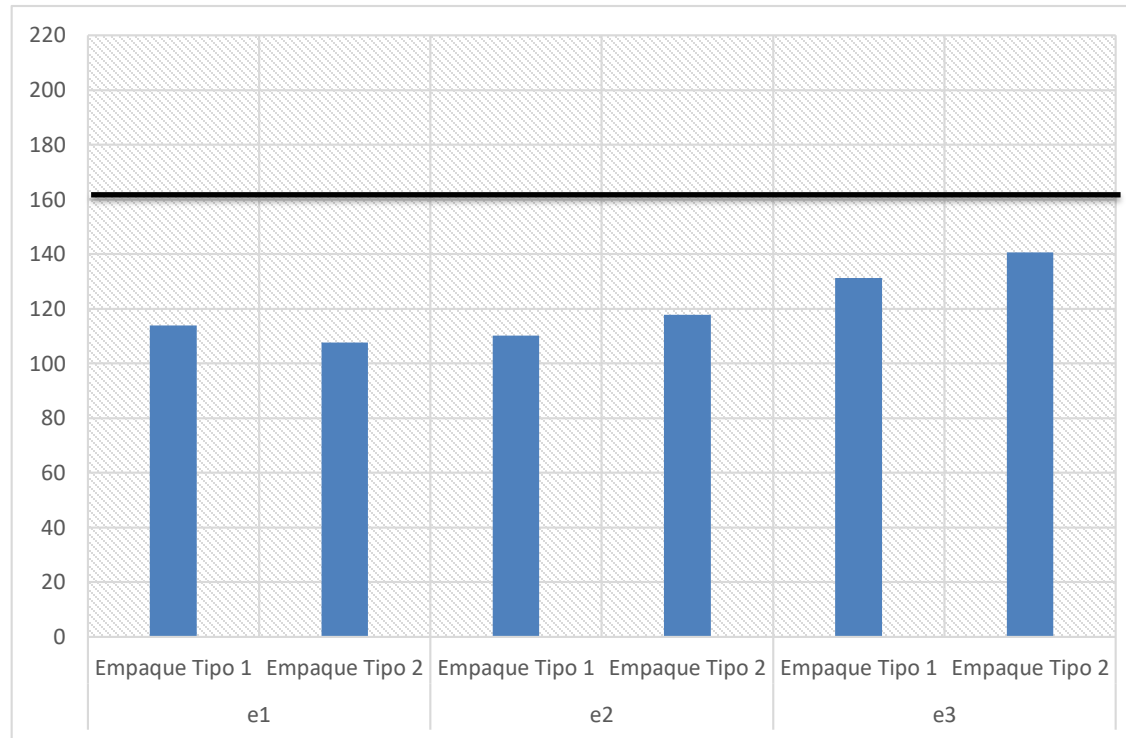
RESULTADOS

4. Resultado de pruebas de Impacto al Dardo ASTM D-1709

	Tipo	WF (gr)	desv
e1	Empaque Tipo 1	113.9	4.38406204
	Empaque Tipo 2	107.7	
e2	Empaque Tipo 1	110.25	5.30330086
	Empaque Tipo 2	117.75	
e3	Empaque Tipo 1	131.2	6.68215908
	Empaque Tipo 2	140.65	

RESULTADOS

4. Análisis comparativo de resultados prueba de impacto ASTM D-1709



RESULTADOS

4.Resultados de la Prueba de Tracción ASTM D-882 para el

Probetas	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones (mm)		Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad calculado (MPa)	% Elongación (Calculado)
			Ancho	Espesor				
1	24.1	45.4	21	1.3	11.04	0.4	0.38	106.27
2	24.1	45.4	19.66	1.3	7.89	0.31	0.2	153.5
3	24.1	45.4	19.47	1.3	9.47	0.37	0.35	106.39
4	24.1	45.4	19.97	1.3	7.89	0.3	0.41	73.69
5	24.1	45.4	20.02	1.3	9.47	0.46	0.55	84.07
			Promedio		9.152	0.37	0.378	104.782
			Desviación estándar		1.318	0.066	0.124	30.717

RESULTADOS

4.Resultados de la Prueba de Tracción ASTM D-882 para e2

Probetas	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones (mm)		Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad calculado (MPa)	% Elongación (Calculado)
			Ancho	Espesor				
1	23.4	45.9	20.49	2	11.04	0.27	0.08	322.58
2	23.4	45.9	20.02	2	9.47	0.24	0.08	310.92
3	23.4	45.9	19.84	2	9.47	0.24	0.05	480.07
4	23.4	45.9	20.16	2	9.47	0.23	0.05	520.75
5	23.4	45.9	19.37	2	6.31	0.16	0.07	241.81
			Promedio		9.152	0.228	0.064	375.288
			Desviación estándar		1.728	0.039	0.017	119.21

RESULTADOS

4.Resultados de la Prueba de Tracción ASTM D-882 para e3

Probetas	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones (mm)		Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad calculado (MPa)	% Elongación (Calculado)
			Ancho	Espesor				
1	23.1	46.7	19.59	2.5	15.78	0.32	0.14	225.43
2	23.1	46.7	19.86	2.5	14.2	0.29	0.27	105.45
3	23.1	46.7	19.47	2.5	18.93	0.39	0.13	296.25
4	23.1	46.7	19.91	2.5	14.2	0.29	0.18	159.33
5	23.1	46.7	20.91	2.5	20.51	0.39	0.12	339.73
			Promedio		16.724	0.335	0.168	225.239
			Desviación estándar		2.865	0.053	0.062	95.972

RESULTADOS

4. Cálculo del coeficiente de transferencia de vapor de agua.

$$WVTR = \frac{Q/t}{A}$$

Dónde:

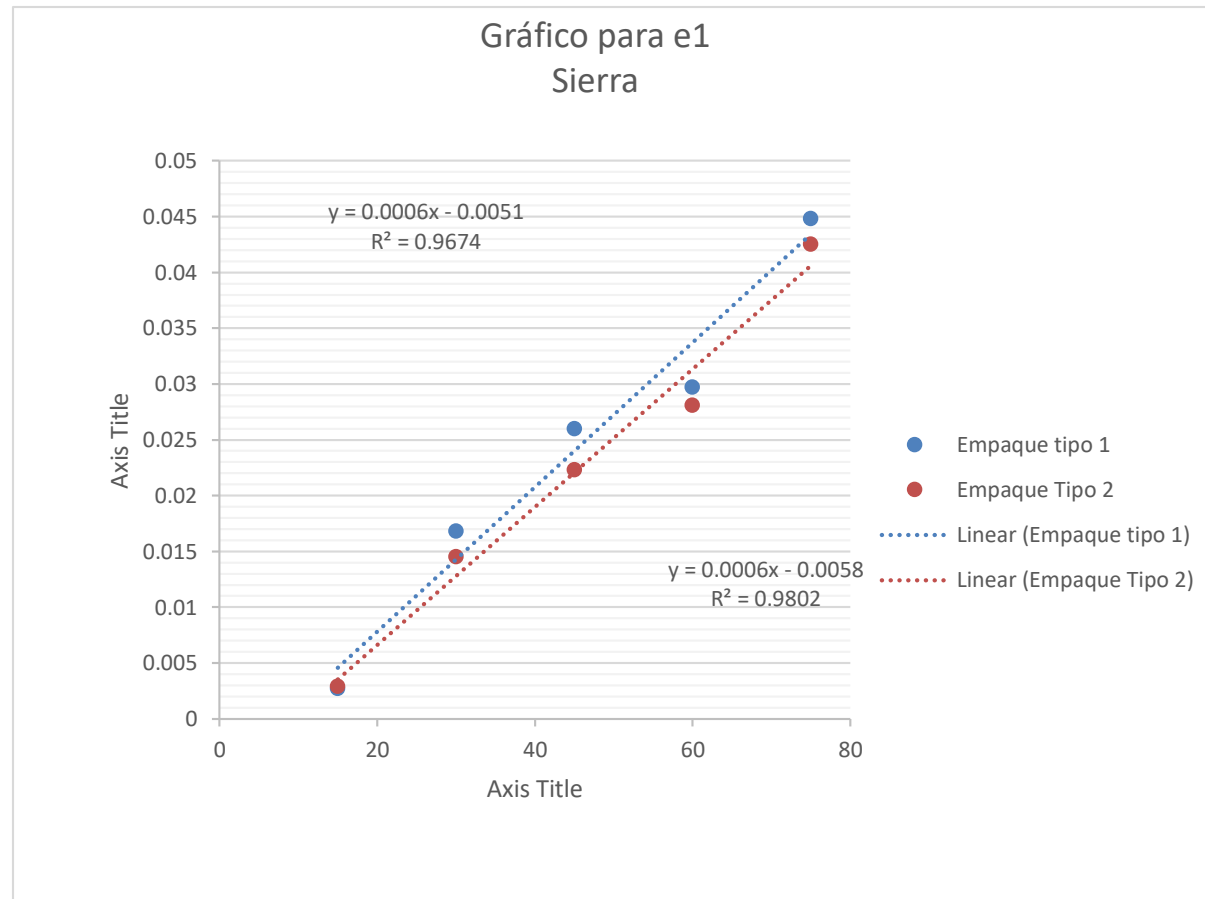
WVTR=Coeficiente de transferencia de vapor

Q/t= Equivale a la pendiente (m) al graficar el peso ganado vs el tiempo

A= Área de transferencia de cada material

RESULTADOS

4. Curva Q/t para e1 a condiciones de la Sierra



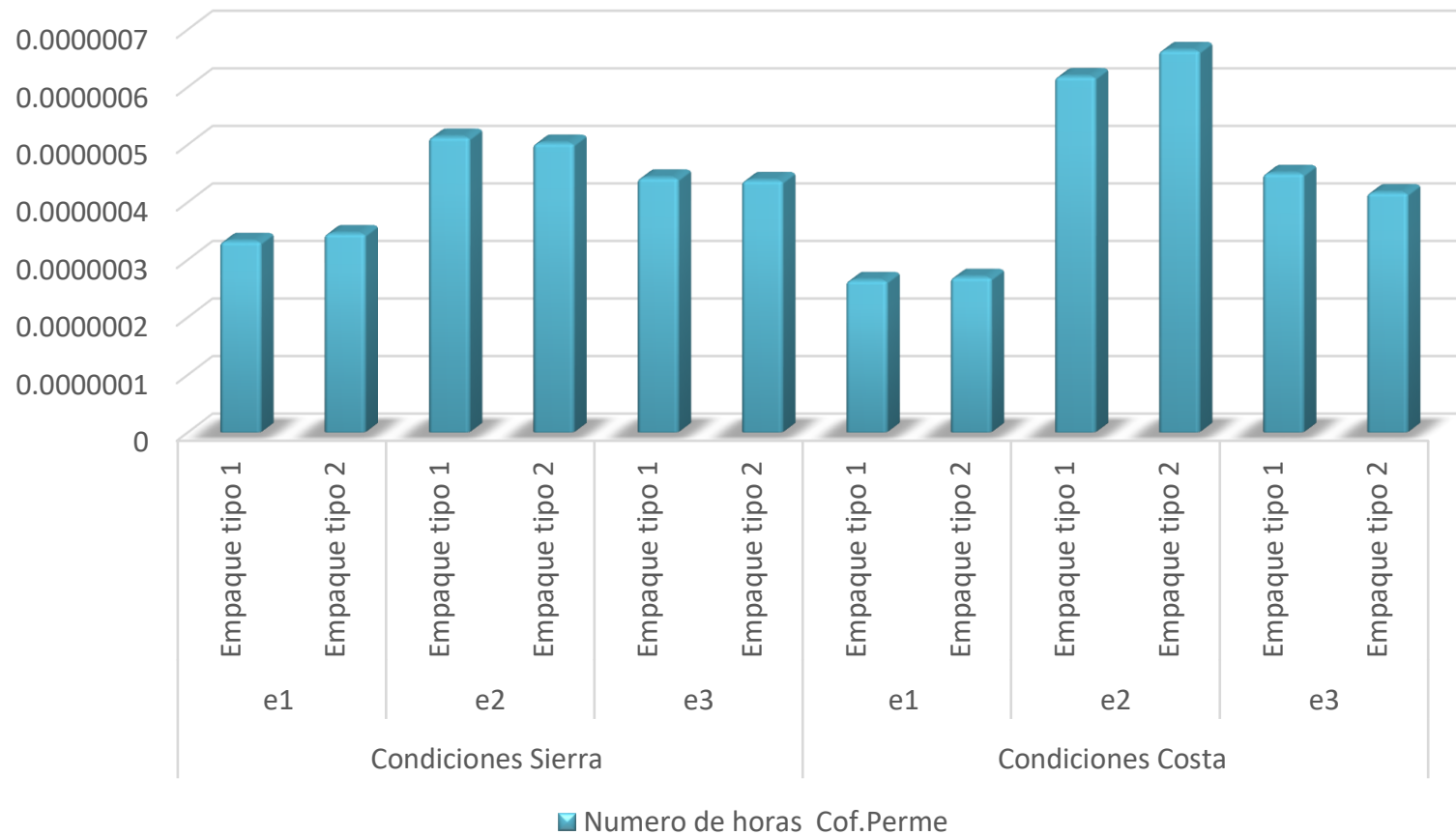
RESULTADOS

4.Resultados del Ensayo WVTR ASTM E-96

			Área de transferencia (cm ²)	Número de horas					Q/t	WVTR	Cof.Perne
				15	30	45	60	75			
Condiciones Sierra	e1	Empaque tipo 1	193.83	0.0027	0.0168	0.026	0.0297	0.0448	0.0006	3.0955E-06	3.32E-07
		Empaque tipo 2	186.24	0.0029	0.0145	0.0223	0.0281	0.0425	0.0006	3.2216E-06	3.46E-07
	e2	Empaque tipo 1	188.16	0.0052	0.0222	0.0317	0.0423	0.0645	0.0009	4.7832E-06	5.13E-07
		Empaque tipo 2	192.08	0.0034	0.0251	0.0305	0.044	0.0596	0.0009	4.6855E-06	5.03E-07
	e3	Empaque tipo 1	194.04	0.0023	0.0275	0.0308	0.0429	0.0541	0.0008	4.1229E-06	4.42E-07
		Empaque tipo 2	196	0.0065	0.0233	0.0331	0.0422	0.0566	0.0008	4.0816E-06	4.38E-07
Condiciones Costa	e1	Empaque tipo 1	199.98	0.0007	0.0266	0.0352	0.04031	0.0761	0.0011	5.5006E-06	2.64E-07
		Empaque tipo 2	196	0.0006	0.0254	0.0382	0.0436	0.0697	0.0011	5.6122E-06	2.7E-07
	e2	Empaque tipo 1	202	0.0017	0.0315	0.0795	0.1114	0.155	0.0026	1.2871E-05	6.18E-07
		Empaque tipo 2	188.16	0.0013	0.0287	0.0678	0.133	0.1467	0.0026	1.3818E-05	6.64E-07
	e3	Empaque tipo 1	192.08	0.015	0.059	0.0714	0.0913	0.1367	0.0018	9.3711E-06	4.5E-07
		Empaque tipo 2	196	0.021	0.049	0.0656	0.085	0.128	0.0017	8.6735E-06	4.17E-07

RESULTADOS

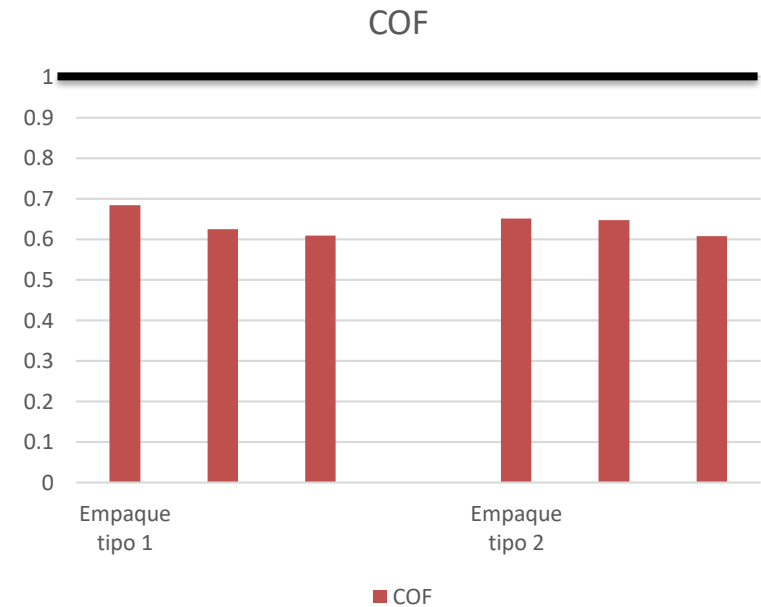
Cof.Permeabilidad



RESULTADOS

4. Resultados del Ensayo Coeficiente de Fricción ASTM D-1894 para el

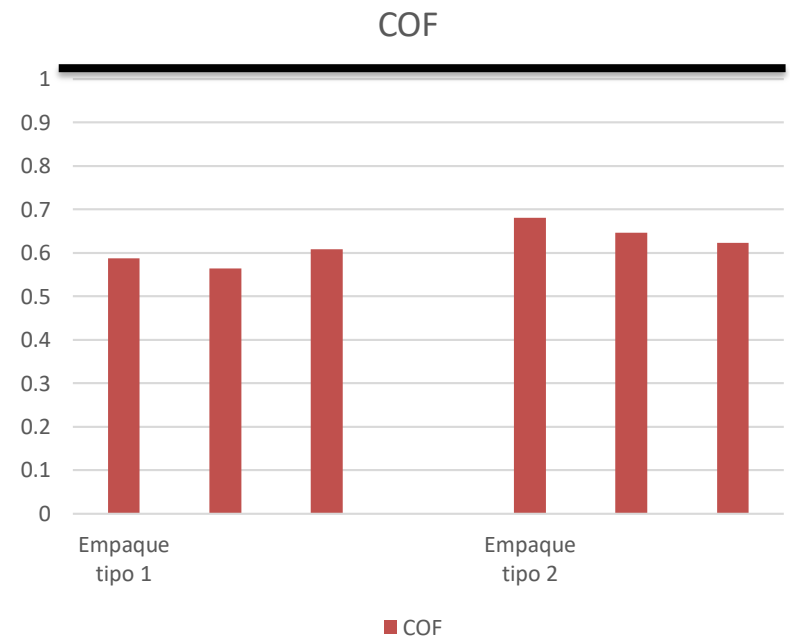
Tipo	Pesos (Kg)	COF	desv
Empaque tipo 1	2	0.684	0.03968627
	4	0.624	
	6	0.609	
Empaque tipo 2	2	0.651	0.02433105
	4	0.647	
	6	0.607	



RESULTADOS

4. Resultados del Ensayo Coeficiente de Fricción ASTM D-1894 para e2

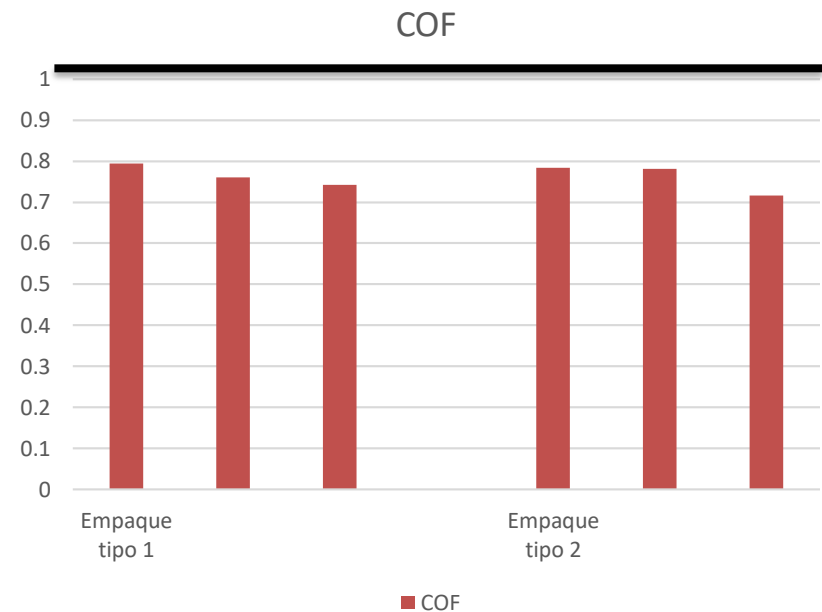
Tipo	Pesos (Kg)	COF	desv
Empaque tipo 1	2	0.587	0.02200757
	4	0.564	
	6	0.608	
Empaque tipo 2	2	0.681	0.02914332
	4	0.647	
	6	0.623	



RESULTADOS

4. Resultados del Ensayo Coeficiente de Fricción ASTM D-1894 para e3

Tipo	Pesos (gr)	COF	desv
Empaque tipo 1	2	0.795	0.02640707
	4	0.761	
	6	0.743	
Empaque tipo 2	2	0.784	0.03869539
	4	0.782	
	6	0.716	



Fuente: (Fogler, 2006)

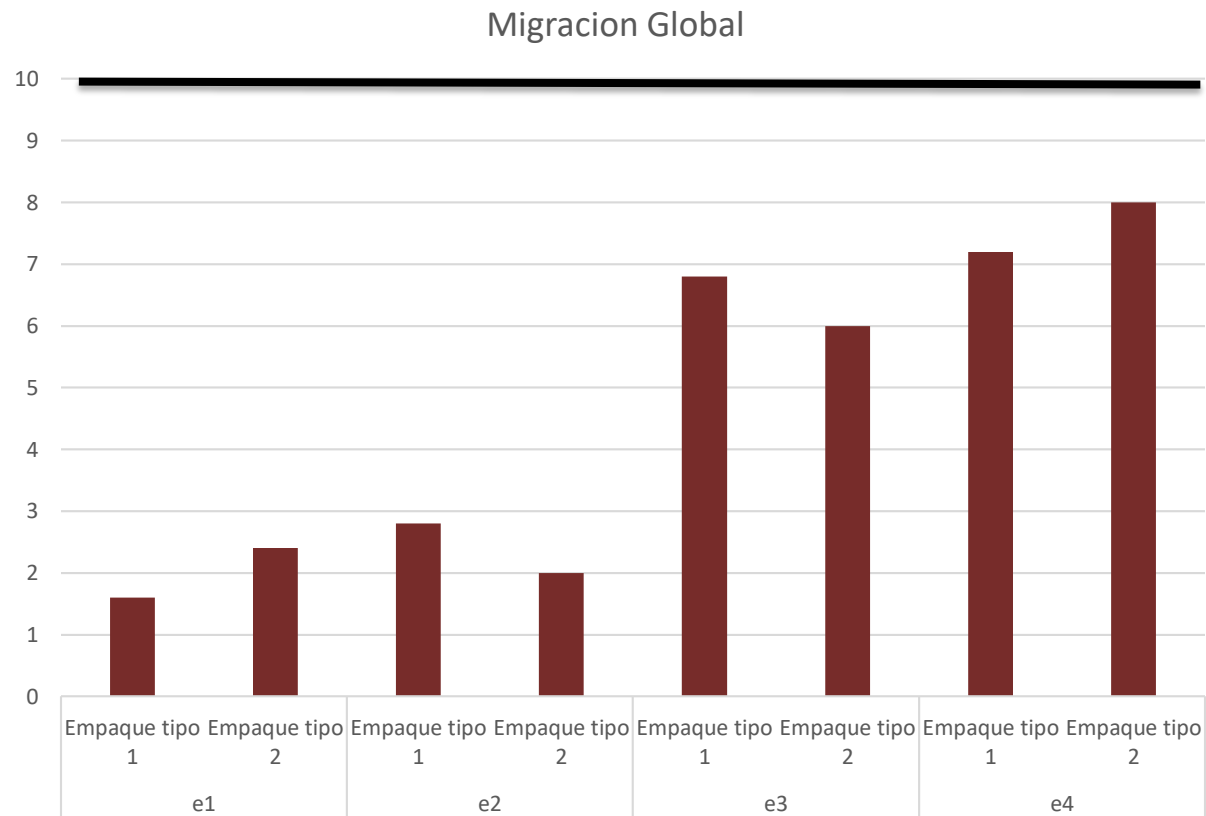
RESULTADOS

4. Resultados del Ensayo de Migración Norma NTC 5023

	Tipo	Tiempo						m	M
		0,00	30 minutos	1 hora	1 hora y 30 min	2 horas	2 horas y 30 min		
e1	Empaque tipo 1	113.9800	113.9800	113.9802	113.9803	113.9805	113.9804	0.0004	1.6
	Empaque tipo 2	113.9800	113.9801	113.9802	113.9804	113.9805	113.9806	0.0006	2.4
e2	Empaque tipo 1	113.9861	113.9863	113.9865	113.9866	113.9866	113.9868	0.0007	2.8
	Empaque tipo 2	113.9861	113.9862	113.9862	113.9864	113.9864	113.9866	0.0005	2
e3	Empaque tipo 1	113.9802	113.9802	113.9803	113.9805	113.9810	113.9819	0.0017	6.8
	Empaque tipo 2	113.9802	113.9802	113.9806	113.9810	113.9812	113.9817	0.0015	6
e4	Empaque tipo 1	113.9800	113.9802	113.9806	113.9813	113.9814	113.9818	0.0018	7.2
	Empaque tipo 2	113.9800	113.9805	113.9809	113.9810	113.9813	113.9820	0.002	8

RESULTADOS

4. Análisis de datos de migración global y el criterio de la empresa

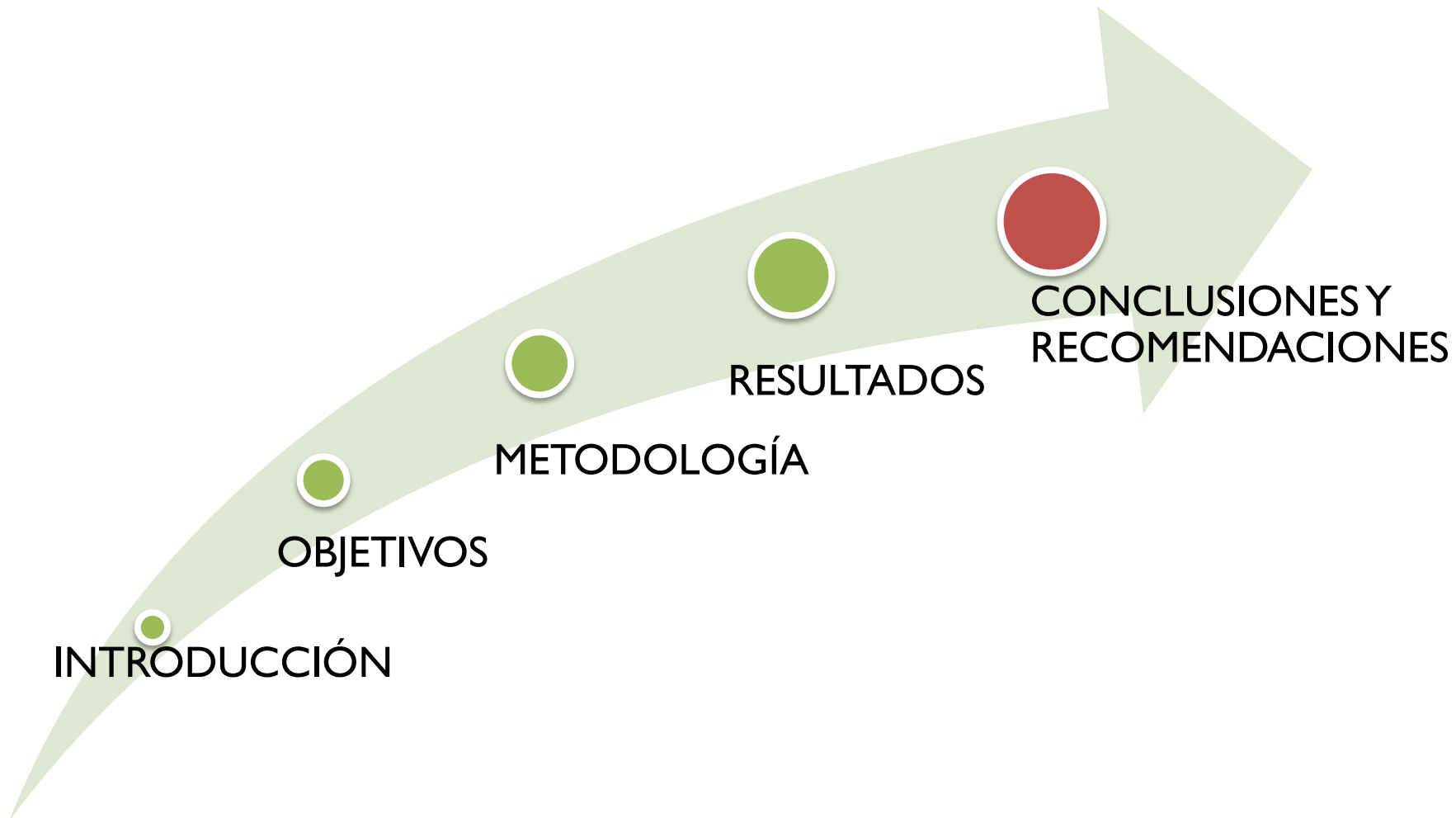


RESULTADOS

4. Cumplimiento de parámetros de calidad establecidos por la empresa Eduplastic

OPERACIÓN DE EXTRUSIÓN							
ENSAYO	RANGO DE ACEPTACIÓN	e1		e2		e3	
		Empaque tipo 1	Empaque tipo 2	Empaque tipo 1	Empaque tipo 2	Empaque tipo 1	Empaque tipo 2
Prueba de tracción	(5-20) N	√	√	√	√	x	x
Prueba de impacto	(50- 300) Kg	√	√	√	√	√	√
Ensayo wvtr	(9.075E^-07- 1.00E-02) g/h-cm ²	√	√	√	√	√	√
Coeficiente de fricción	(0-1)	√	√	√	√	√	√
Tratamiento corona	38 dinas	√	√	√	√	√	√
OPERACIÓN DE IMPRESIÓN							
ENSAYO	RANGO DE ACEPTACIÓN	e1		e2		e3	
		Empaque tipo 1	Empaque tipo 2	Empaque tipo 1	Empaque tipo 2	Empaque tipo 1	Empaque tipo 2
Prueba de migración global	max 10 mg/dm ²	√	√	√	√	x	x
Pruebas ópticas	(min.73-max 3.5) %	√	√	x	x	√	√
Mezcla de solventes	25"-30" zh#2 (25°C)	√	√	√	√	√	√

CONTENIDO



CONCLUSIONES

- El plumón de 38 dinas es el adecuado para el uso dentro de la empresa Eduplastic.
- Para evitar el desprendimiento de la tinta de los empaques plásticos, se determinó que la mejor relación de mezcla entre el propileno y el acetileno es de 75% y 25% respectivamente, esto permitirá un secado rápido de la tinta en la línea de impresión flexográfica. Conjuntamente se determinó que la relación de mezcla entre tinta y solvente sea de 80% y 20% respectivamente, este porcentaje se ajusta con la consigna de la empresa de obtener una viscosidad de 25-30 segundos Zahn.

CONCLUSIONES

- La determinación del porcentaje de brillo en los empaques plásticos permite conocer si las proporciones de mezcla son correctas, la empresa al considerar que un 60% de brillo como valor máximo en los empaques plásticos permite conocer que el porcentaje de mezcla del polietileno lineal es el correcto. Esto se debe a que este material da la característica de brillo dentro de la composición de empaques plásticos.
- La prueba de resistencia al impacto permitió conocer que los empaques con un espesor de 1.3 (e1) y 2 (e2), poseen una resistencia al peso por fallo de 50 a 120 gr, mientras que los empaques con un espesor de 2.5(e3) cuentan con una capacidad de soportar un peso de falla 100 a 160 gr. Esto se debe a la composición de cada empaque plástico, los empaques con espesor e3 poseen un porcentaje mayor de polietileno aglutinado, este le da la característica de resistencia al empaque. Los empaques e1 y e2 poseen una proporción baja de polietileno de baja densidad general.

CONCLUSIONES

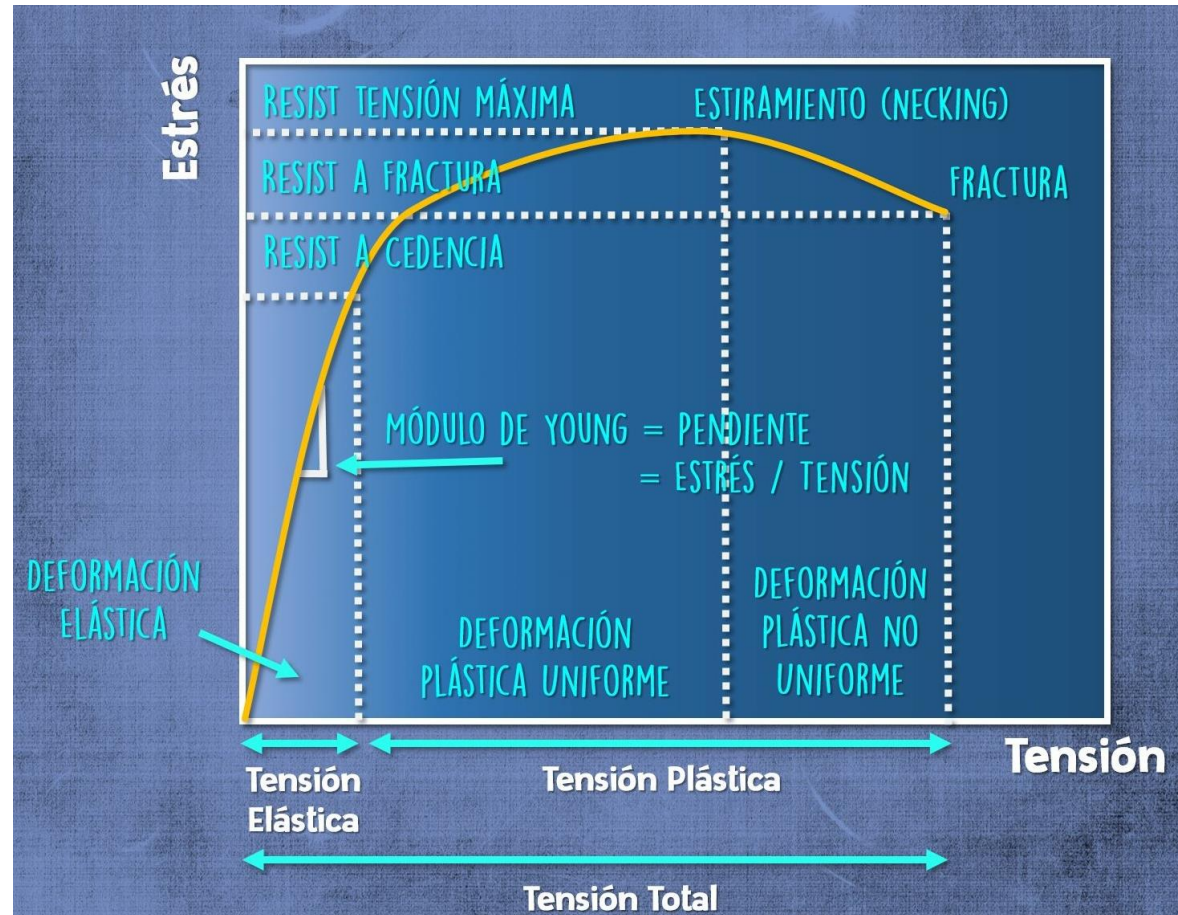
- Se observó que los módulos de elasticidad en cada prueba difieren uno del otro exceptuando los empaques con un espesor de 2 milésimas de pulgadas, sus módulos de elasticidad no poseen una gran diferencia. Este es un parámetro característico de cada material, mientras más grande sea el módulo de elasticidad más rígido es un material.
- Los módulos no superan la unidad por lo que están comportándose como un material plástico, la diferencia entre sus modulo depende de la composición del cada empaque como de su espesor.
- El valor máximo de migración global que debe tener un empaque es de 10 mg/dm², si se trabaja con alimentos la migración no debe superar más de 2 mg/dm². Se

RECOMENDACIONES

- Realizar los ensayos mecánicos y químicos sobre las películas justo después de cada operación para poder determinar si la película plástica cumple con los requisitos establecidos por la empresa.
- En el caso del ensayo de migración, se debe realizar un ensayo más a fondo utilizando un equipo de cromatografía el cual permita realizar una determinación específica de las sustancias que migran.
- Realizar un proyecto de investigación para la determinación de la calidad de la materia prima que llega a la empresa.

GRACIAS

MÓDULO DE ELASTICIDAD



Resultados Ensayo de Tracción



Curva de Tensión

