

Antes de comenzar nuestra sesión ...



INSTITUTO DE
CAPACITACIÓN
E INVESTIGACIÓN
DEL PLÁSTICO Y
DEL CAUCHO



Ubícate en un
lugar cómodo



Prepárate un café
o tu bebida favorita



Alista lápiz y papel
para tomar nota

Durante la sesión ...



Interactuar con los docentes y
demás participantes del curso
a través del chat



Q&A

Dejar tus preguntas haciendo
clic en el botón Q&A (Preguntas y
Respuestas).



No grabar la sesión.
Recuerda que no está
permitido

Programa de Formación: “Fortalecimiento de las capacidades técnicas de los transformadores de residuos de PET”



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Confederación Suiza

Departamento Federal de Economía,
Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO



Ministerio de
**Comercio, Industria
y Turismo**





INSTITUTO DE
CAPACITACIÓN
E INVESTIGACIÓN
DEL PLÁSTICO Y
DEL CAUCHO



Módulo 3: Herramientas de Identificación de residuos plásticos y contaminantes

Dra. Sonia Esperanza Reyes Gómez
Investigadora Consultora Asociada

Ponente:

Ph.D Sonia Esperanza Reyes Gómez



Investigadora Consultora Asociada del ICIPC. Ingeniera Química de la Universidad Industrial de Santander - UIS. Con maestría y doctorado en Ciencia e Ingeniería de Materiales de la Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM. Realizó su estancia postdoctoral en el Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho - ICIPC del 2021 al 2022. Actualmente es co-coordinadora del Clúster de Empaques y participa en proyectos de sostenibilidad, reciclaje y valorización de residuos plásticos y en la dirección y/o ejecución de proyectos de I+D. Tiene experiencia en áreas de conocimiento como: la síntesis, caracterización y reciclaje de materiales poliméricos; metátesis de olefinas, catálisis organometálica, métricas de química verde y divulgación científica. Se ha desempeñado como docente e investigadora en ingeniería y como evaluadora de proyectos, revistas y eventos científicos. Autora de publicaciones científicas y ponente en eventos nacionales e internacionales.


1. Introducción
2. Técnicas de identificación rápida de materiales plásticos por:
 - Densidad
 - Llama
 - pH
 - Sonido
 - Rayado
 - Ductilidad
 - Uso de una plancha de calentamiento de laboratorio
3. Técnicas instrumentales
 - DSC
 - TGA
 - FTIR
 - Cromatografía
4. Uso de la Aplicación Polyguess
5. Tablero de identificación de contaminantes en línea de proceso
6. Software de Inteligencia Artificial para la detección de contaminantes de color en lotes

Identificación
y separación
de materiales

Proceso de
valorización

Producto

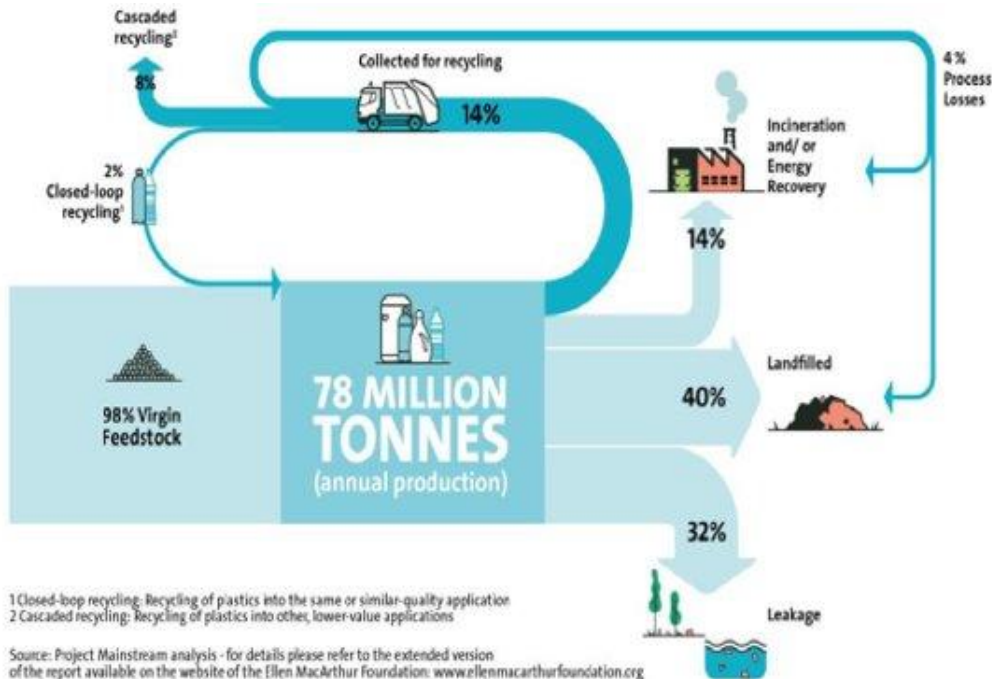
Introducción



Tenemos un
problema en
la gestión de
algunos
residuos...

¿Dónde terminan los materiales plásticos?

WORLDWIDE FLOWS OF PLASTIC PACKAGING MATERIALS IN 2013



Cerca de 1 millón de botellas de PET se consumen por minuto

“Colombia pierde \$2 billones anuales por no reciclar desechos plásticos”

La recuperación de los residuos podría generar nuevos negocios, empleos y aportes al recaudo de impuestos en el país, señalan expertos.



30.000

toneladas diarias de
desperdicios en
Colombia



Entre el

17-20%

de estos residuos
son **aprovechados**



32

kg/habitante
plástico



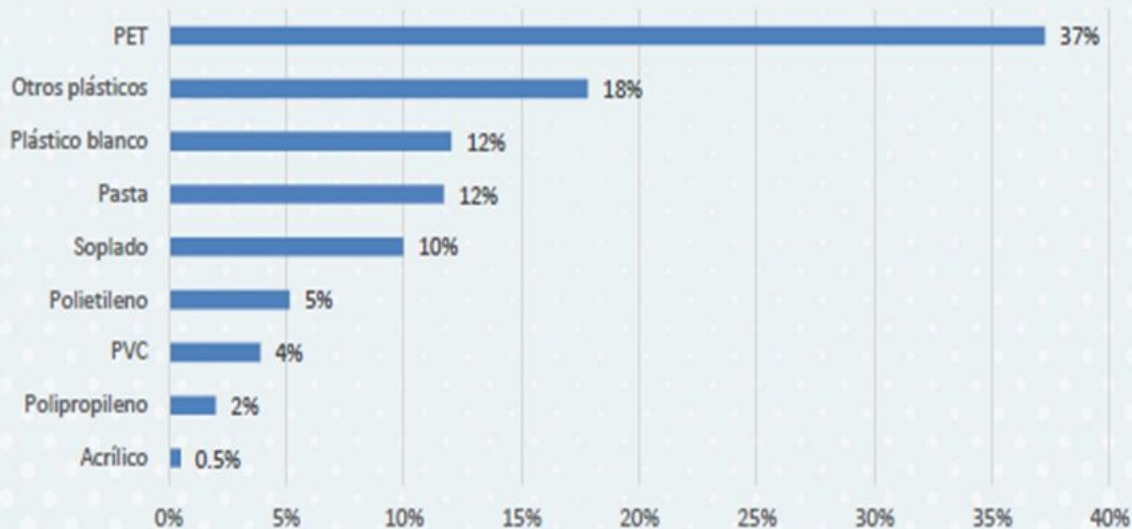
+200

gestores
licenciados en el
país

Situación de los gestores

75% de los gestores son informales

Tendencia de reporte de tipos de plástico por los prestadores de la actividad de aprovechamiento



Cadena de reciclaje **informal** con poca **capacitación** de personal y pocas herramientas tecnológicas

Plástico Blanco = PP y LDPE

Pasta = LDPE

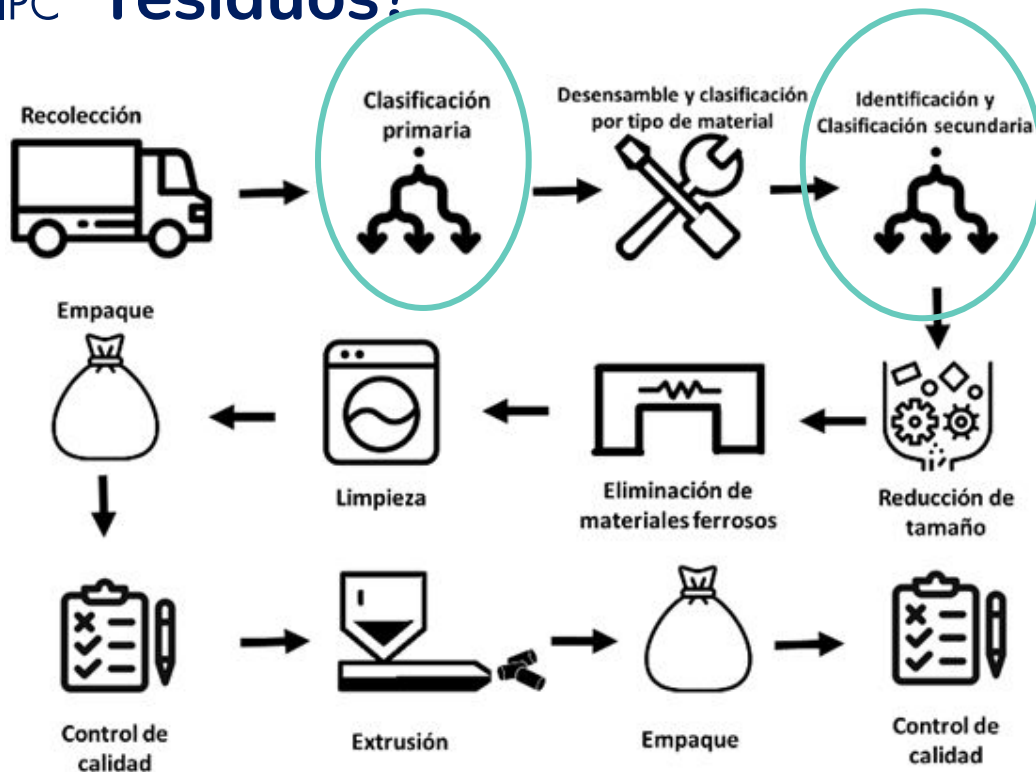
Soplado= LDPE

Acrílico= PS



ICIPC®

¿Cómo se realiza la valorización de estos residuos?

















Con diferentes retos:

- No hay rutas de recolección
- Difícil clasificación
- Difícil desensamble
- Materiales peligrosos
- Materiales de difícil lavado
- Materiales mezclados

¿Cómo identificar las familias adecuadamente?



						
PETE	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS	OTHER
						
Polyethylene Terephthalate	High Density Polyethylene	Polyvinyl Chloride	Low Density Polyethylene	Polypropylene	Polystyrene	Other



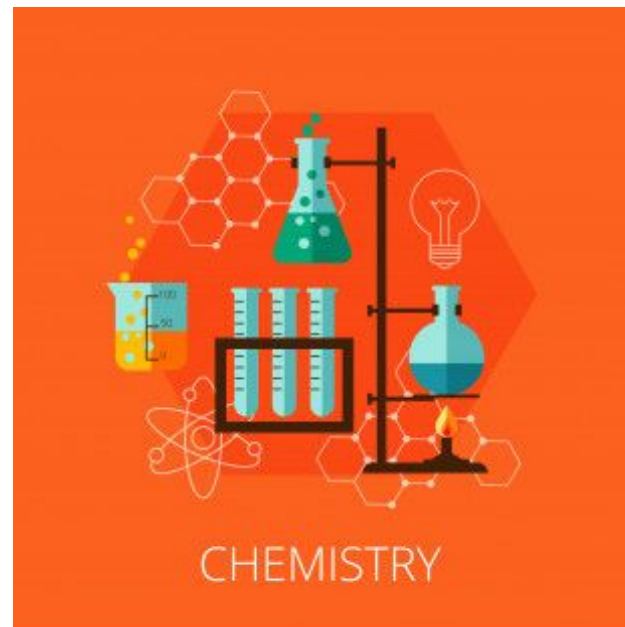
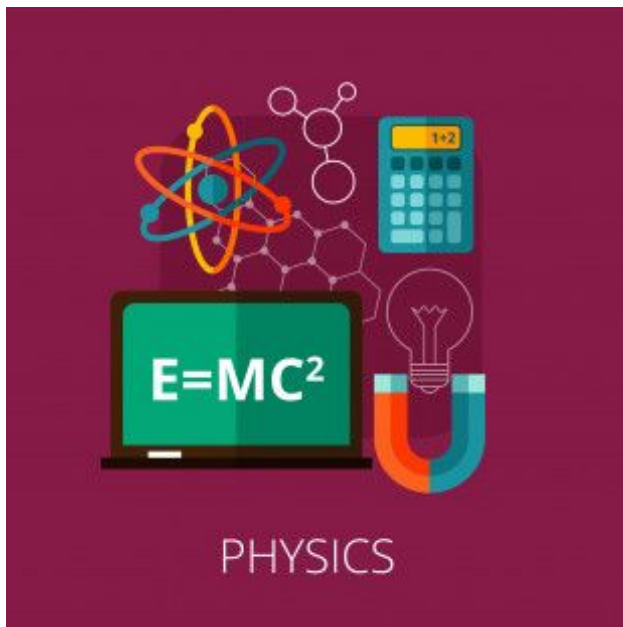
>PP-GF30-P(ELO)FR(52)<

ISO 1043 part 1 (base material - polymer) ISO 1043 part 2 (fillers) ISO 1043 part 3 (plasticizers) ISO 1043 part 4 (flame retardants)



“*Solución*” utilizada hasta 2018 para plásticos de difícil identificación





- Densidad
- Llama
- pH
- Sonido
- Rayado
- Ductilidad
- Uso de una plancha de calentamiento de laboratorio

PP y PE



ABS, PC, PVC, PS, PET, PA

Las cargas (talco, fibra de vidrio, carbonato, etc.) aumentan el valor de la densidad y los plastificantes y espumantes normalmente la disminuyen.



Gotea y color de llama



PP, PE



ABS, PS, PET

Este proceso se evalúa por medio de la observación:

- Tipo de llama.
- Si hay goteo o no.
- Generación de hollín.
- Humo.
- Color de la llama.
- Olor.

Contacto indirecto a la llama (pH)



- La formación de vapores con pH neutro indica que el material generalmente pertenece al grupo de las poliolefinas (PE/PP).
- Los vapores ligeramente básicos son propios de materiales como el ABS o la poliamida.
- Materiales como el PVC o el PET desarrollan vapores fuertemente ácidos.

- Dado que los sonidos son difíciles de describir, es mejor probarlo uno mismo con plásticos de tipo conocido.
- Este tipo de prueba funciona mejor con piezas más grandes (por ejemplo, carcasas enteras).
- Por ejemplo, para diferenciar el poliestireno del PMMA, al dejar caer una muestra sobre una superficie plana no metálica, el poliestireno suena como una lámina metálica mientras que el PMMA suena como madera dura.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">● Inversión inicial baja.● Fácil de implementar.	<ul style="list-style-type: none">✗ No recomendado como prácticas de identificación.✗ Baja productividad, una muestra por vez.✗ Riesgo alto de identificación inadecuada de los materiales.✗ Dificultad de identificar materiales muy similares por comportamiento físico.



PP, ABS,
PC, PS,
PVC, PA,
PET

- Algunos plásticos no se rayan fácilmente: PP, ABS y PS.
- Algunos plásticos que se rayan o marcan fácilmente: los plásticos flexibles o cauchosos, como por ejemplo el PE o el PVC flexible.



ABS, PS, PC, PA



PP, PE, PVC, PET, HIPS

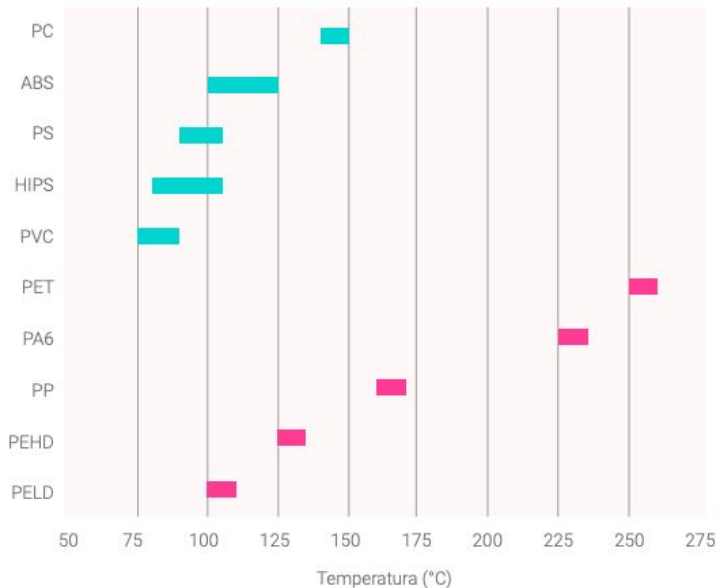
- Los materiales semicristalinos tienden a mostrar marcas blancas de la línea de doblado, diferenciándolos fácilmente de los materiales amorfos.

Identificación por Calentamiento Controlado: Fusión Y Ablandamiento

Uso de plancha de calentamiento







Tabla 18.

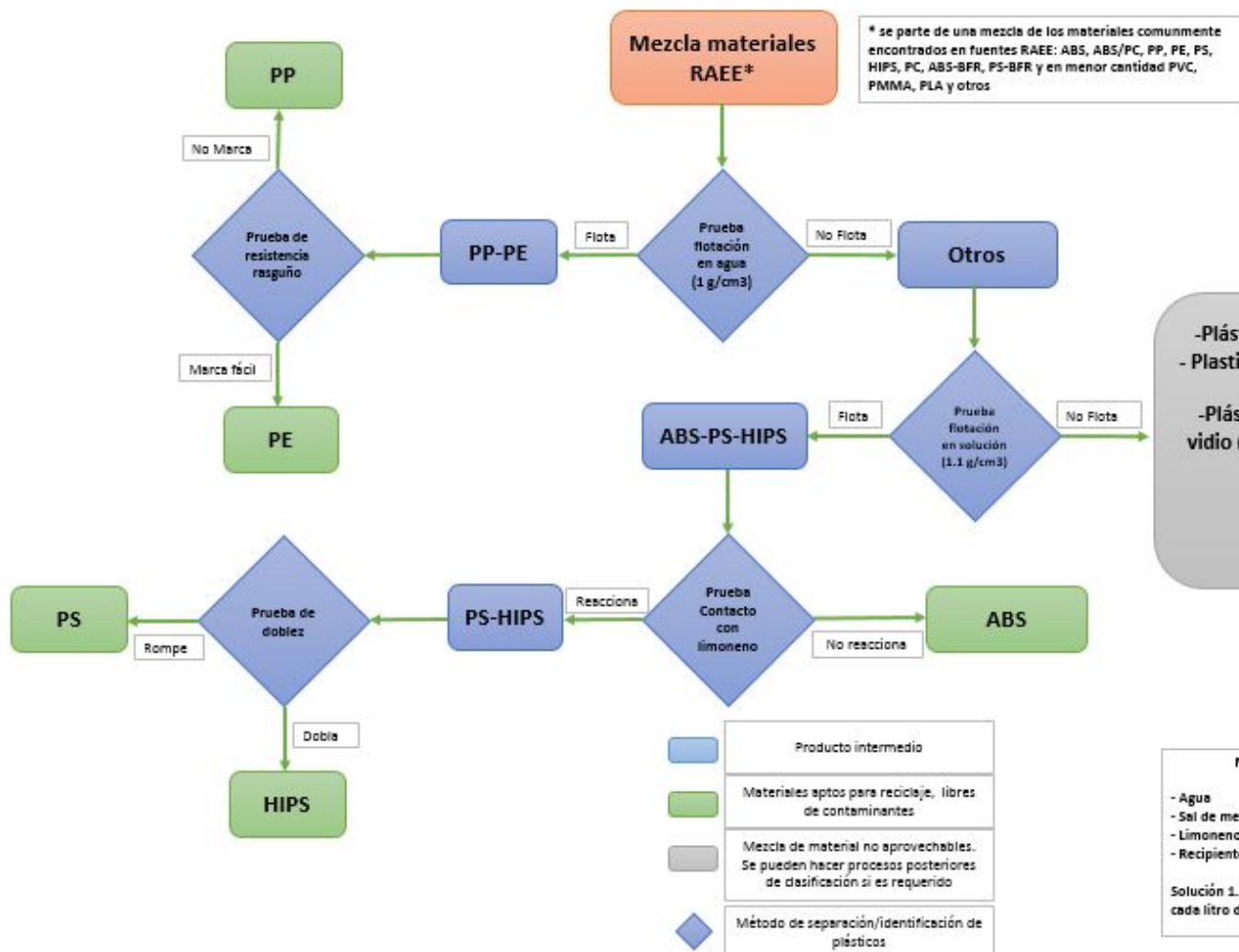
Rangos de temperaturas de ablandamiento / fusión de algunos materiales plásticos.



Convenciones

- Amorfos (ablandamiento)
- Semicristalinos (Fusión)

	LDPE	HDPE	PP
A temperatura ambiente			
A temperaturas de fusión y reblandecimiento de cada material			
Temperatura a la cual se vuelve transparente	entre 110°C y 130 °C	entre 140 °C y 155°C	>165 °C



-Plásticos contaminados con BFR
 -Plásticos con retardantes de llama fosforados
 -Plásticos cargados con fibra de vidrio (GF) o CaCO3, ej. PP40, PS30
 -PVC
 -ABS/PC
 -PET
 -PC

MATERIALES E INSUMOS REQUERIDOS

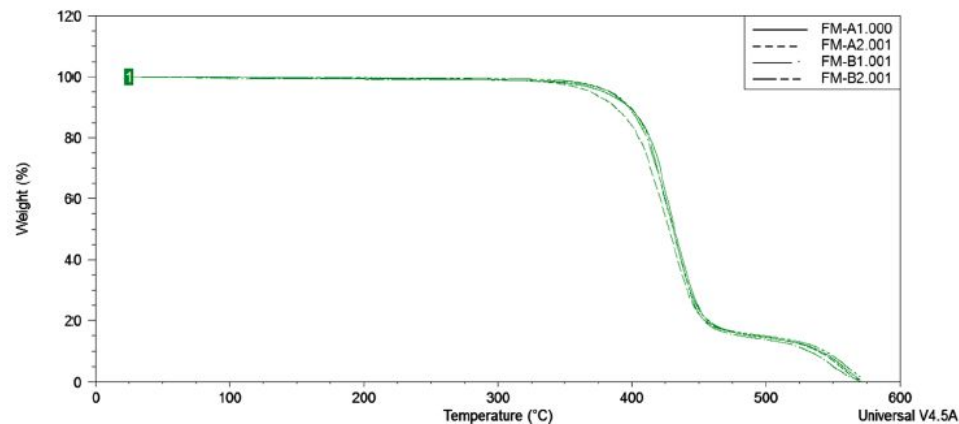
- Agua
- Sal de mesa (NaCl)
- Limoneno
- Recipientes

Solución 1.1 g/cm3: 150 gramos de sal de mesa (NaCl) por cada litro de agua

- DSC
- TGA
- FTIR
- Cromatografía

Ensayos térmicos

- Es un método de análisis térmico en el cual la masa de una muestra se mide a lo largo del tiempo a medida que cambia la temperatura.
- Se utiliza para analizar las características y composición de los materiales, ejemplo: el contenido de plastificantes, polímero y ciertos tipos de cargas específicos como los negros de humo y carbonato de calcio.
- Las tasas de descomposición y evaporación, la oxidación, la pureza del material y muchas otras propiedades.



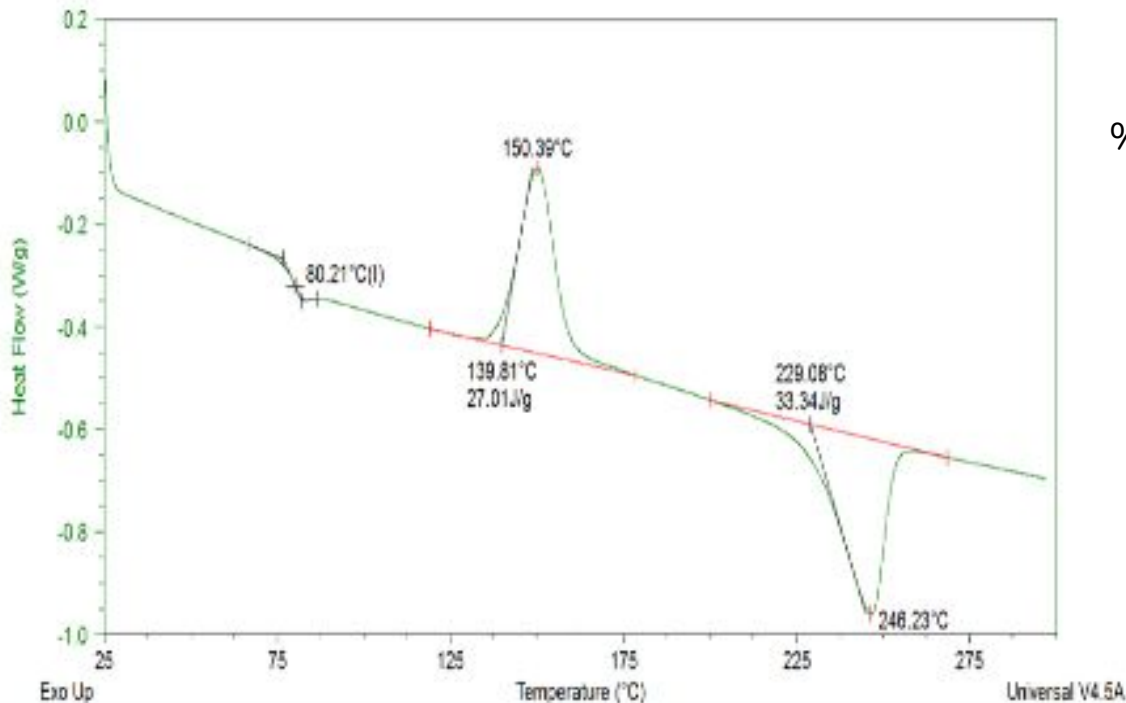
Ensayos térmicos

- Medida del calor emitido o absorbido por la muestra durante un programa previamente establecido de tiempo-temperatura.
- Permite determinar las propiedades térmicas de un material e identificar posibles mezclas de materiales:
- También las temperaturas de transición vítrea (T_g), cristalización (T_c) y fusión (T_f) y las entalpías de fusión y cristalización de polímeros.
- Basado en la norma ASTM D3418-15.
- Sirve para definir criterios de procesamiento (inyección o extrusión), así como posibles aplicaciones.
- Sirve para evaluar la estabilidad térmica, determinando las temperaturas y condiciones bajo las cuales se inicia la degradación.



Sample: 18330

DSC File: \\labquim4\TA\Cata\DSC\2022\18094.001

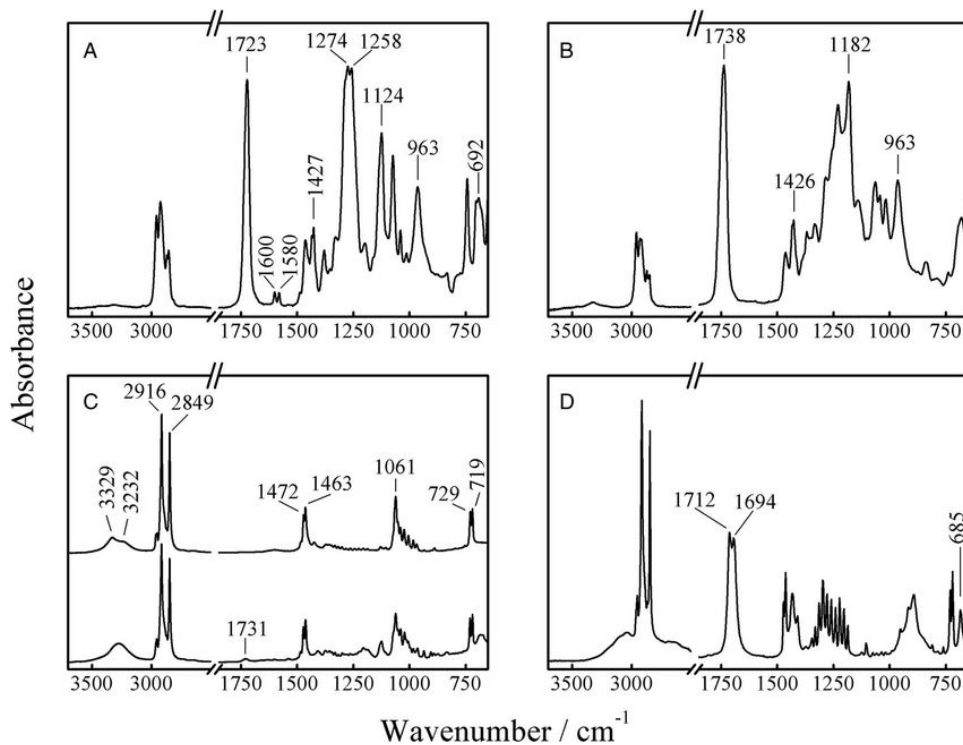


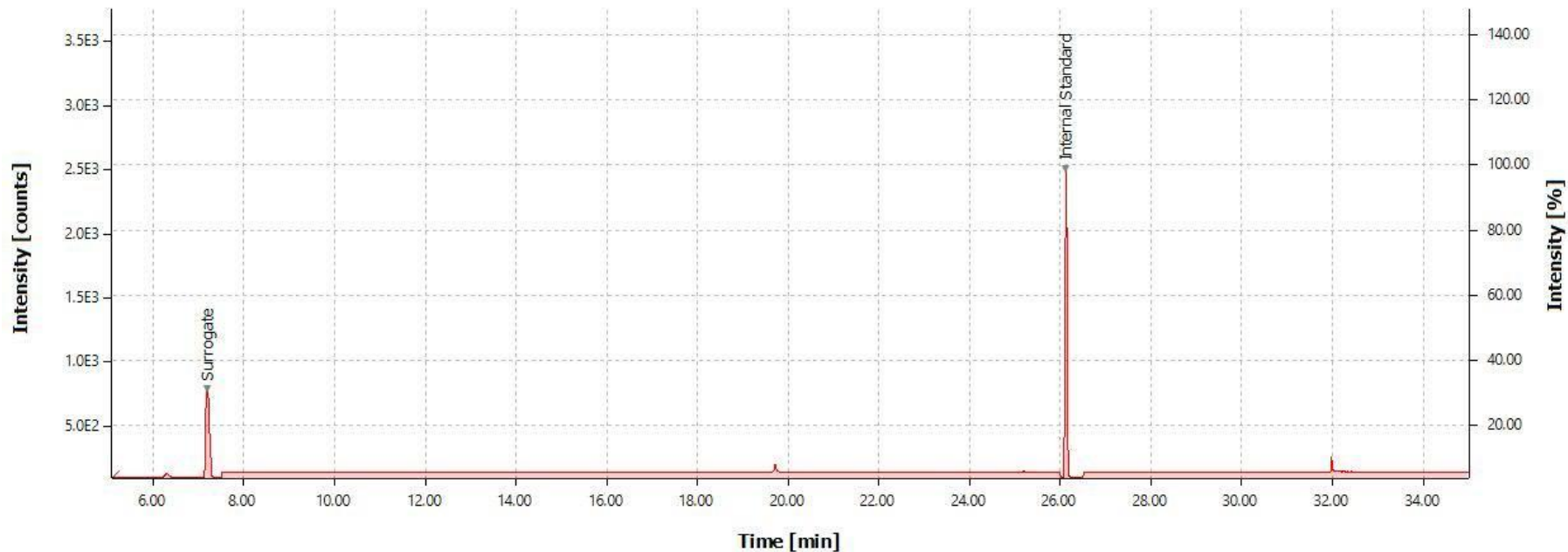
$$\% \text{ cristalinidad} = [\Delta H_f - \Delta H_c] / \Delta H_{f_0} * 100$$

ΔH_f = calor de fusión de la muestra (J/g)

ΔH_c = calor de cristalización en frío (J/g)

ΔH_{f_0} = calor de fusión de referencia si el polímero fuera 100% cristalino, para el RPET $\Delta H_{f_0} = 140$ J/g





Retardantes de llama bromados tipo PBBs, en mg/kg				
Analito	#1	#2	□	U _{exp}
2-Bromobiphenyl (PBB 1)	N.D	N.D.	---	---
4-Bromobiphenyl (PBB 3)	N.D	N.D.	---	---
2,2' Dibromobiphenyl (PBB 4)	N.D	N.D.	---	---
2,5-Dibromobiphenyl (PBB 9)	N.D	N.D.	---	---
2,4-Dibromobiphenyl (PBB 7)	N.D	N.D.	---	---
4,4'-Dibromobiphenyl (PBB 15)	N.D	N.D.	---	---
2,2',5-Tribromobiphenyl (PBB 18)	N.D	N.D.	---	---
2,4,6-Tribromobiphenyl (PBB 30)	N.D	N.D.	---	---
2,4,5-Tribromobiphenyl (PBB 29)	N.D	N.D.	---	---
2,3',5-Tribromobiphenyl (PBB 26)	N.D	N.D.	---	---
2,4',5-Tribromobiphenyl (PBB 31)	N.D	N.D.	---	---
2,2',5',6-Tetrabromobiphenyl (PBB 53)	N.D	N.D.	---	---
3,4,5-Tribromobiphenyl (PBB 38)	N.D	N.D.	---	---
2,2',5,5'-Tetrabromobiphenyl (PBB 52)	N.D	N.D.	---	---
2,2',4,5'-Tetrabromobiphenyl (PBB 49)	N.D	N.D.	---	---

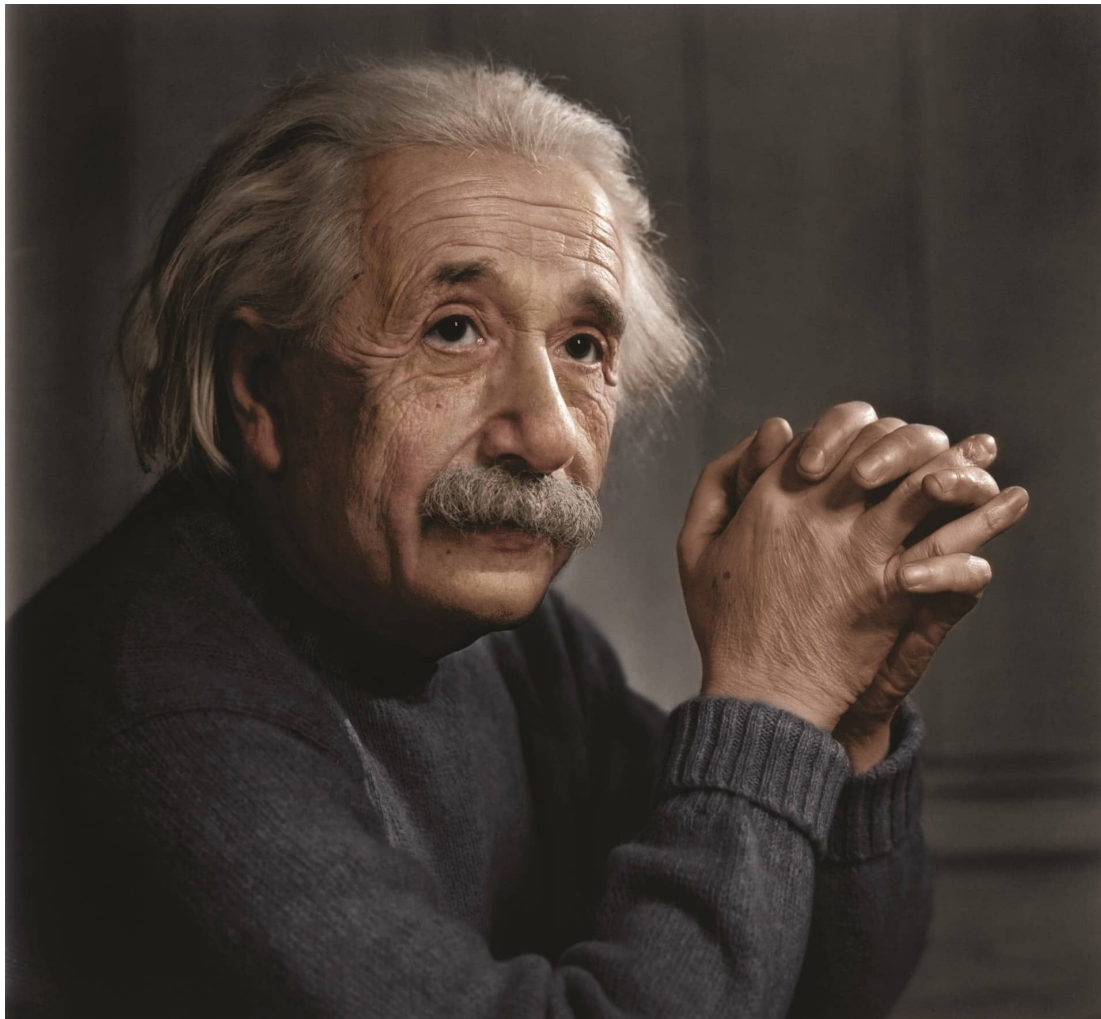
N.D.: No detectable
#1 y #2: Mediciones realizadas
 □: Contenido promedio
 U_{exp}: Incertidumbre expandida, se reporta con un factor de cobertura $k=2$, con el cual se logra un nivel de confianza del 95,45%.

Mientras tanto los gestores...





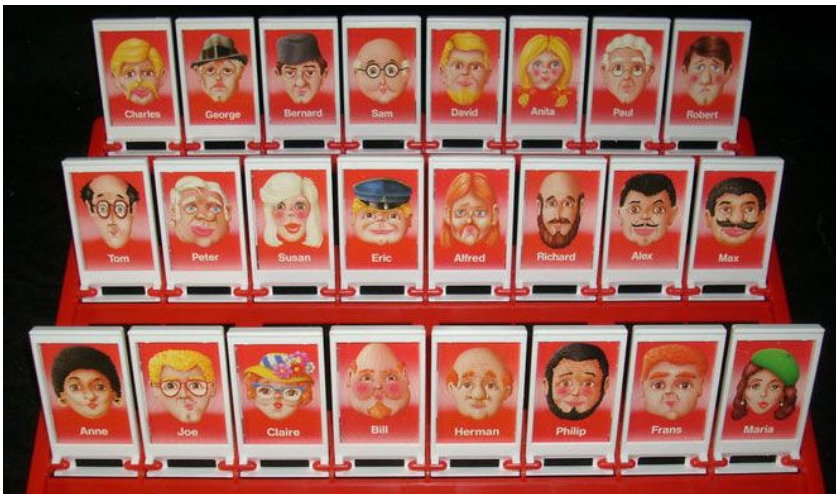
Un pequeño juego...





Un juego de niños...

Más de 40 personajes



Preguntas si o no

Miles de posibilidades



Preguntas si, no o
talvez



¿Cuál es la probabilidad de que el papa sea argentino?

$P(\text{Argentino}|\text{papa})$



1

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

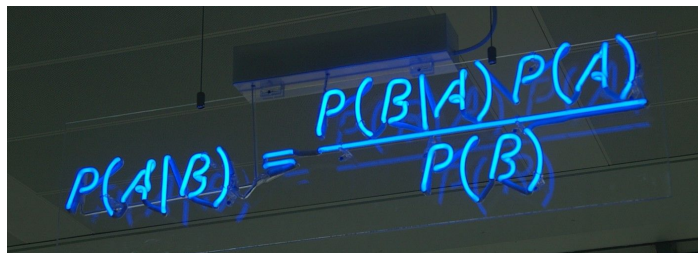
¿Cuál es la probabilidad de que algún argentino sea el papa?

$P(\text{papa}|\text{Argentino})$



1 en 45 millones de habitantes₃₉

Entendamos el teorema de Bayes



$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

1 evidencia

$$P(ABS|B \wedge Y) = \frac{P(B|ABS)P(Y|ABS)P(ABS)}{P(B|ABS)P(Y|ABS)P(ABS) + P(B|\neg ABS)P(Y|\neg ABS)P(\neg ABS)}$$

2 evidencias

Hora de programar





¿Qué hace Polyguess?

Polyguess es una solución de identificación **rápida** de familias de materiales que ofrece la oportunidad de **fortalecer** la cadena de **reciclaje** del país



Aumentar el **conocimiento** de los recicladores y recolectores en la identificación de tipos de plásticos

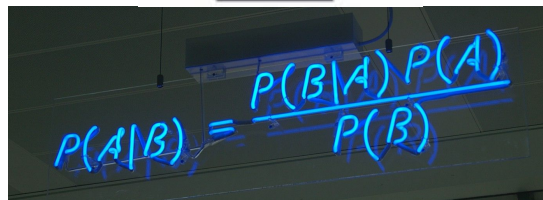


¿Cómo funciona Polyguess?

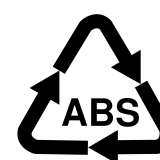
Pruebas



- Densidad
- Mecánicas
- Llama
- Solubilidad



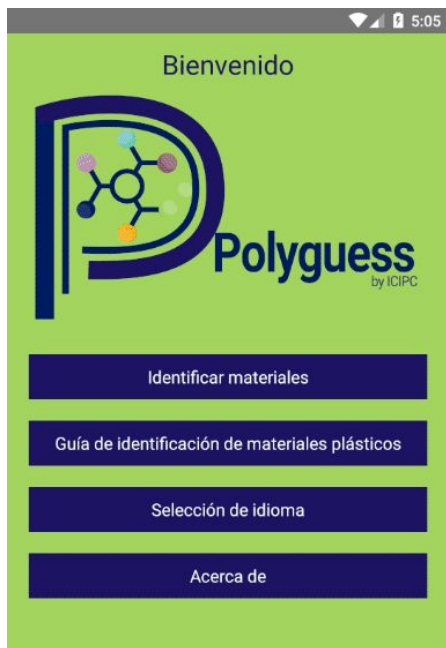
Familias de materiales



shutterstock.com • 612668918

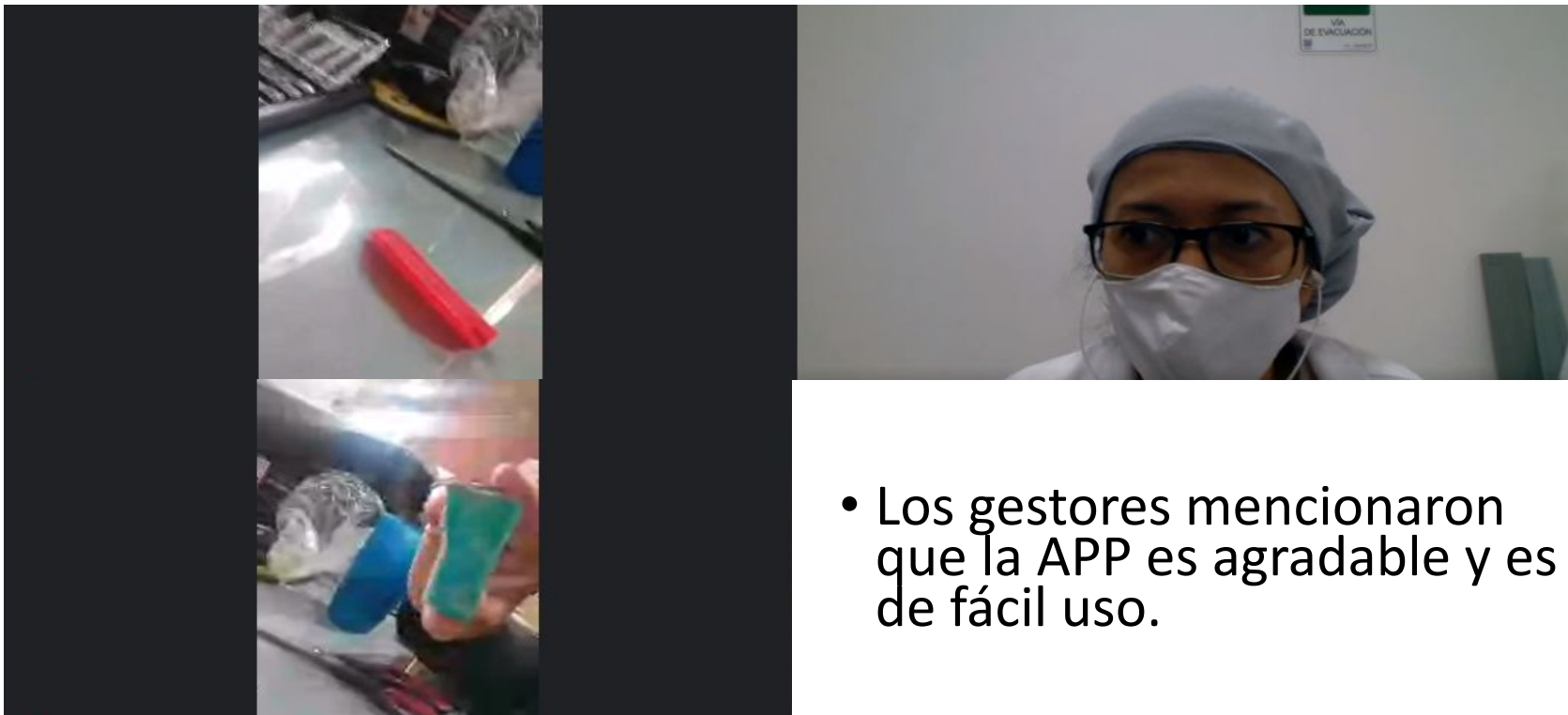
PP, PE, PVC, PS, PC, ABS

Polyguess en acción



Acerca de esta app →





- Los gestores mencionaron que la APP es agradable y es de fácil uso.

¿Dónde pueden encontrar más información?

Guía Técnica para el **manejo** y **gestión** de materiales plásticos recuperados

- Situación de RAEE y ELV's en Colombia
- Proceso de recuperación de plásticos
- Técnicas de identificación de plásticos
- Estandarización para comercialización
- Reglamentaciones para el uso de material recuperado

Disponible gratuitamente en



Nueva actualización

Programa De Acompañamiento Técnico Para La Implementación De Un Piloto De Sostenibilidad De Envases Plásticos Usados En El Sector Químico (PAT)



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Confederación Suiza

Departamento Federal de Economía,
Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO



El progreso
es de todos

Mincomercio





¿A cuál sector pertenece?

i ¿Cómo sé a qué sector pertenece?

RAEE/UDV Cosméticos Aseo

Aceites Pinturas Sacos

No sé





Sector envases soplados

Mercado de productos de envases soplados para el cuidado personal

Envases en su mayoría de PET o HDPE.



Retos:

- Otros materiales
- Etiquetas
- Colores



- Alta rigidez
- Alta resistencia mecánica
- Alta resistencia química
- Alta resistencia a la temperatura
- Altamente transparente
- NO flota en el agua



- Alta resistencia química
- No absorbe humedad
- Alta resistencia al impacto
- Flota en agua
- Alta rigidez
- Más duro que el LDPE



- Resistente al impacto
- Resistencia a la punzadura
- Alta flexibilidad
- Traslúcido
- Baja permeabilidad al agua
- Gran resistencia química
- Flota en agua



- Buena resistencia química
- Baja permeabilidad al agua
- Flota en agua
- Más transparente y duro que los PEs
- Resistente a bacterias y hongos
- Puede ser usado para llenado en caliente
- Puede ser usado en microondas



PS cristal

- Alta rigidez y dureza
- Alta transparencia
 - Muy brillante
- Poca absorción de agua
- NO flota en el agua



PS espumado (EPS)

- Muy ligero
 - Rígido
- Flota en agua
- Alta resistencia al calor



PVC rígido

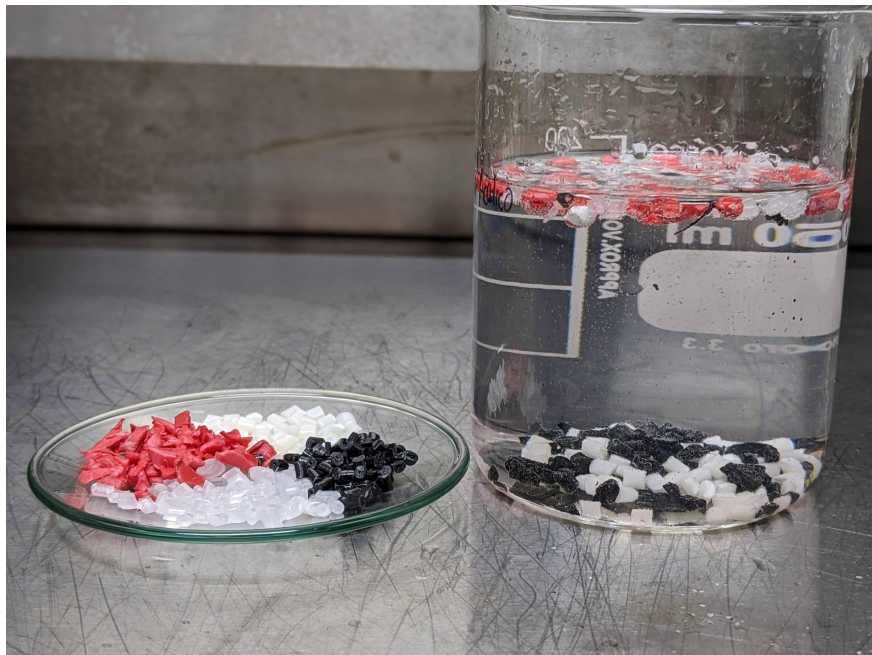
- Alta rigidez y dureza
- Transparente
- Alta resistencia química
- NO flota en el agua
- Aplicaciones limitadas

PVC flexible

Sólo algunos plastificantes
están autorizados



Pruebas relevantes para los envases soplados

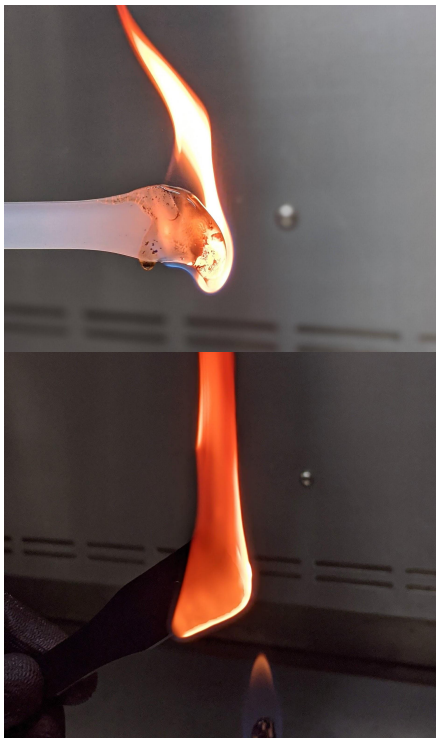


PP y LDPE

Densidad modificada: 0.94 g/cm³

HDPE

Pruebas relevantes para los envases soplados



PP, PE

ABS, PS, PET

Este proceso se evalúa por medio de la observación:

- Tipo de llama
- Si hay goteo o no
- Generación de hollín
- Humo
- Color de la llama
- Olor

Pruebas relevantes para los envases soplados



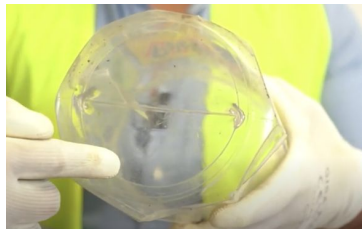
Inspección visual:

- Opaco - HDPE
- Translúcido y flexible - LDPE
- Translúcido y rígido - PP

¿Cómo se ve en la
práctica?



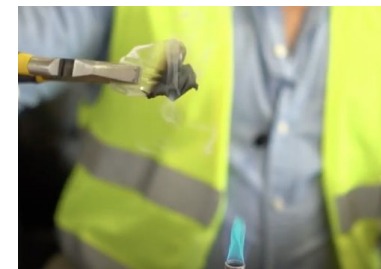
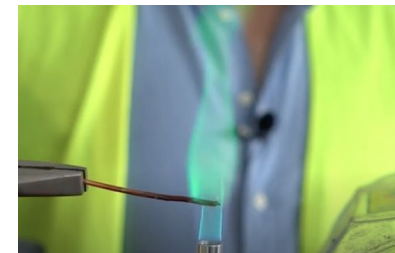
App Polyguess: ejemplo envase



No tiene punto marcación de familia de plásticos



No tiene punto de inyección sino raya (cierre de molde)



Tablero de identificación de contaminantes en línea de proceso

Importancia

¿Por qué hacer una correcta eliminación de los contaminantes en material reciclado?

Dado que la mayoría de residuos plásticos no son compatibles entre sí, evita:

- Fracciones poliméricas mezcladas, lo que influye en la estructura y produce reciclados con propiedades pobres y variables.
- Ya que el valor que pagan los fabricantes de polímeros por los plásticos reciclados depende entre otras cosas, de la calidad del producto mezclado y su pureza, evitando costes bajos en su venta.



<https://www.pt-mexico.com/>

¿Qué facilidad trae al proceso?

- Mayor rapidez en la identificación y clasificación de los materiales reciclables.
- Permite diferenciar en todo momento, los materiales que continúan en la línea de proceso (aprovechables) de los que se deben rechazar y su prioridad de rechazo.
- Facilidades en capacitación y entrenamiento de personal de reciente ingreso.
- Mayor agilidad para la capacitación del personal en la línea de proceso.

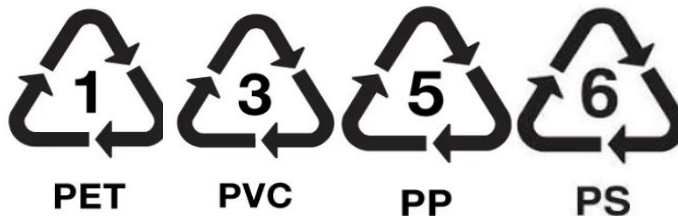


<https://www.youtube.com/watch?v=n7OqjGe7p30>

¿Cómo hacer este tablero?

Pasos esenciales

- Identificación, clasificación (por forma, color, apariencia, marca, tipo de contaminante, entre otros...) de los distintos materiales reciclables de frecuente ingreso y los contaminantes comunes de cada uno por líneas.
- Obtención de distintas muestras físicas o digitales de las distintas categorías de materiales, contaminantes y sus posibles formas (toda la botella, tapa, etiqueta).
- Generación de tablero en donde se indique cada una de estas categorías y se reflejen las muestras correctamente categorizadas indicando la parte contaminante para el caso de etiquetas o tapas en caso de ser necesario.



Identificación por familias de plásticos



- Ubicar el tablero en los puntos de separación, indicando con envases como ejemplo, los materiales aceptables, de rechazo, material con elementos contaminantes (como etiquetas o tapas, entre otros) o los materiales que requieren un tratamiento diferente (ejm: remoción de etiqueta de PVC en envase de PET).
- Ubicar el tablero de demostración en la línea de procesado para identificar cuál material es reciclable.



<https://www.muviplast.com/>

Recomendaciones para el almacenamiento de los productos

- Publicar una lista clara de materiales de rechazo en la estación de empacado.
- Manejar y almacenar cuidadosamente el material para protegerlo de la humedad, la suciedad y la luz solar.



<https://www.muviplast.com/>

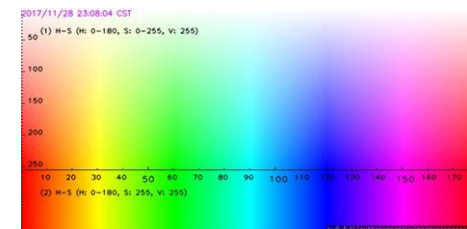
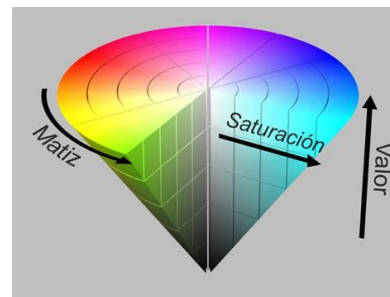
Ejemplos: Identificación de envases para rechazo



Software de Inteligencia Artificial para la detección de contaminantes de color en lotes

¿Para qué sirve?

- Identificar contaminantes de color en muestras molidas y en escamas de PET (cristal, azul, verde, ámbar) aplicando inteligencia artificial para el análisis de imágenes.
- Muestreo rápido de lotes de rPET mediante una prueba no destructiva.
- El algoritmo se programó basado en los espacios de color.

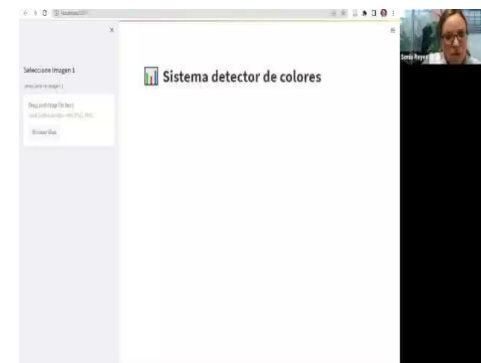
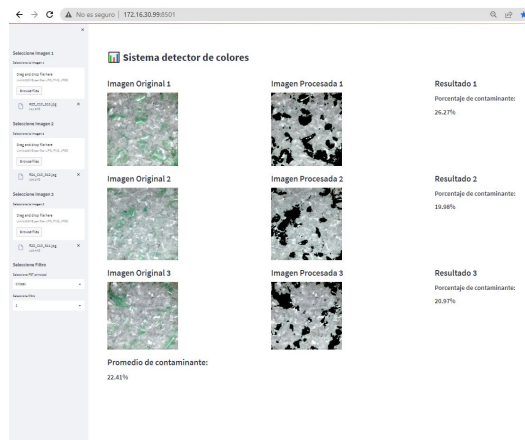
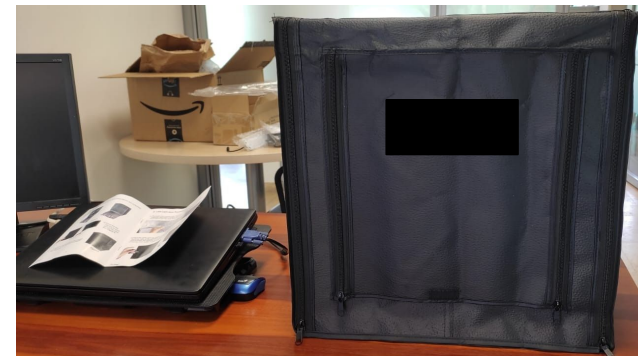





ICIPC®

¿Qué se requiere? ¿Cómo funciona?

- Estudio fotográfica con control de iluminación.
- Cámara web.
- Bandeja para poner las muestras de PET.
- Aplicación luxómetro para medir la intensidad de la luz.
- **Hardware:** computador al menos procesador i3; Ram: 4GB; disco: 10GB
- **Requerimientos de software:** Python 3.11; pip
- Calibrar la herramienta para tomar las fotos a las mismas condiciones (luz, cantidad de muestra, etc.).



A photograph of a polluted shoreline. In the foreground, there is a large pile of trash, including plastic bottles, bags, and other debris, scattered along the water's edge. A small wooden boat is docked at the shore, with a person standing on it. Several birds, possibly terns, are seen on the shore and in the water. The background shows a body of water with a few more boats and a distant shoreline with buildings under a clear sky.

Tenemos una
OPORTUNIDAD
para aprovechar
los residuos...

Empresa de Plastilene estrena la planta de reciclaje de plástico posconsumo más grande de Colombia

La planta tuvo una inversión de más de 15 mil millones de pesos y busca fortalecer la economía circular de los plásticos en el país.

Economía - 07 Oct 2021 - 08:17 pm



Vanesa Peralta

Compartir



LUNES, 09 DE MAYO DE 2022

FINANZAS ECONOMÍA EMPRESAS OCIO GLOBOECONOMÍA AGRONEGOCIOS ANÁLISIS ASUNTOS LEGALES CAJA FUERTE INDICADORES INSIDE

ACTUALIDAD ELECCIONES PRESIDENCIALES 2022 CRISIS EN UCRAINA OPA POR NUTRESA BANCO CAJA SOCIAL TASA DE USURA BANCOLOMBIA GUSTAVO PETRO



INDUSTRIA

Enka duplicará recolección de botellas diarias de tres millones a seis millones



Esenttia anunció la construcción de una nueva planta de resinas plásticas recicladas

- Herramienta para disminución de costos en identificación en planta
- Tecnologías de la información disponibles para la industria del plástico





INSTITUTO DE
CAPACITACIÓN
E INVESTIGACIÓN
DEL PLÁSTICO Y
DEL CAUCHO



¡Gracias!

Dra. Sonia Esperanza Reyes Gómez

sreyes@icipc.org

Carrera 49 #5 Sur 190. Bloque 37

+574 3116478

Medellín, Colombia

icipc@icipc.org - <https://icipc.org>



@ICIPCmedellin



@ICIPC



@ICIPC_Medellin



@ICIPC