

# Antes de comenzar nuestra sesión ...



INSTITUTO DE  
CAPACITACIÓN  
E INVESTIGACIÓN  
DEL PLÁSTICO Y  
DEL CAUCHO



Ubícate en un  
lugar cómodo

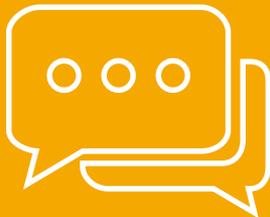


Prepárate un café  
o tu bebida favorita



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



INSTITUTO DE  
CAPACITACIÓN  
E INVESTIGACIÓN  
DEL PLÁSTICO Y  
DEL CAUCHO

# Familias de materiales plásticos.

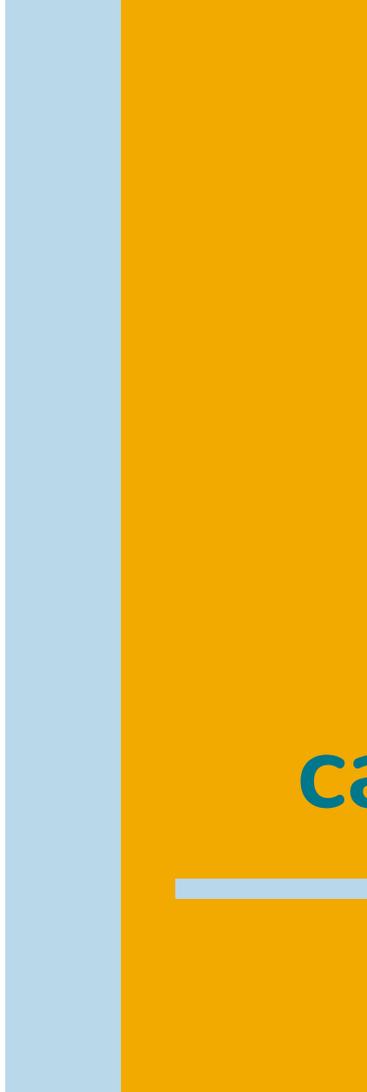
Silvio Alberto Ospina S., MSc  
Investigador

Investigador Consultor asociado

**Mag. Silvio Alberto Ospina Salgado**



- Químico de la Universidad de Antioquia.
- Magíster en Ciencias Químicas con énfasis en polímeros de la Universidad de Antioquia.
- Docente de la universidad de Antioquia por tres años y docente de la Especialista en Procesos de Transformación del Plástico y del Caucho EAFIT - ICIPC desde 2012.
- Vinculado al ICIPC desde 1998.
- Experiencia en caracterización de materiales poliméricos
- Coinventor de una patente otorgada por la SIC sobre compuesto biodegradable de PLA.
- Coautor de artículos técnicos en revistas nacionales e internacionales.

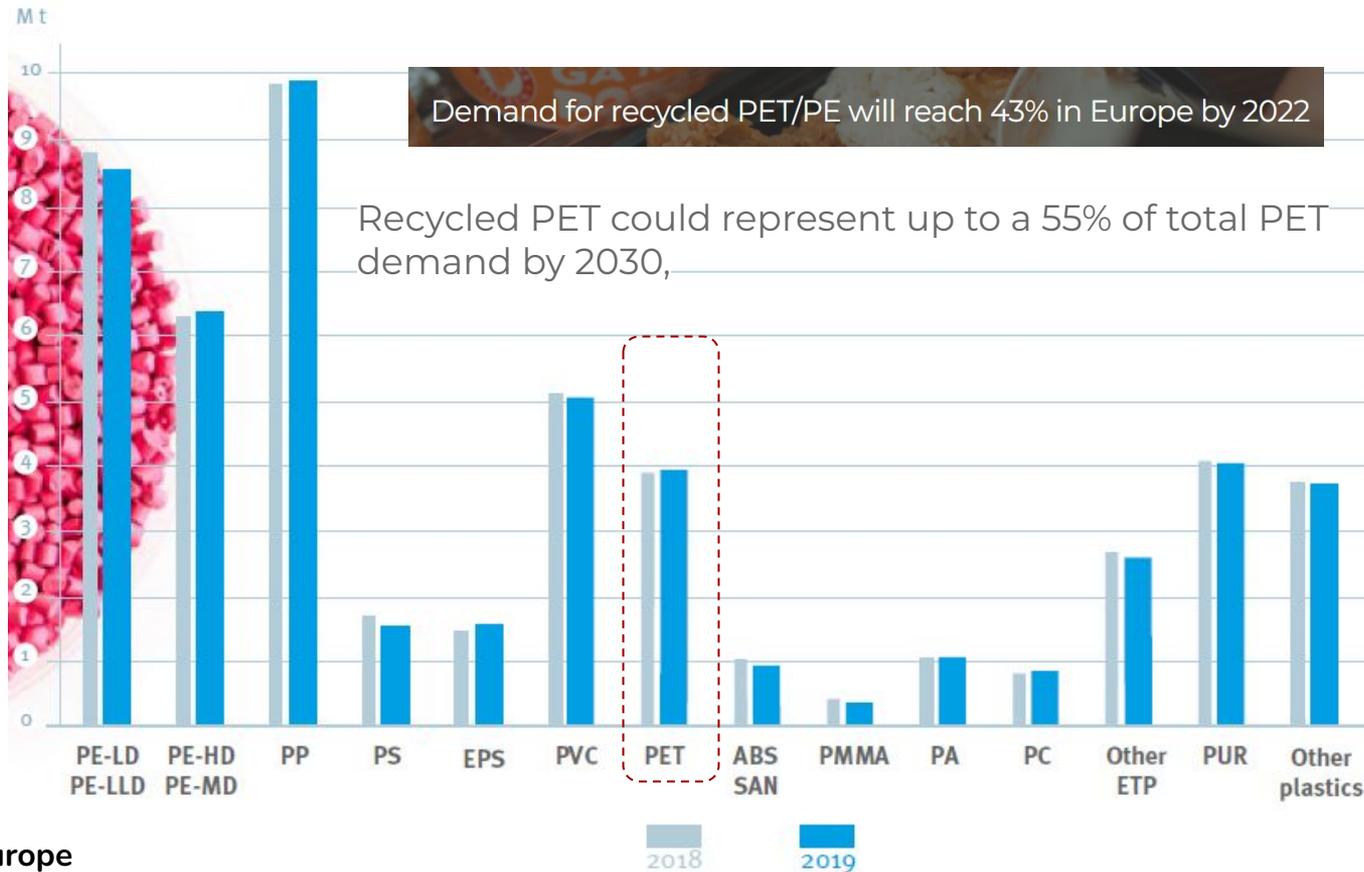


# Poliéster - PET

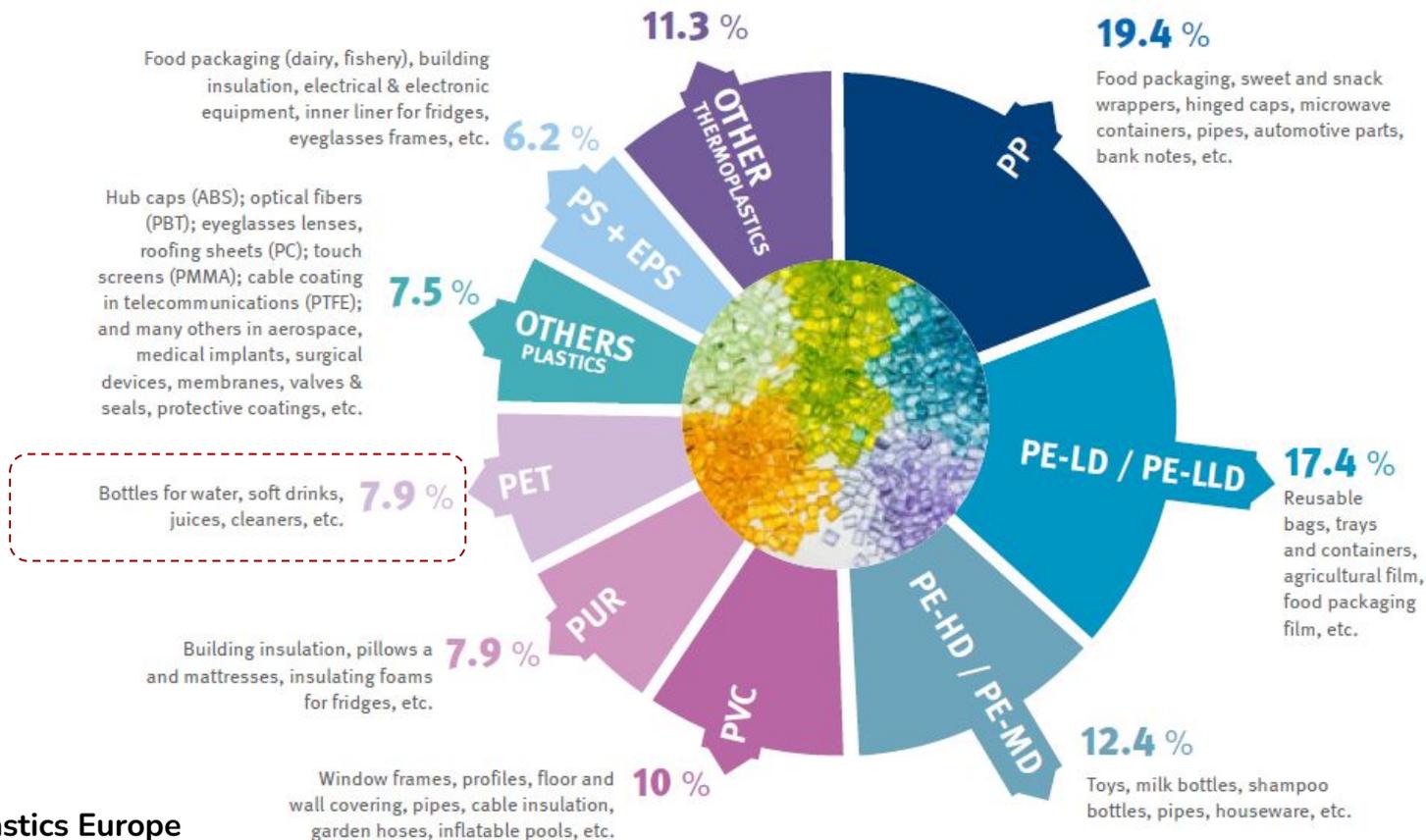
## características y aplicaciones



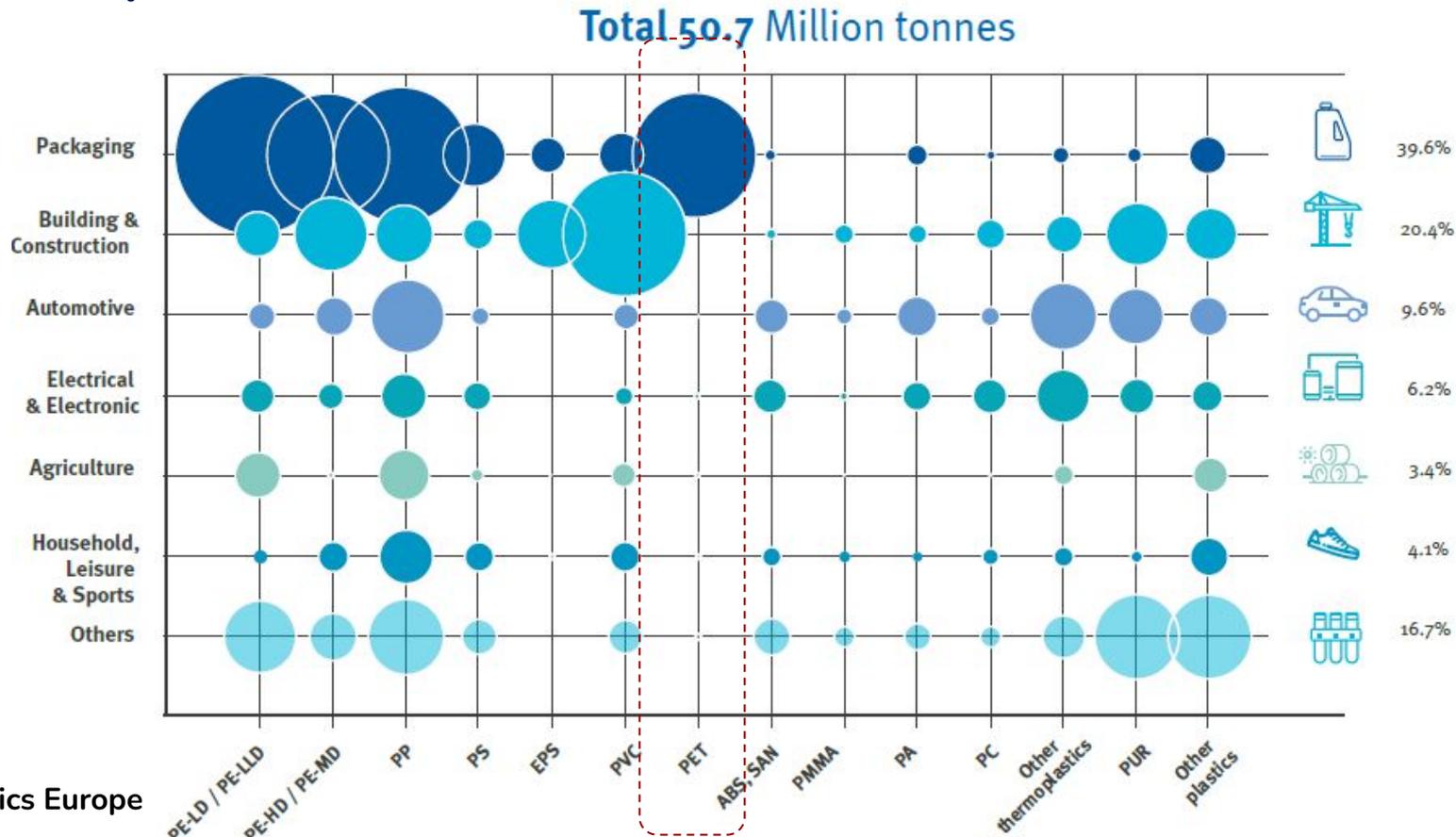
# Demanda Europea de plásticos por tipo de resina 2019



# Distribución de la demanda Europea de plásticos por tipo de resina 2019



# Demanda Europea de plásticos por sector y tipo de polímero 2019





# Demanda del PET

By Product Types	Bottles and Jars Bags and Pouches Trays Lids/Caps and Closures Other Product Types
By Packaging	Rigid Flexible
By End-user Industry	Food & Beverage Pharmaceuticals Personal care and cosmetic industry Industrial goods Household Products Other End-user industries



# Actores en PET

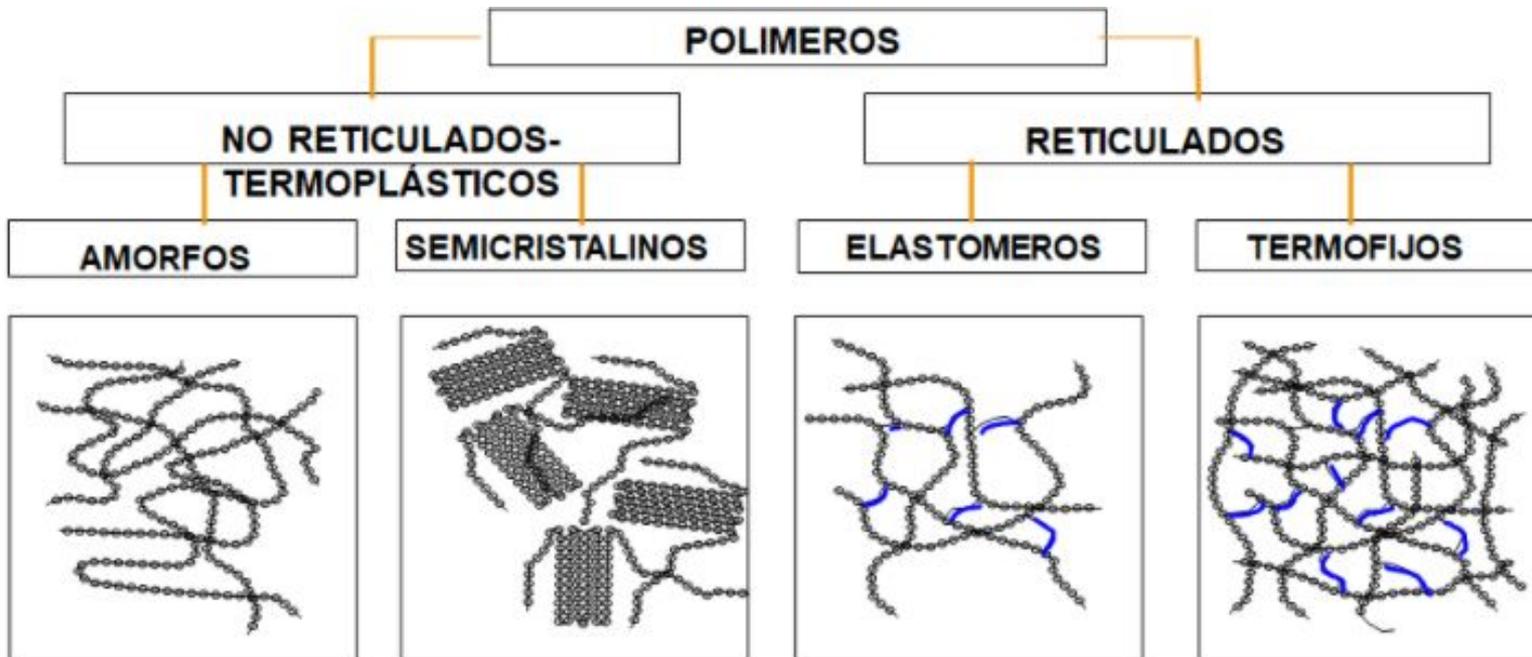
Amtcor Ltd.

Resilux NV

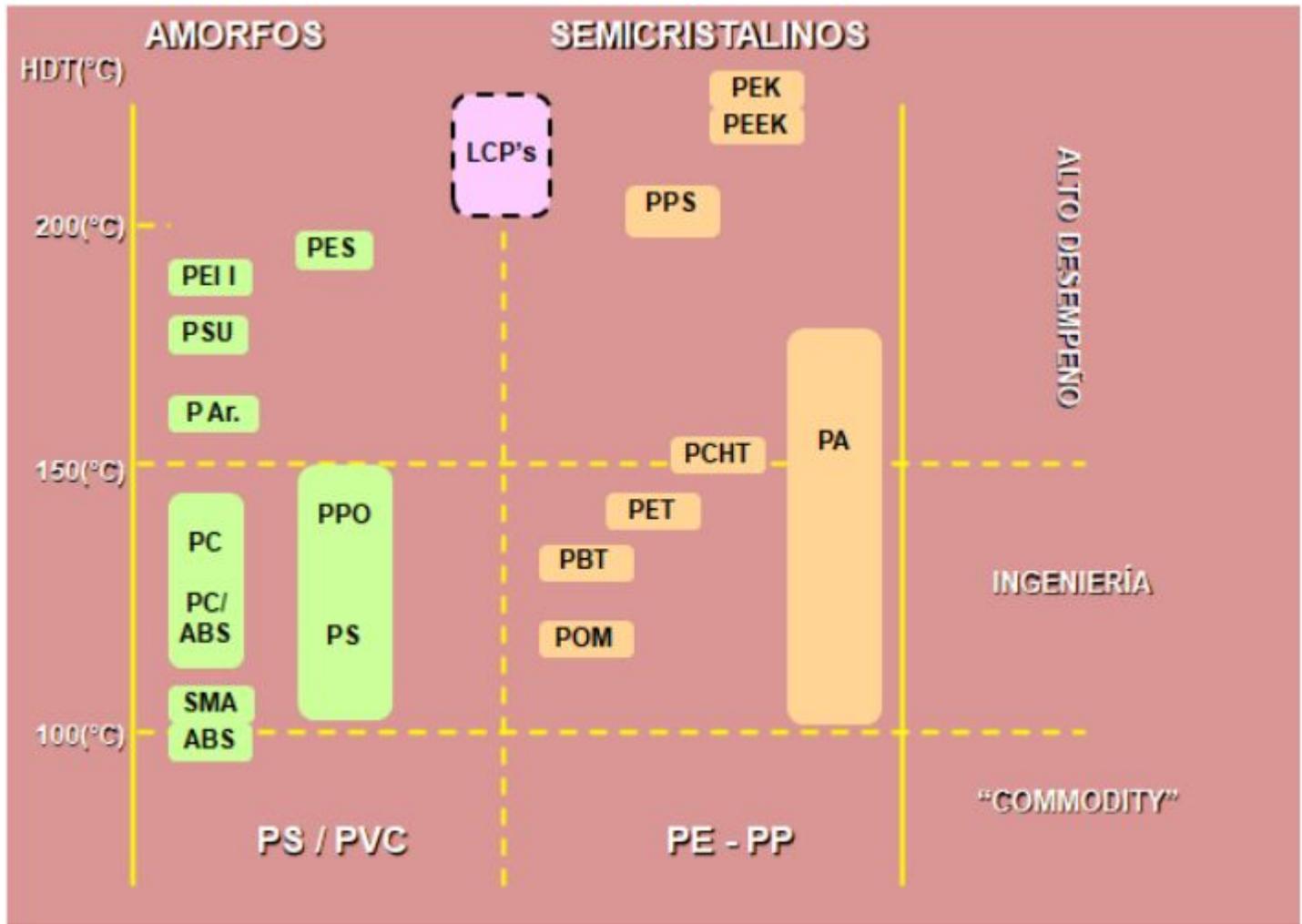
Gerresheimer AG

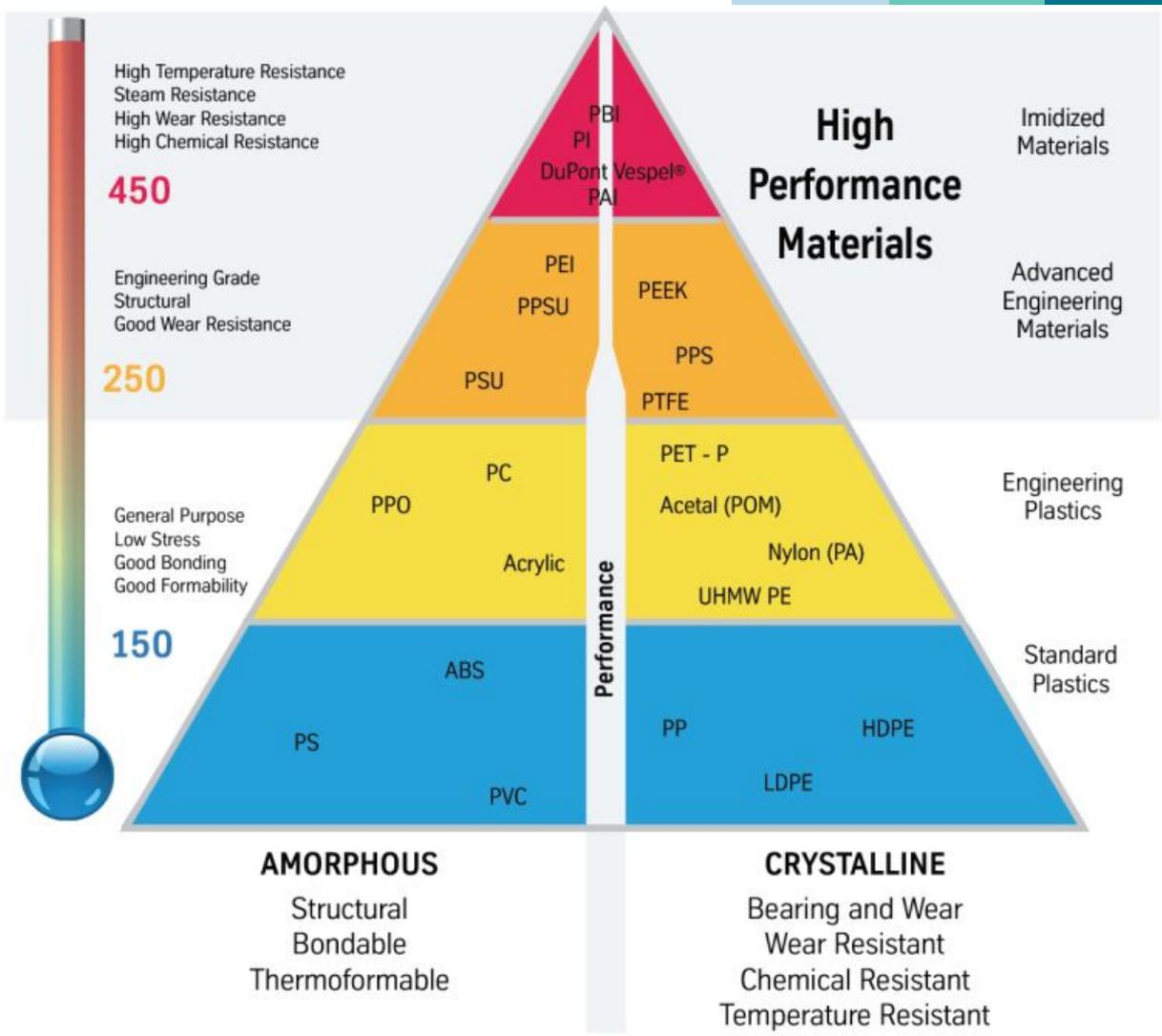
Berry Global Group Inc.

Silgan Holdings Inc.



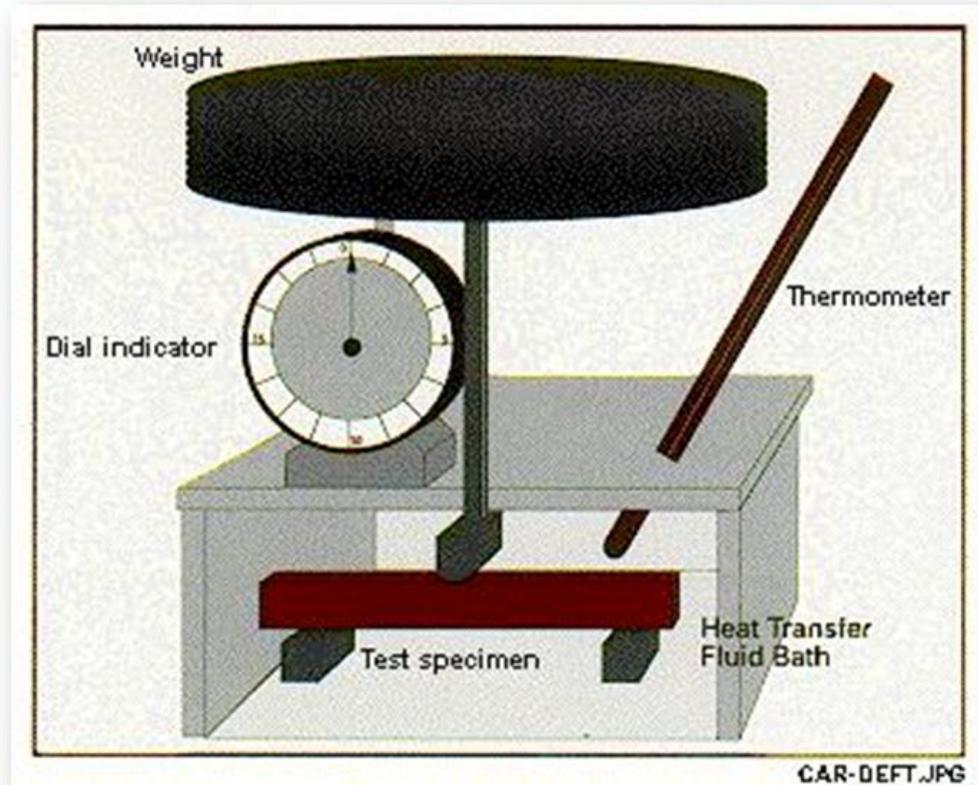
PET





# Clasificación de los polímero acorde con su resistencia térmica

# Temperatura de deflexión bajo carga



# Temperatura de deflexión bajo carga

## HDT:

ASTM D 648

Velocidad de calentamiento: 120 °C/h

Esfuerzos: 0.455 MPa y 1.82 MPa

Deflexión de 0.25 mm

## Temperatura de ablandamiento Vicat:

ASTM D 1525

Velocidad de calentamiento: 50 y 120 °C/h

Carga: 10 y 50 N

Penetración de 1 mm



# Poliéster-PET-Tipos de resinas

**PET** resina para botellas: Aguas y Bebidas

**APET:** Amorfo usado en forma de láminas para termoformado (traslucido no orientado)

**RPET:** Reciclado postconsumo

**CPET:** Cristalino, resistente a la temperatura, usado para llenado en caliente (Hot Fill) (opaco)

**PETG:** Modificado con Glicol usado en Etiquetas Termoencogibles, Blisters y Clamshells



Sealable directly on aPET peelable base



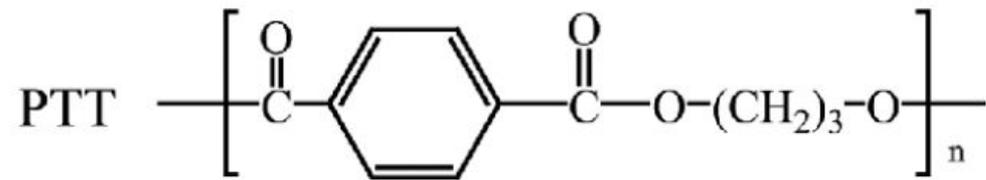
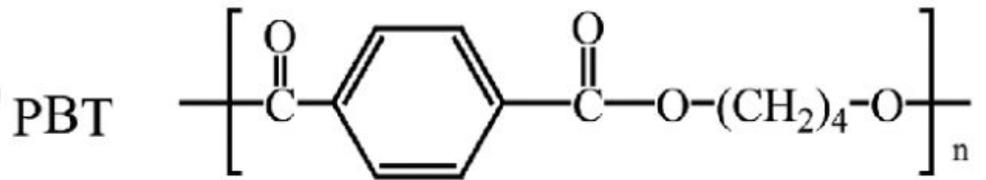
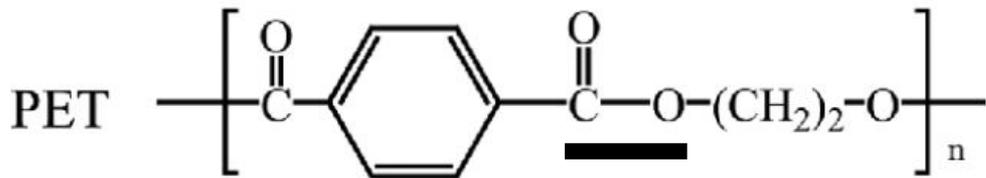
# PET - Características



- Densidad alta (1,30 g/cm<sup>3</sup>)
- Excelente imprimibilidad
- Se considera como no sellable aunque el PETG (modificado con glicol) tiene una temp. Vicat 78°C
- Utilizado para empaques retortables (Temp fusión 260°C)
- Baja interacción (no confiere sabor/olor)
- Pobre resistencia al fundido



# Poliester-Tipos de resinas

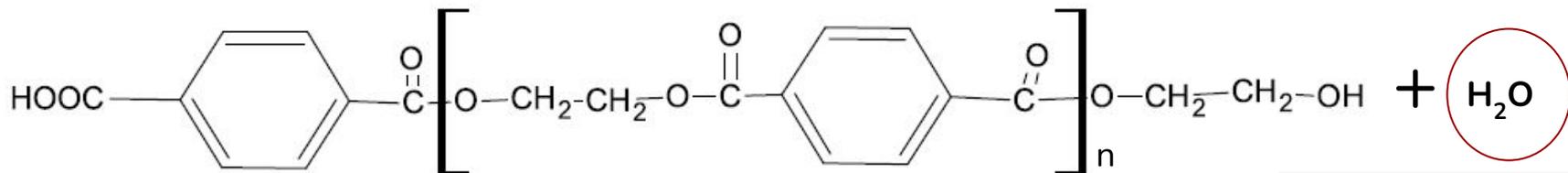
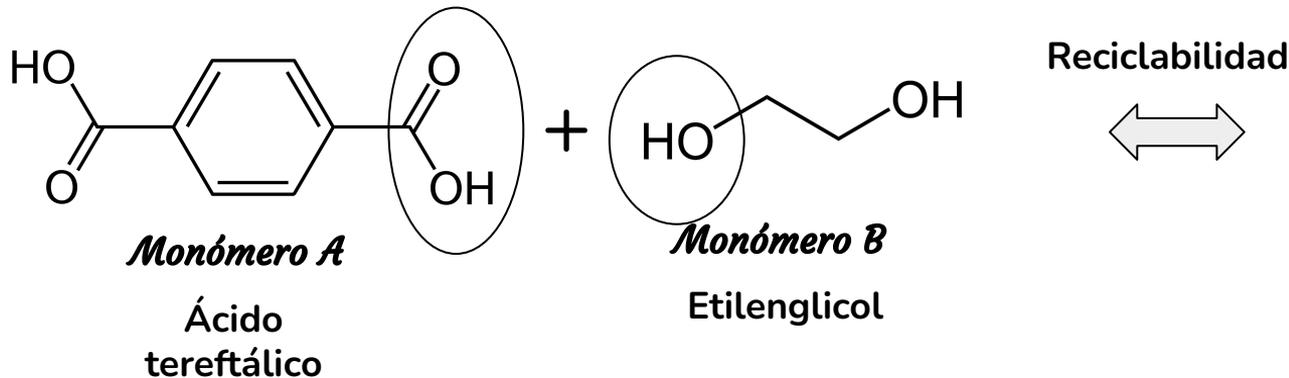


PET poly-ethylene terephthalate

PBT Polybutylen terephthalate

PTT Polytrimethylene terephthalate

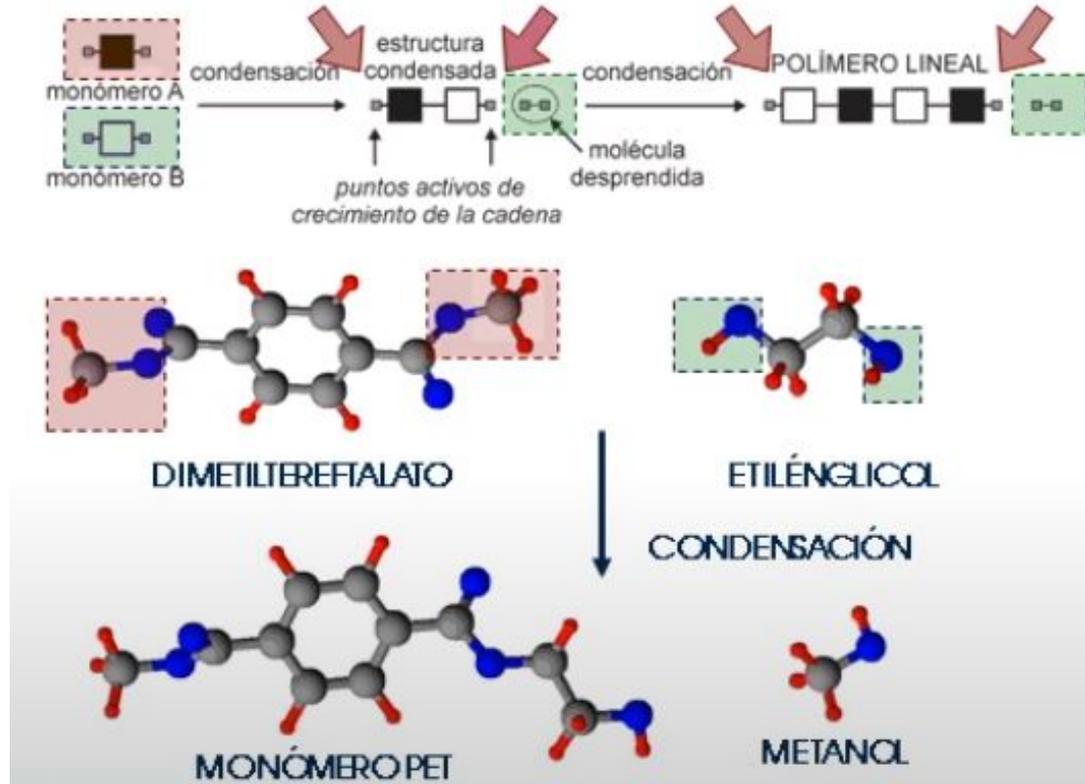
# Obtención de PET a partir del PTA-Condensación



Unidad estructural que se repite n veces  
 Polietilentereftalato (PET)

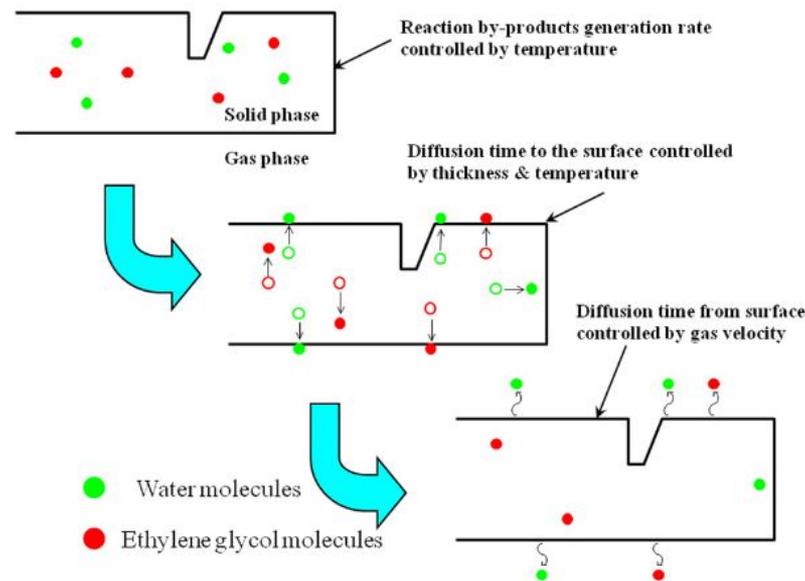


# Obtención de PET a partir del DMT



# Postcondensación - Aumento PM

Mediante calentamiento del polímero en estado sólido, por encima de la  $T_g$  y por debajo de  $T_m$ , se promueven reacciones de esterificación y transesterificación, el subproducto de la reacción se remueve mediante vacío con gas inerte.



# Velocidad de cristalización y porcentaje máximo de cristalinidad

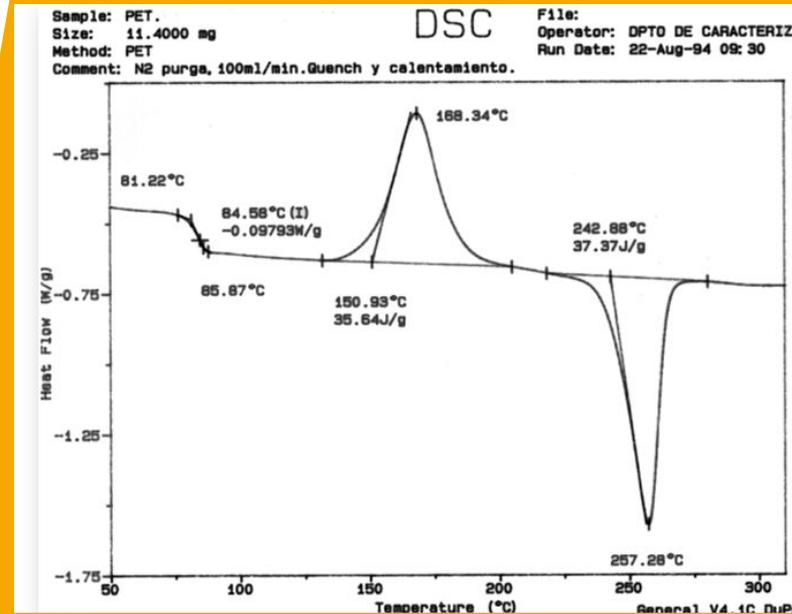


POLIMERO	VELOCIDAD DE CRISTALIZACIÓN [micrones/min]	CRISTALINIDAD MÁXIMA [%]
POLIETILENO	>1000	80
POLIAMIDA 6/6	1000	70
POLIAMIDA 6	200	35
POLIPROPILENO ISOTÁCTICO	20	63
PET	7	50
PS ISOTÁCTICO	0.3	32
PC	0.01	25



# PET - Características

- Material "cristalizable", puede ser Amorfo ó semicristalino, dependiendo de las condiciones de proceso utilizadas.
- Velocidad de cristalización relativamente baja en comparación con otros semicristalinos (vgr. POM, PE rígido)
- La máxima velocidad de cristalización se alcanza a los 175°C.
- Temperaturas de molde entre 140 a 175 °C cuando el producto lo requiere.





# PET - Características

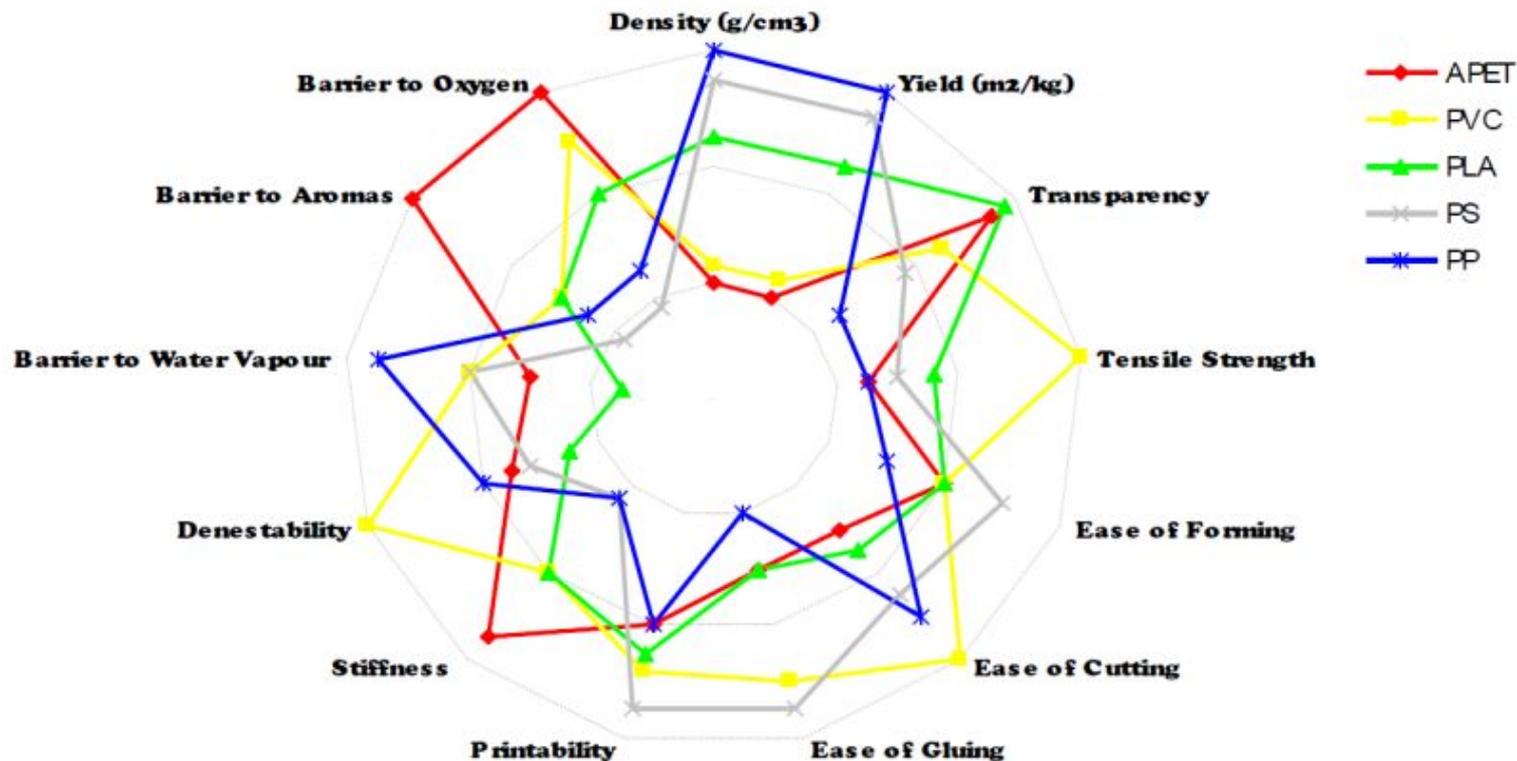
- Polímero Rígido, y de buena estabilidad dimensional
- Posee buenas barreras al Oxígeno
- Baja Absorción de agua
- Buena resistencia química excepto a los álcalis que lo hidrolizan
- Altamente transparente (Amorfo)



<https://www.interempresas.net/Envase/Articulos/54032-El-diseño-de-envases-PET-reune-forma-y-funcionalidad.html>

# PET

## Comparación con otros materiales



# PET -Comparación con PP



Característica	PET	PP
Transparencia	+++	+
Resistencia Calor	+ (71°C)	++ (80°C)
Resistencia al Impacto	+++	++
Barerras al Oxígeno	++	+
Barrera al Vapor de Agua	+	++
Reciclabilidad	+++	+



# VISCOSIDAD INTRÍNSECA (PET)



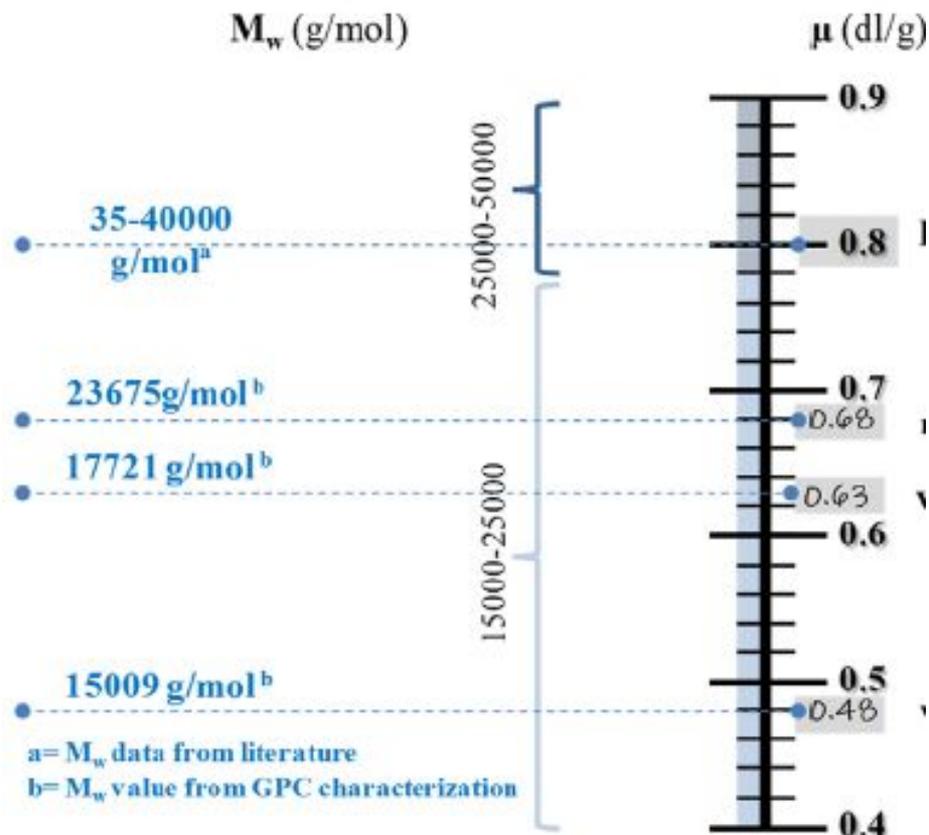
# Viscosidad intrínseca: aplicaciones del PET

	<b>PET</b>	<b>[<math>\eta</math>] (dL.g<sup>-1</sup>)</b>
<b>Fibers</b>	Textiles	0.40 – 0.70
	Techniques	0.72 – 0.98
	bi-oriented	0.60 – 0.70
	Thermoforming	0.70 – 1.00
<b>Bottles</b>	for water	0.70 – 0.78
	for soft drinks	0.78 – 0.85

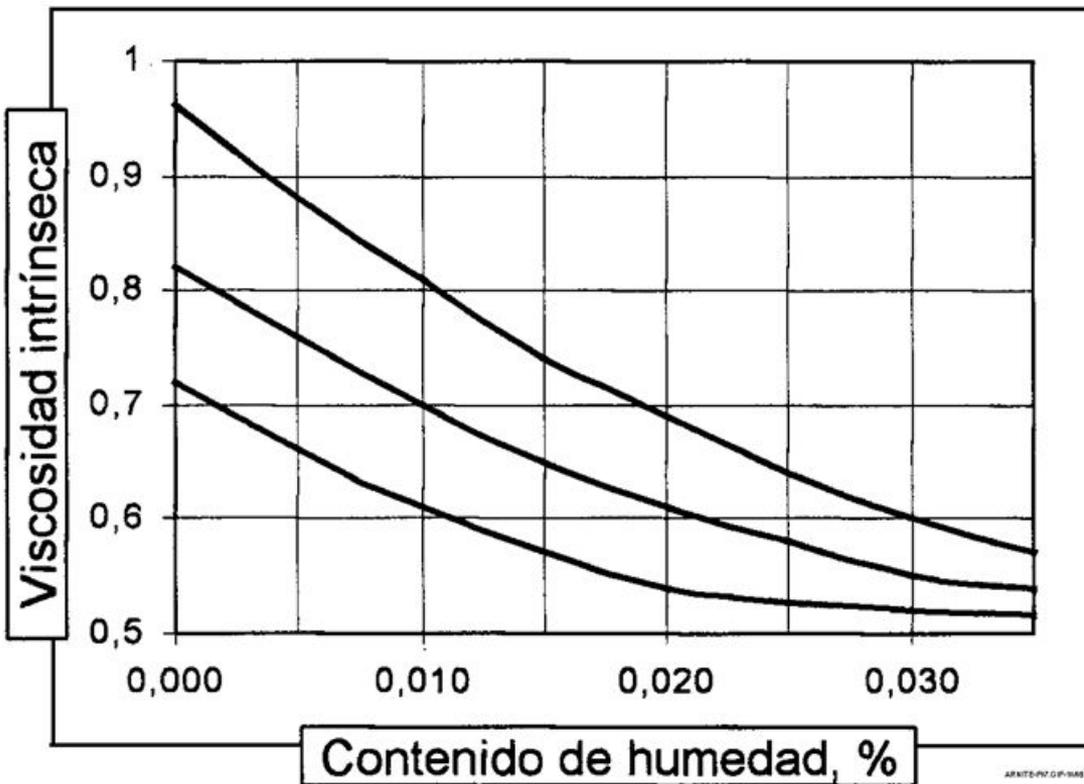
# Aplicaciones del PET según su $\eta_v$

Aplicación	Viscosidad intrínseca $\eta_v$ [dl/g]
Cintas de grabación	0,60
Fibras	0,65
Botellas de refresco	0,73 – 0,80
Tejidos para llantas	0,85
Micro y nano espumados para paneles multicapa	0,70 – 1,1
Áreas donde se requieran propiedades mecánicas excepcionales	>1

# Peso Molecular del PET según su IV

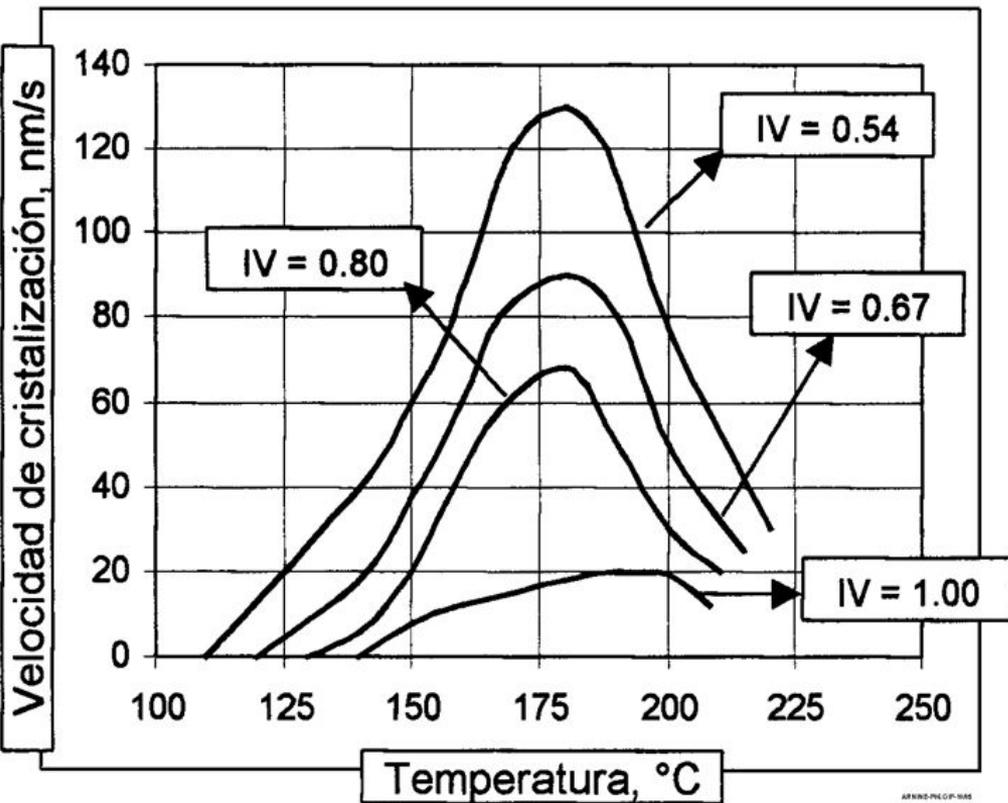


# PET Acondicionamiento



El contenido de Humedad tienen un efecto directo en la Viscosidad Intrínseca

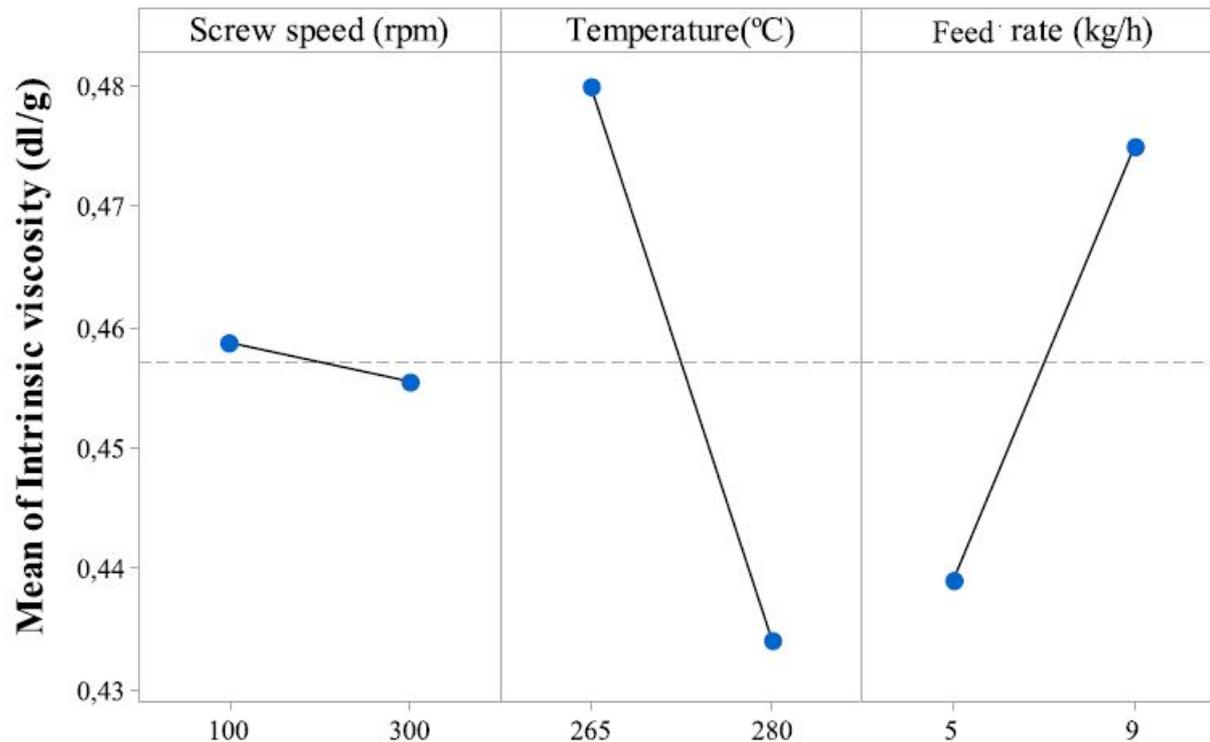
## Efecto de la variación del IV



Variaciones en la Viscosidad Intrínseca tienen un efecto dramático en el desempeño del PET

# Efecto de los parámetros de proceso en IV

**Main Effects Plot for Intrinsic viscosity (dl/g)**





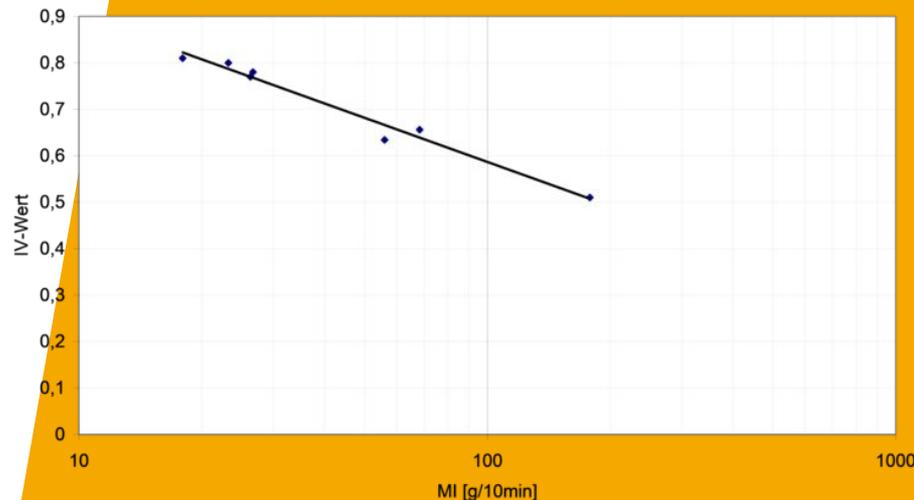
# Poliester-PET-Peso Molecular

No se mide el MFI, el parámetro que se reporta y controla es la Viscosidad Intrínseca (Iv)

- Medida indirecta del peso molecular promedio.
- El procesamiento y el presecado debe ser tal que la caída en viscosidad no sea mayor a 0.03 dl/g (Pérdida de propiedades mecánicas).

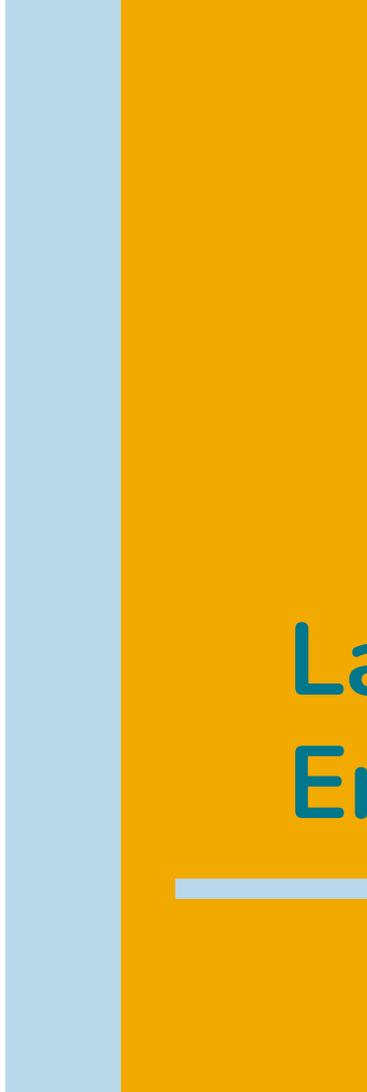
Si bien es posible conseguir una buena correlación con el MFI el procedimiento requiere cuidados extremos

Korrelation zwischen Schmelzindex- und IV-Wert für PET



uente:

<https://www.goettfert.com/application-knowledge/rheo-info/for-melt-flow-indexer/the-detection-of-the-intrinsic-viscosity-iv>



# La transformación del PET En productos comerciales



# Aplicaciones - PET



## **EKO® FILAMENTS**

EKO® Filaments are produced using recycled PET bottles and are used to make woven and knit fabrics to offer socially and environmentally responsible fashion.

<https://www.resilux.com/EN/index.html>

# Aplicaciones - PET



Photo courtesy of Recycling Today photo archive

our goal is to ensure PET never becomes waste and stays in the circular economy,” says Muthukumar Paramasivam, business head, PET & aromatics Americas at Indorama Ventures

The Recycling Partnership launches PET recycling coalition

<https://www.recyclingtoday.com/article/the-recycling-partnership-launches-pet-recycling-coalition/>



# Soplado de botellas de PET



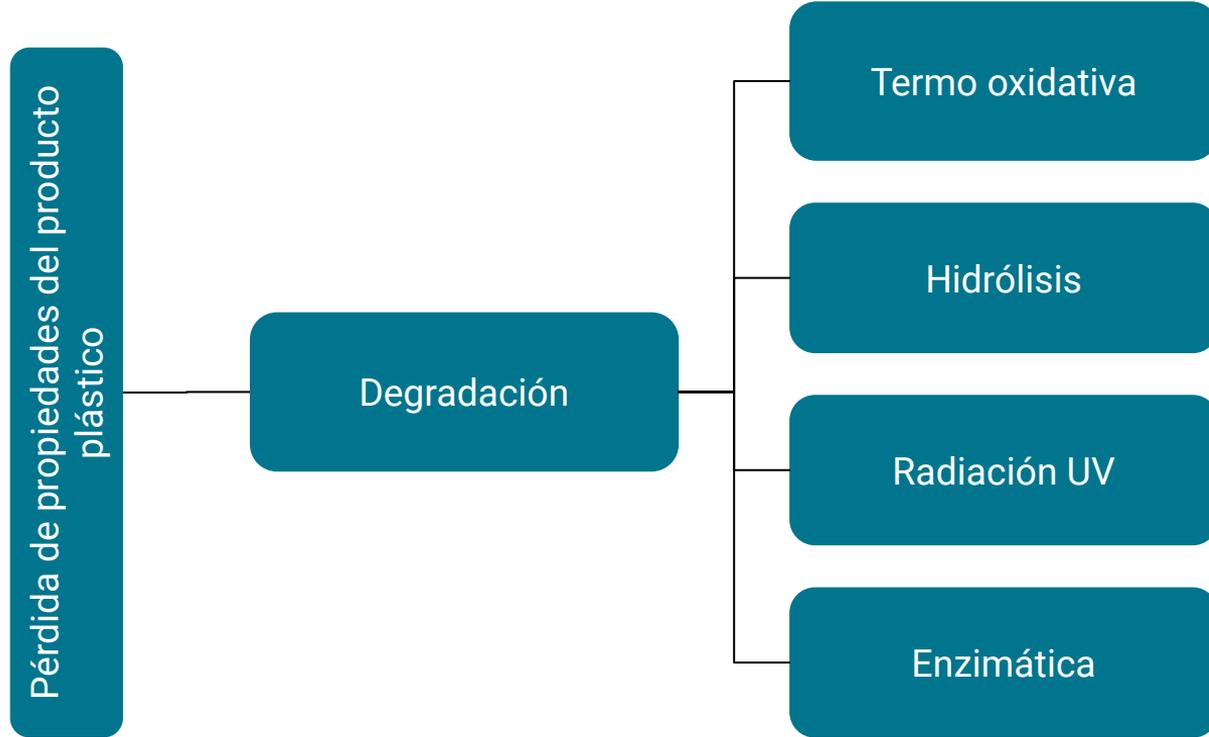
# Cuándo ocurre la degradación?

- Etapas de Manufactura y Secado
- Preparación de Compuestos/Peletizado
- Almacenamiento/Despacho
- Procesos de Fabricación
- Aplicaciones y Uso Final
- Procesos de Reciclado

# Causas de la degradación?

- **Relativo a los polímeros y/o a los procesos de producción**
  - Residuos catalíticos
  - Átomos de C-terciario
- **Relativo al proceso**
  - Fuerzas cizallamiento
  - Temperatura
  - Oxígeno
- **Relativo al ambiente**
  - Temperatura
  - Luz
  - Oxígeno, ozono
  - Químicos

# Tipos de degradación?

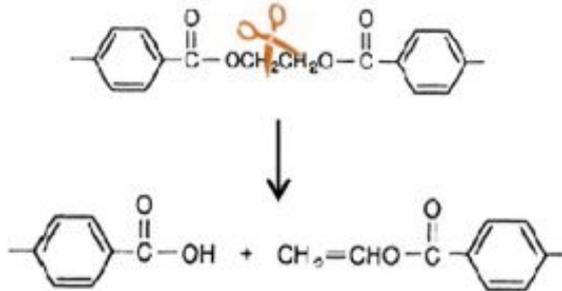


# Degradación durante la extrusión del PET

## Reaction extrusion

Thermal degradation

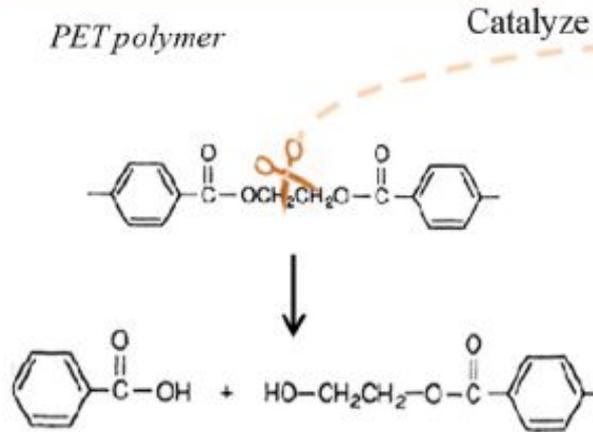
*PET polymer*



*Carboxyl acid and vinyl ester end group*

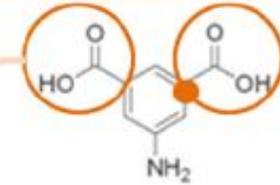
Hydrolysis reaction

*PET polymer*



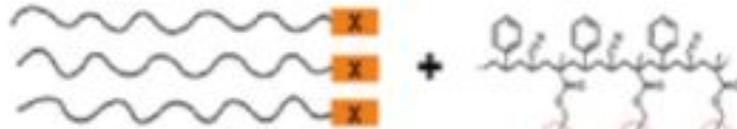
*Carboxyl acid and hydroxyl-ester end group*

Additive effect



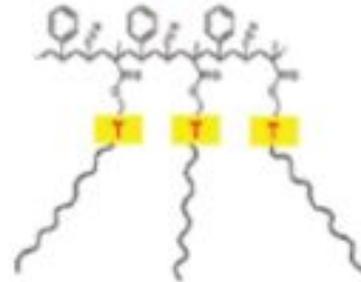
# Contrarrestando la Degradación con aditivos extendedores de cadena

Low Mw PET, PBT, PC, PA, TPU  
X=-COOH, NH<sub>2</sub>, -OH



SAG-008

High Mw PET, PBT, PC, PA, TPU  
T=RCOOR, RNHR, ROR



# Contrarrestando la Degradación con aditivos

31 Jan 2022

Ampacet ThermProtect™ product range reduces recycled PET thermal degradation and yellowing

Ampacet, a global masterbatch leader, has introduced ThermProtect™ PET, a range of rPET stabilizing masterbatches that reduce yellowing due to polymer thermal degradation, enabling processors to increase the content of recycled PET in virgin material without compromising product aesthetics or performance.





# Aplicaciones - PET



## Dual Ovenable Packaging for Ready-to-Heat & Eat Applications

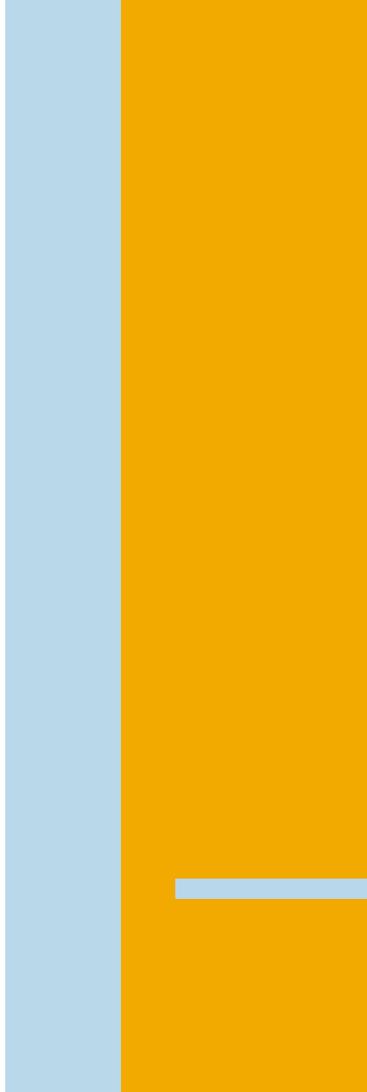
Crystallized polyethylene terephthalate (CPET) is a variation of standard PET which has been crystallized for heat resistance, rigidity, and toughness. CPET is a translucent or opaque material which can be manufactured in a range of colors to meet your merchandising needs. As with other PET materials, CPET is #1 recyclable, and its properties make it ideal for a range of demanding food and beverage packaging applications.

### CPET Applications

After being crystallized, CPET can withstand temperatures from -40° all the way up to 400°. This makes it ideal for processor and food service oven-ready and microwave usage, especially for freezer-to-oven and freezer-to-microwave product applications. Portage recommends CPET for use in barrier, frozen, and re-heated foods.



## CPET+ Trays with LidTite® High Barrier



# PVC características y aplicaciones



# ¿Cómo ser sostenibles?





**REGISTER NOW**

**vinyl plus<sup>®</sup>**

**The VinylPlus Sustainability Forum**  
Embracing EU Green Deal Ambitions

**#VSF2022**

**25 May 2022** Online event



**vinyl plus<sup>®</sup>**  
**med**  
COMMITTED TO  
SUSTAINABILITY IN HEALTHCARE



**The Sustainability Mark for PVC**

**VinylPlus, Committed to Sustainable Development**

**VinylPlus new partners**

## MIEMBROS FUNDADORES Y SOCIOS



### El Consejo Europeo de Fabricantes de Vinilo,

que representa a seis empresas europeas líderes en la producción de resina de PVC, que elaboran en torno al 70 % de la producción total de resina de PVC en Europa. Estas empresas disponen de unas 36 fábricas repartidas en más de 23 emplazamientos y cuentan con unos 7 000 empleados.

[pvc.org](http://pvc.org)



### La Asociación Europea de Productores de Estabilizantes,

que representa a ocho empresas que producen más del 95 % de los estabilizantes que se venden en el mercado europeo. Cuentan con más de 2 000 empleados directos en Europa.

[stabilisers.eu](http://stabilisers.eu)



### European Plasticisers,

un grupo sectorial del CEFIC que representa a los ocho productores europeos principales de plastificantes, que producen alrededor del 90 % de los plastificantes que se fabrican en Europa. Se han invertido más de 6 000 millones de euros en plastificantes alternativos, innovadores, seguros y sostenibles en los últimos 25 años.

[europeanplasticisers.eu](http://europeanplasticisers.eu)



### La Asociación Europea de Transformadores de Plásticos,

asociación que representa a más de 50 000 empresas europeas, que producen más de 50 millones de toneladas al año de productos plásticos a partir de polímeros vírgenes y reciclados. Cuentan con más de 1,6 millones de empleados y generan un volumen de negocio de más de 260 000 millones de euros al año.

[plasticsconverters.eu](http://plasticsconverters.eu)

200  
EMPRESAS



3 miembros  
asociados nacionales

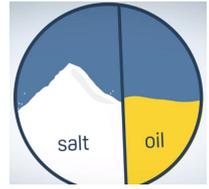
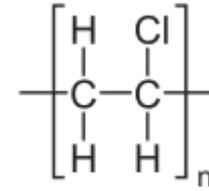


recovinyl<sup>plus</sup>  
150 socios recicladores



The Natural Step

# EL PVC



La PVC 57% de su peso molecular es cloro derivado de la sal común, 5% hidrógeno y 38% carbon. Es extremadamente durable y puede reciclarse varias veces sin perder sus propiedades esenciales.

**Aplicaciones:** tubería, perfiles de ventanas, cables, pisos, membranas y películas. Análisis de “Life Cycle Assessments and eco-efficiency” han mostrado excelente desempeño ambiental.



# Publicaciones acerca bio-PVC

Documents by year



# Contribuciones del PVC a una sociedad sostenible

*Journal of Cleaner Production* Volume 229, Pages 1397 - 141120 August 2019

## Document type

Article

## Source type

Journal

## ISSN

09596526

## DOI

10.1016/j.jclepro.2019.04.383

[View more](#)

**Green-PVC with full recycled industrial waste and renewably sourced content**

# Demanda Europea de plásticos por tipo de resina 2019



# IMPORTACIONES DE PVC AÑO 2021

**39.04 Polímeros de cloruro de vinilo o de otras olefinas halogenadas, en formas primarias.**

- 3904.10 - Poli(cloruro de vinilo) sin mezclar con otras sustancias:
- 3904.10.10.00 - - Obtenido por polimerización en emulsión
- 3904.10.20.00 - - Obtenido por polimerización en suspensión
- 3904.10.90.00 - - Los demás
- Los demás poli(cloruro de vinilo):
- 3904.21.00.00 - - Sin plastificar
- 3904.22.00.00 - - Plastificados
- 3904.30 - Copolímeros de cloruro de vinilo y acetato de vinilo:
- 3904.30.10.00 - - Sin mezclar con otras sustancias
- 3904.30.90.00 - - Los demás
- 3904.40.00.00 - Los demás copolímeros de cloruro de vinilo
- 3904.50.00.00 - Polímeros de cloruro de vinilideno
- Polímeros fluorados:
- 3904.61.00.00 - - Politetrafluoroetileno
- 3904.69.00.00 - - Los demás
- 3904.90.00.00 - Los demás

## IMPORTACIONES POR SUBPARTIDA ARANCELARIA

### PARAMETROS DE CONSULTA

Selección Tiempo: Anual  
 Periodo (aaaaxx): 2021  
 Cod. Capítulo: 39  
 Cod. Partida: 04

Capítulo	Partida	Subpartida	Unid. Comercial	Cantidad	Peso Neto (Kgm)	Valor Fob (US\$)	Valor Cif (US\$)
39	04	101000	KG	3 043,410	3,043,409.74	4 732,717.21	5,147,207.31
39	04	102000	KG	82,368,386	82,368,385.56	124,505,185.84	129,970,808.66
39	04	109000	KG	1,151,409	1,151,408.47	1,757,413.53	2,082,884.32
39	04	210000	KG	1,980,946	1,980,946.30	3,096,288.98	3,471,224.45
39	04	220000	KG	5,500,112	5,500,112.77	10,884,626.14	11,352,552.17
39	04	301000	KG	62,375	62,375.00	162,307.37	177,079.84
39	04	309000	KG	102,200	102,199.42	129,248.94	149,672.36
39	04	400000	KG	790,572	790,571.75	1,693,706.06	1,899,833.46
39	04	500000	KG	440	439.00	3,885.15	4,429.92
39	04	610000	KG	37,326	37,325.91	409,794.06	441,212.53
39	04	690000	KG	33,703	33,703.78	550,944.92	569,202.60
39	04	900000	KG	1,697,500	1,697,500.15	4,872,899.47	5,034,698.09

# Contribuciones del PVC a una sociedad sostenible

Tubería PVC ayuda a proveer acceso a agua limpia a todo el mundo. Son fáciles de instalar y altamente durables, permitiendo eficiente irrigación aun en áreas remotas y abordar problemas como la erosión del suelo y la escasez del agua.

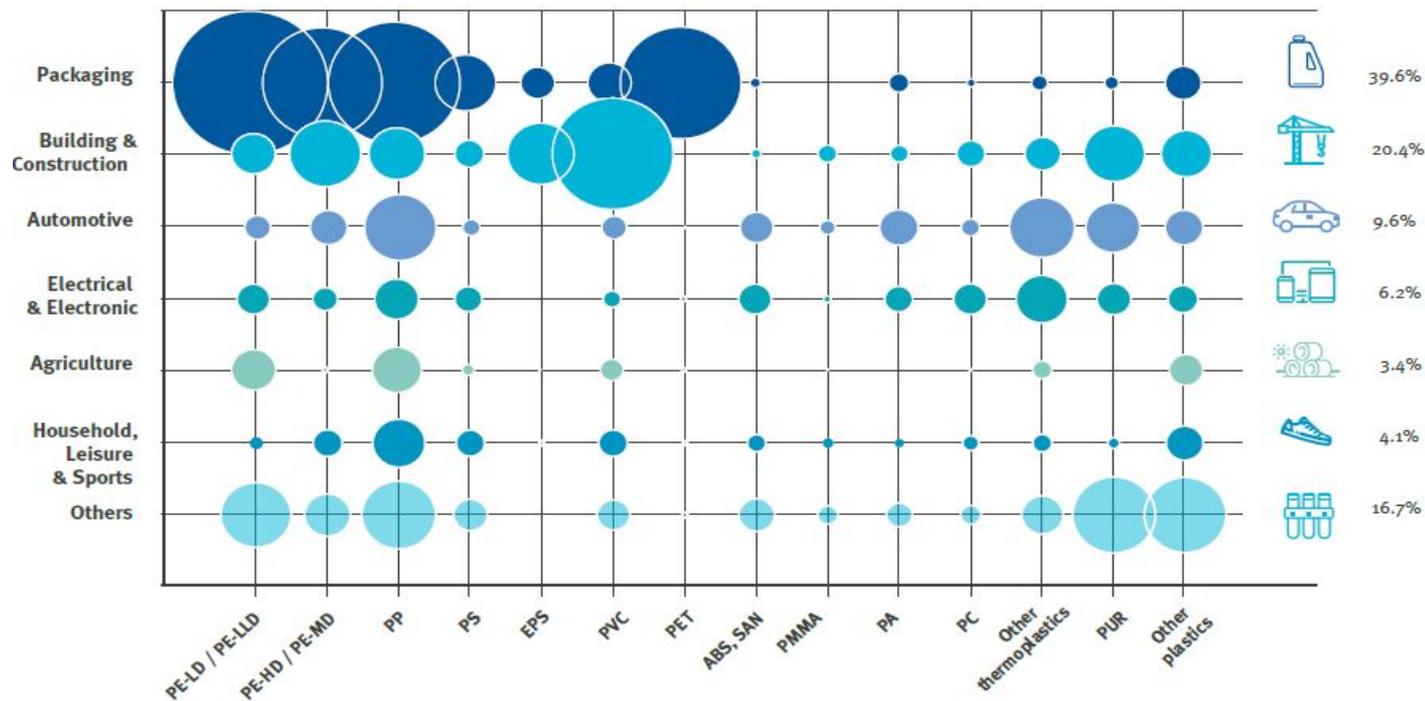
En el cuidado de la salud, dispositivos médicos de plásticos, el PVC aprox 40% de todos los dispositivos, por su durabilidad, barrera y fisiológicamente inertes.

# Contribuciones del PVC a una sociedad sostenible

El PVC también hace parte integral de tecnologías de energía renovable. Ejemplo tubería transparente para foto-bioreactores, celdas fotovoltaicas, membranas reflectivas, tuberías en plantas de biogás

# Aplicaciones de plásticos por tipo de resina 2019

Total 50.7 Million tonnes



# Contribuciones del PVC a una sociedad sostenible

Edificios y construcciones consumen aprox 70% del PVC (perfilería, tubería, pisos, divisiones, membranas para techos, cables) Soluciones que son eficientes en términos de costo, energía y recursos.

# PVC Aumenta Producción por Covid -19

## ESTRUCTURAS HOSPITALARIAS EN PVC

Estructuras modulares de entre **50 y 72 m<sup>2</sup>**



Tienen paredes, techos, puertas y divisiones hechos en PVC

Tiempo de fabricación en planta: **3 a 4 días**



Ensamblaje en terreno: **2 días**



Ventajas frente a construcción tradicional:

- Costos más bajos
- Móvil
- Liviana:
- 1 m<sup>2</sup> pesa **11 kg.** → 
- mientras que una pared de concreto o ladrillo puede pesar hasta **50kg** → 

## EMPRESAS INVOLUCRADAS

**Mexichem.**



**PROQUINAL<sup>®</sup>**  
MEMBRANAS DE  
SPRADING GROUP



# Contribuciones del PVC a una sociedad sostenible

## PVC en estructuras de emergencias

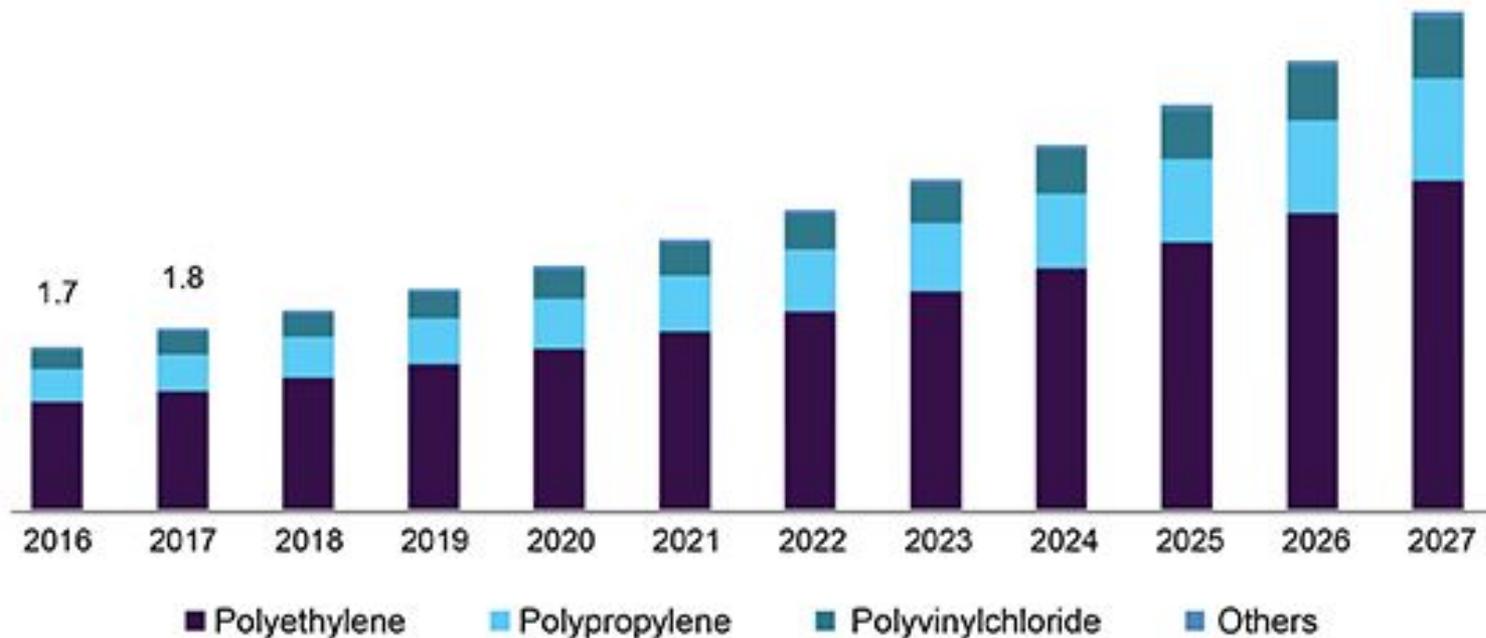
Las construcciones para el cuidado de la salud se benefician del PVC: pisos, perfiles de ventanas, cubiertas de pared en términos de seguridad e higiene y confort.



# Contribuciones de la cadena del PVC a una sociedad sostenible



## U.S. wood plastic composite market size, by product, 2016 - 2027 (USD Billion)



Source: [www.grandviewresearch.com](http://www.grandviewresearch.com)

# PVC

Poly(vinyl chloride)

Poly(vinyl chlorid)

Poly(chlorure de vinyle)

Poli(cloreto de vinila)

Poli(cloruro de vinilo)

~~Cloruro de polivinilo~~



# POLIMEROS

NO RETICULADOS-  
TERMOPLÁSTICOS

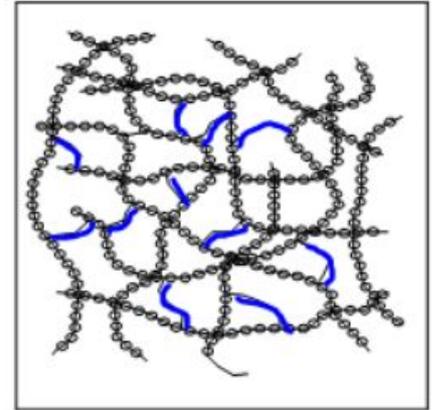
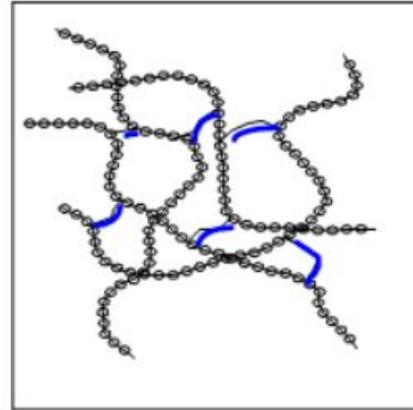
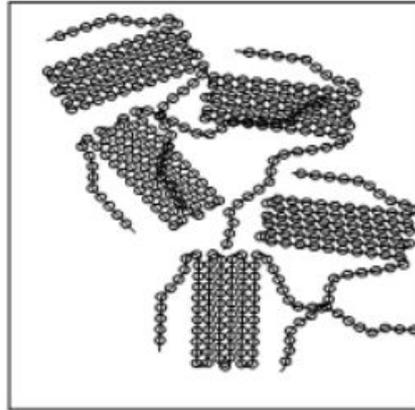
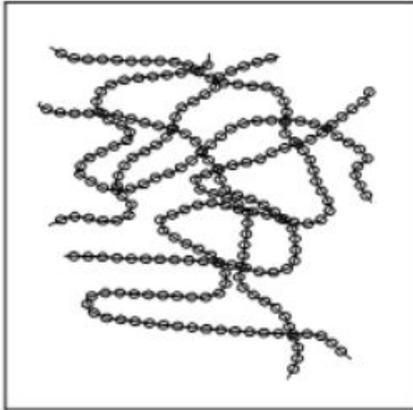
RETICULADOS

AMORFOS

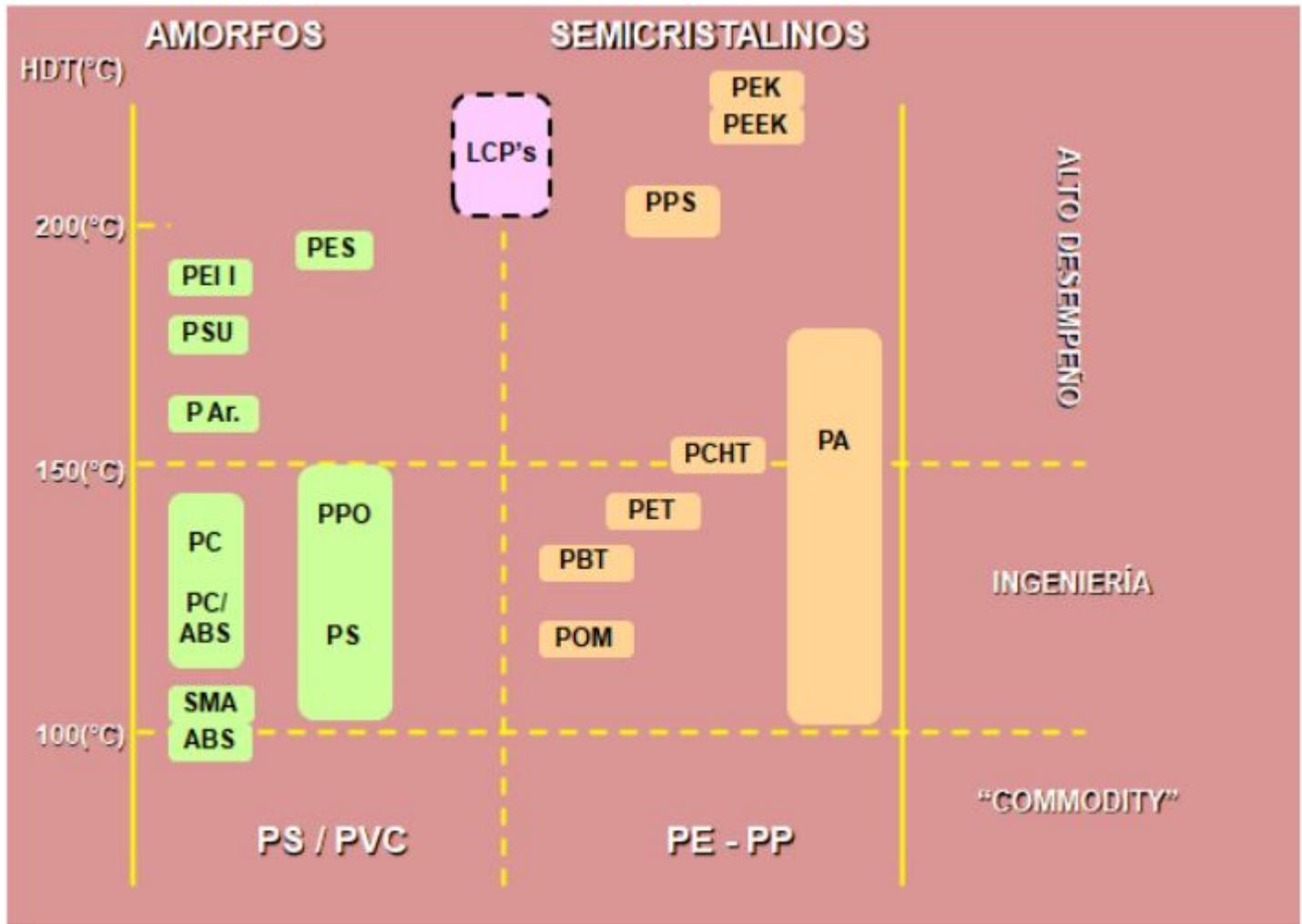
SEMICRISTALINOS

ELASTOMEROS

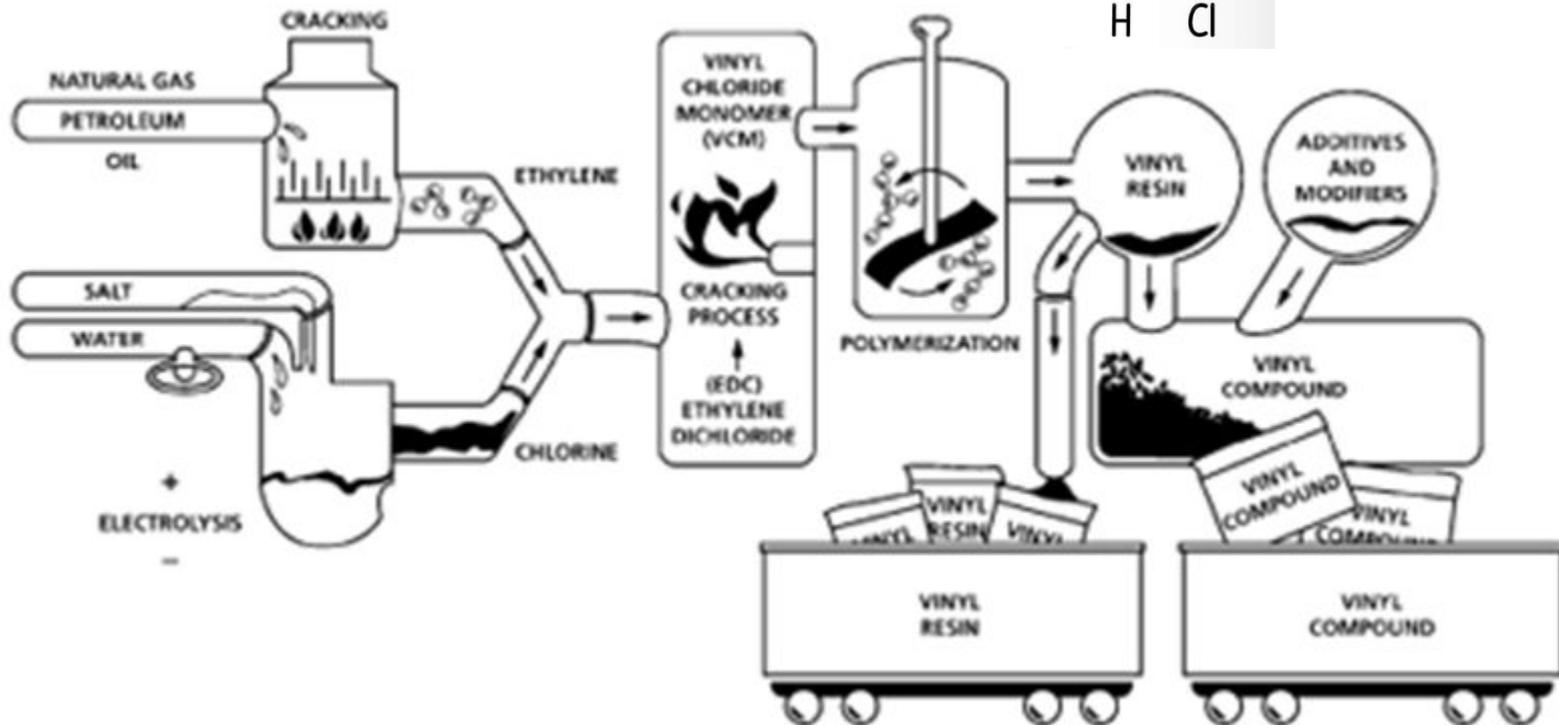
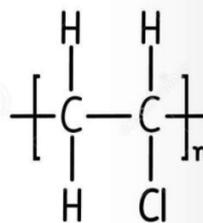
TERMOFIJOS



PVC

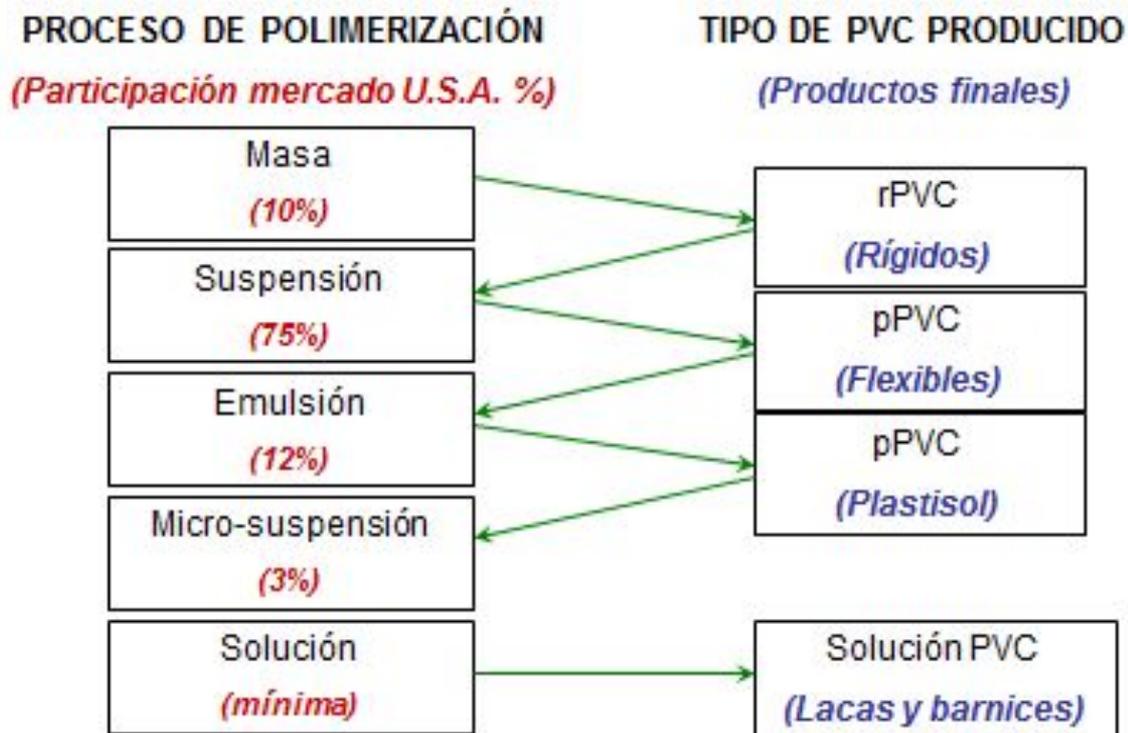


# Obtención - PVC



# Procesos de Polimerización

## Tipos de Polímeros Obtenidos





# Principales Actores en PVC

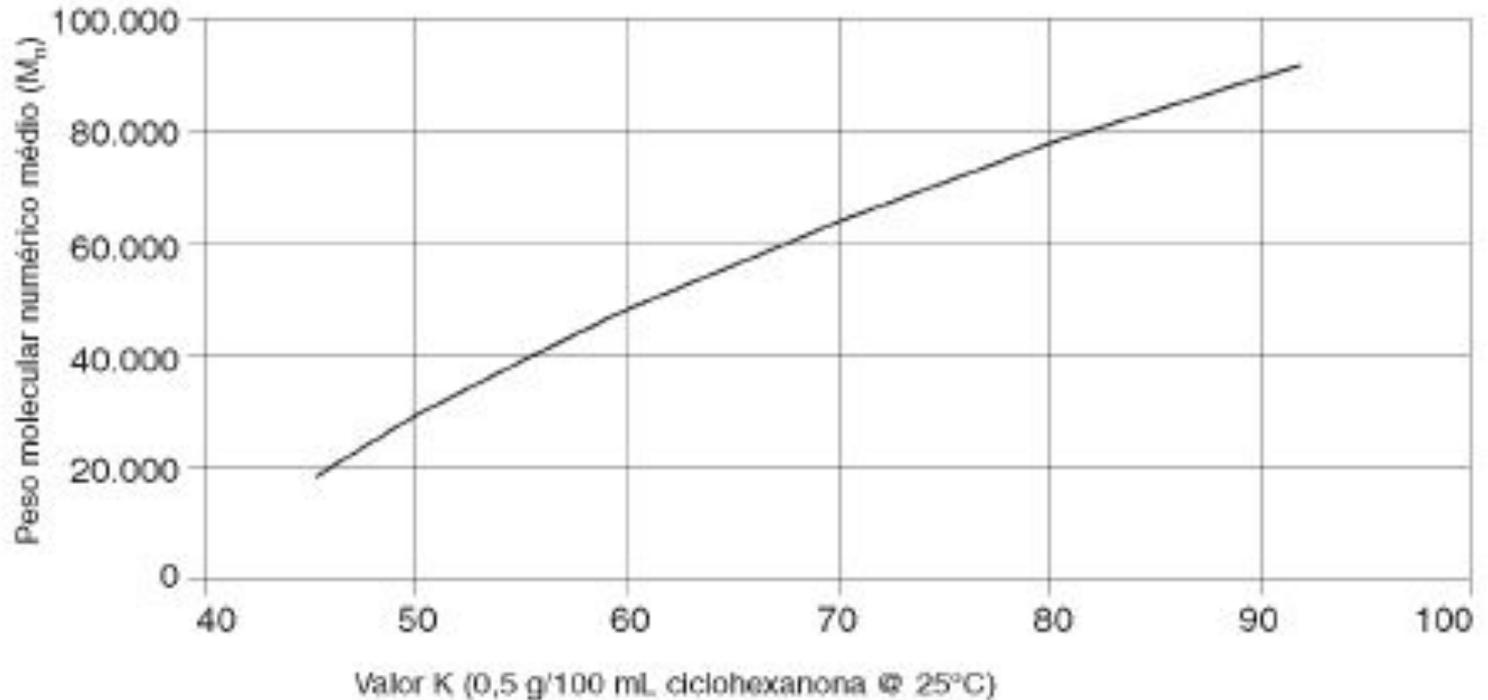
## **Vi-Chem Corporation**

- **Chemplast Sanmar**
- **AVI Global Plast**
- **Westlake Chemical**
- **PolyOne**
- **JM EAGLE**
- **SABIC**
- **Xinjiang Zhongtai Chemical**
- **Occidental Petroleum**

## **Corporation**

- **LG Chem**
- **Reliance Industries**
- **Formosa Plastics**
- **Mexichem**
- **INEOS Group Holdings**
- **Kaneka Corporation**
- **Shin-Etsu Chemical**

# Valor Kg vs. Peso molecular



Adaptado de Titow, W. V. (1984). PVC technology.



# Catálogo MEXICHEM Resinas de Colombia S. A.

## Resinas de PVC suspensión

Producto	Valor K	Aplicaciones
PVC 35	57 ( $\pm 1$ )	Accesorios para tubería, película rígida, envases y pisos.
PVC 40	61 ( $\pm 1$ )	Tejas, cintas, pisos, láminas.
PVC 440	66 ( $\pm 1$ )	Tubería, perfiles rígidos y tubería para cables eléctricos.
PVC 442	68 ( $\pm 1$ )	Tuberías, perfiles rígidos y tubos para conducción de cables eléctricos.
PVC 450	67( $\pm 1$ )	Sellos para tapas, suelas, mangueras, películas, geomembranas, aislantes eléctricos.
PVC 500	70 ( $\pm 1$ )	Suelas, cables eléctricos, recubrimiento de telas.
PVC 500F	72 ( $\pm 1$ )	Película flexible, perfil flexible, suelas, calzado, mangueras.
PVC 550	75 ( $\pm 1$ )	Suelas, cables eléctricos, recubrimiento de telas.
PVC 744	63 ( $\pm 1$ )	Resina Extender o de mezcla.
PVC 866	66 ( $\pm 1$ )	Resina Extender o de mezcla



## Características PVC rígido:

- Autoextinguible al retirarse la llama.
- Alta resistencia mecánica, rigidez y dureza.
- Quebradizo a bajas temperaturas (tipos no modificados).
- Alta resistencia a agentes químicos

## Características PVC plastificado:

- Flexibilidad ajustable en un amplio margen
- Tenacidad muy dependiente de la temperatura
  - Translúcido a transparente
  - Resistencia a los químicos dependiente de la formulación y la temperatura.

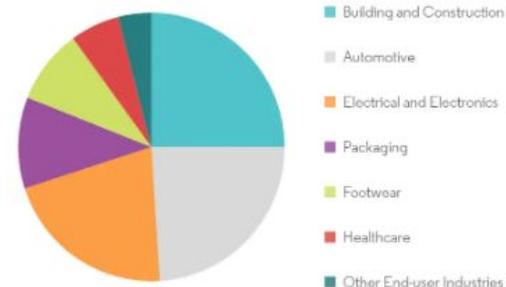


# PVC

## Otras características

- Elevada resistencia a la abrasión, buena resistencia mecánica y al impacto
- Es autoextinguible (uso en perfilería)
- Puede transformarse en productos flexibles o rígidos con aditivos (gran número de aplicaciones)
- Es estable e inerte
- Alta durabilidad (tubería, marcos de puertas y ventanas)
- Muy buen aislante eléctrico

Polyvinyl Chloride (PVC) Market, Volume (%), by End-user Industry, Global, 2019

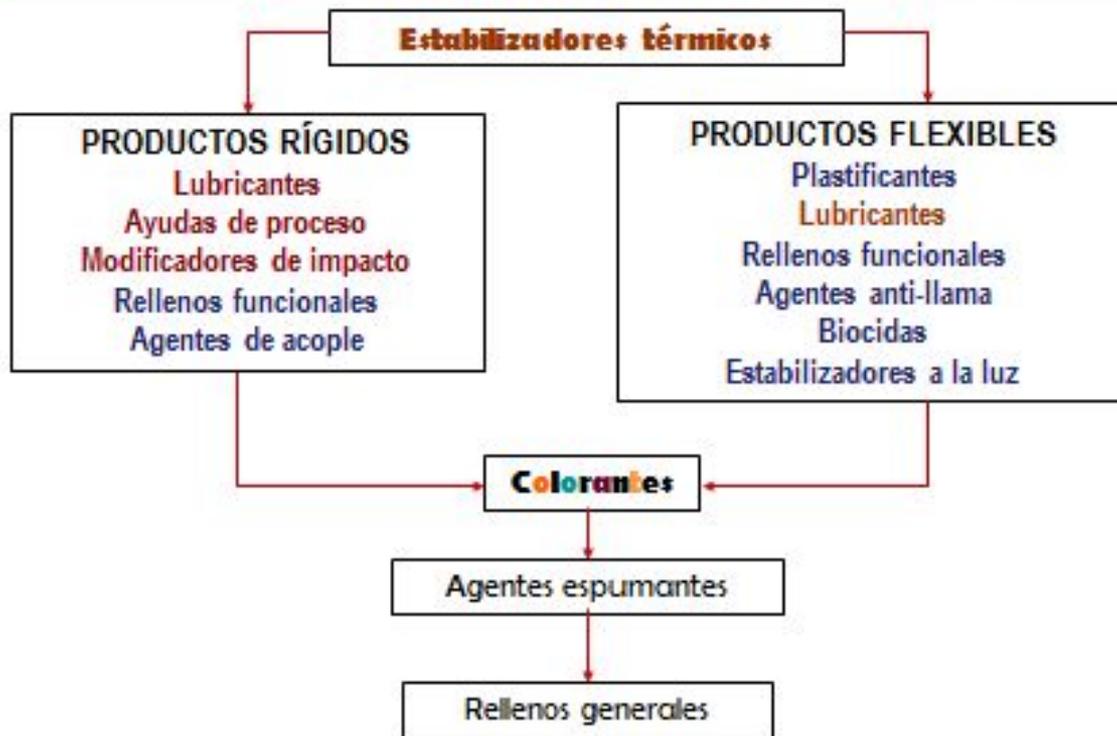


Source : Mordor Intelligence



## ADITIVOS QUE FACILITAN LA TRANSFORMACIÓN DEL PVC EN PRODUCTOS COMERCIALES

---

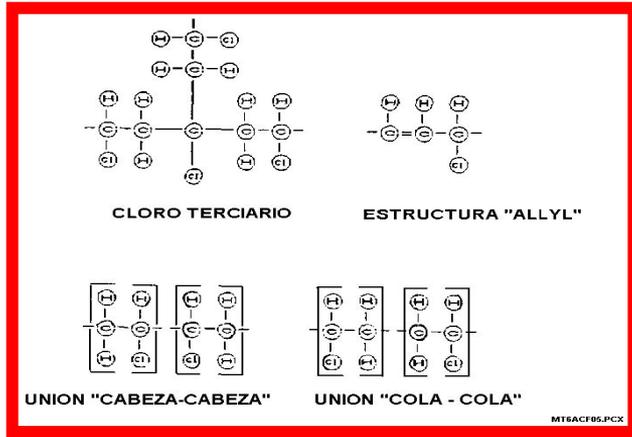




# Requisitos

- 1. Proveer estabilización térmica.
- 2. Facilitar el procesamiento.
  - Lubricación.
  - Reducción del punto de fusión.
- 3. Modificar las propiedades del producto.
  - Proveer resistencia al impacto.
  - Flexibilización (plastificación)
- 4. Requisitos varios.

# El Estabilizante Térmico protege de Degradación termo oxidativa del PVC



Estructuras inestables en el PVC.

Degradación autocatalítica

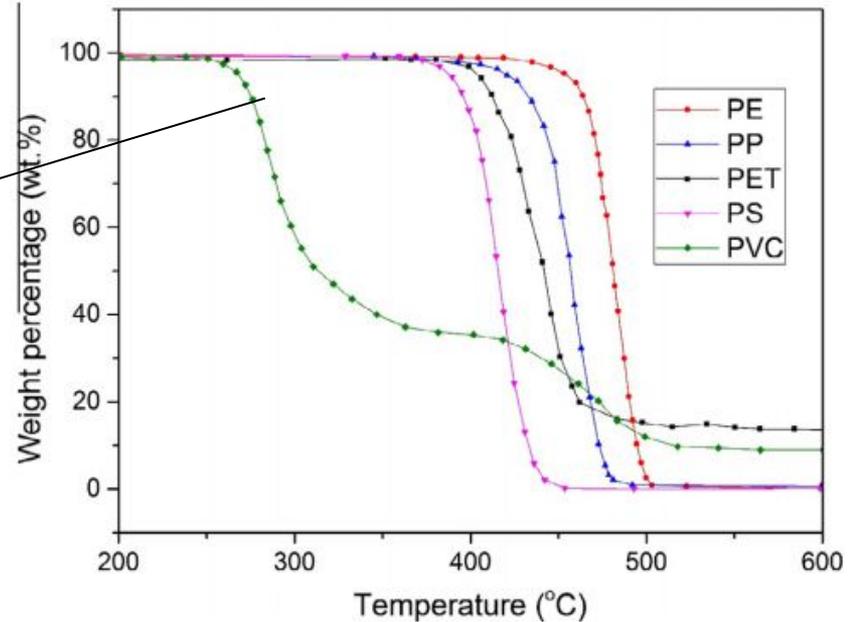
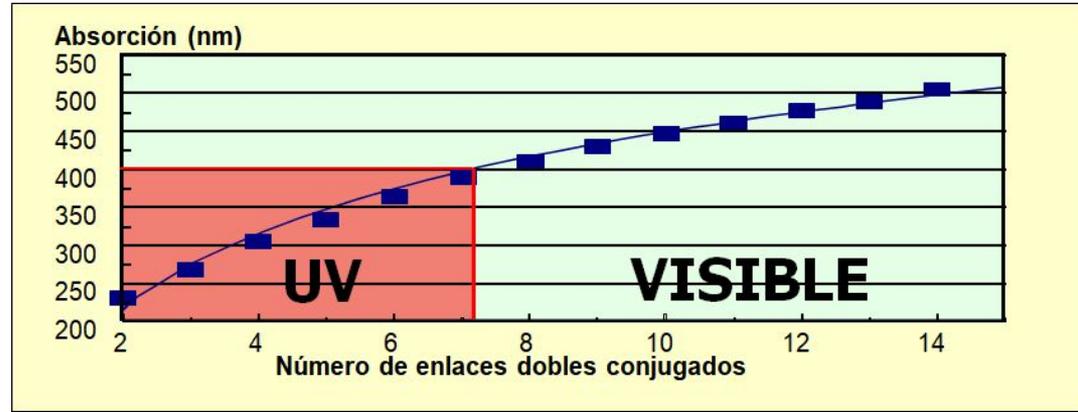
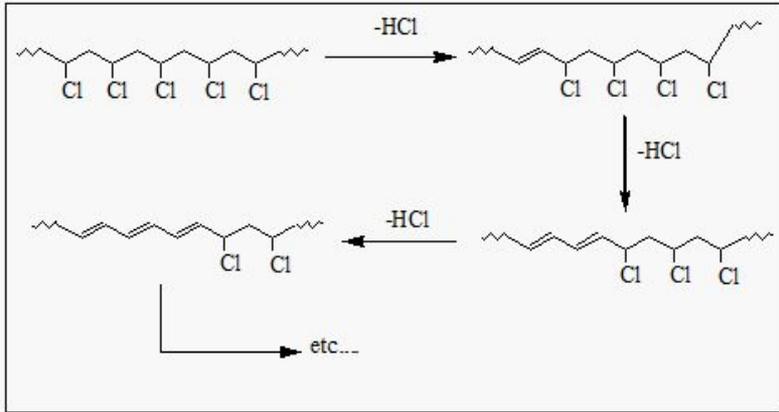
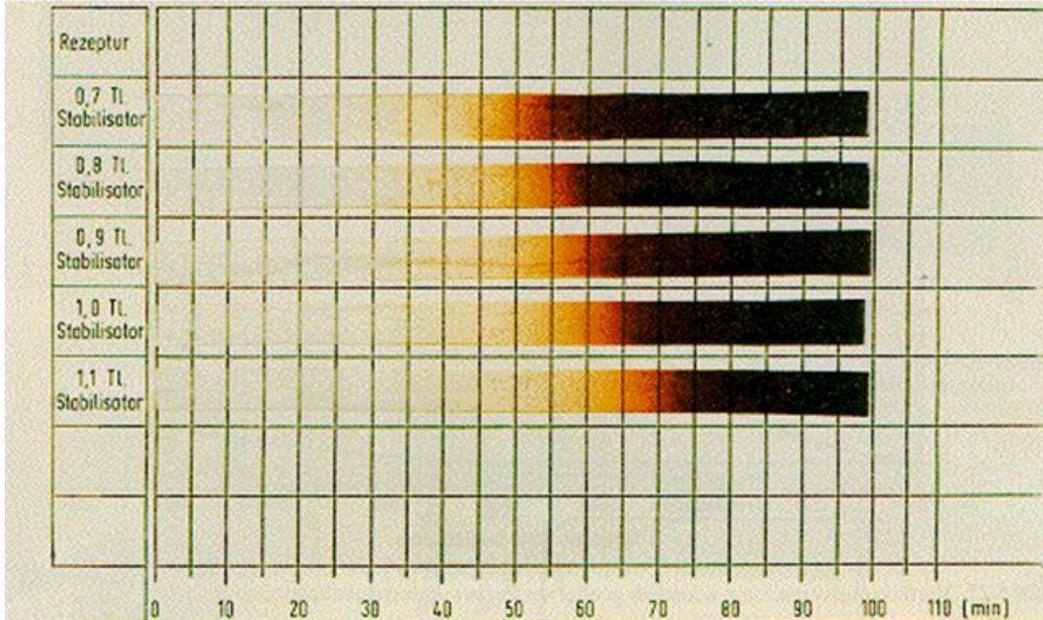
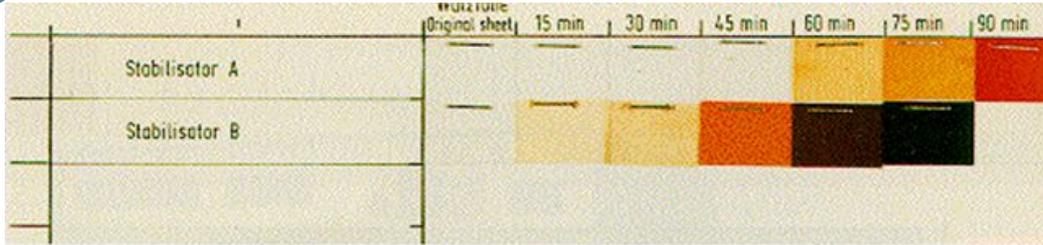


Fig. 5. Analysis of the PE (Matsuzawa et al., 2004), PP (Matsuzawa et al., 2004), PET (Martín-Gullón et al., 2001), PS (Matsuzawa et al., 2004) and PVC (Matsuzawa et al., 2004) pyrolysis at 10 K min<sup>-1</sup>.

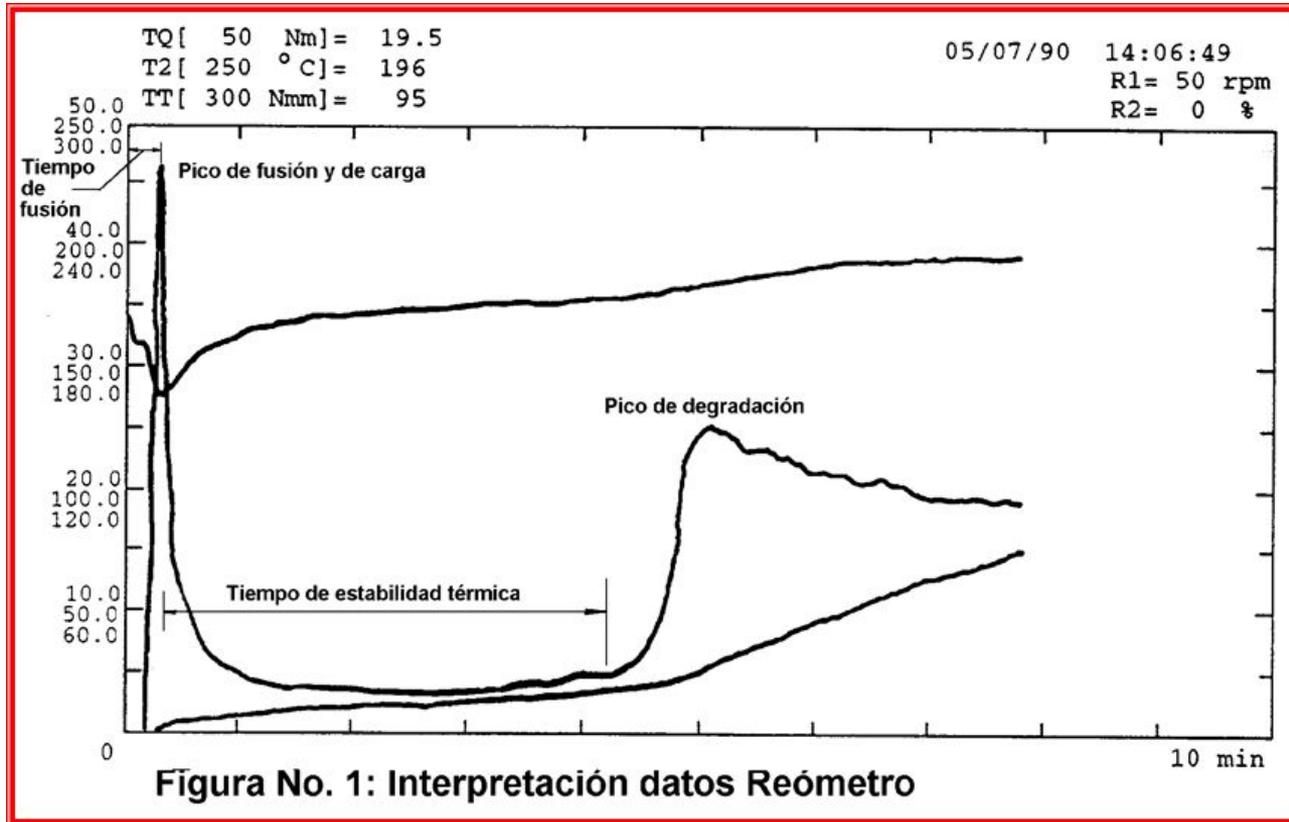
# Degradación termo oxidativa del PVC



# Degradación termo oxidativa del PVC



# Degradación termo oxidativa del PVC





# Estabilizantes Térmicos

- A base de Calcio (Ca-Zn)
- A base de Estaño
- A base de Bario y otros metales

<u>PVC Rígido</u>	<u>Estaño</u>	<u>CaZn</u>	<u>BaZn</u>	<u>Pb</u>
<u>Tubos</u>	✓✓	✓		✓✓
<u>Perfiles</u>	✓✓	✓		✓✓
<u>Película</u>	✓✓			
<u>Botellas</u>	✓✓	✓✓		
<u>PVC Plastificado</u>				
<u>Cables</u>		✓	✓	✓✓
<u>Película</u>		✓✓	✓✓	✓
<u>Pisos</u>	✓	✓	✓✓	
<u>Perfiles</u>	✓✓	✓	✓✓	✓
<u>Recubrimientos</u>	✓	✓	✓✓	

# Aditivos Plastificantes



# Definiciones

**Plastificante:** una sustancia o material incorporado a un plástico o elastómero, para incrementar la flexibilidad, procesabilidad o la extensibilidad (IUPAC)



ICIPC®

# Plastificante ideal

- Bajo costo
- Incoloros con alta transparencia
- No tóxicos
- Alta eficiencia
- Alta compatibilidad
- Fácil absorción por la resina.



- Baja volatilidad a altas temperaturas.
- Permanencia (baja extractabilidad por solventes).
- Mantiene flexibilidad a bajas temperaturas
- Baja inflamabilidad
- Ausencia de color, olor y sabor



# Definiciones

- Difusividad: tendencia del plastificante a viajar a través de la matriz polimérica que lo rodea.
- Eficiencia: habilidad del plastificante para hacer el polímero flexible. Las propiedades de comparación más usuales son la dureza y el módulo al 100% de elongación



# Definiciones

**Compatibilidad:** tendencia del plastificante a permanecer asociado con el polímero.

- **Extractabilidad:** facilidad de remover el plastificante en contacto con solventes y otros materiales poliméricos.
- **Permanencia:** tendencia del plastificante a permanecer dentro del compuesto. La pérdida puede deberse a mecanismos tales como: evaporación, extracción, oxidación y degradación por microorganismos.



# Definiciones

Mezcla seca ("Dry blend"): compuesto de PVC, plastificante y otros ingredientes, con apariencia de polvo seco al tacto.

- Plastisol: dispersión de una resina de PVC en el plastificante.
- Organosol: dispersión de una resina de PVC en una mezcla de Plastificante y solvente (que luego se evapora en las etapas finales de procesamiento).



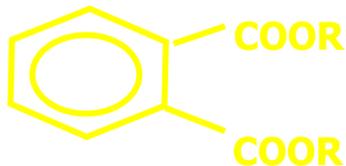
# Definiciones

- Propiedades a baja temperatura: **habilidad del plastificante de impartir flexibilidad o resistencia al impacto aún a temperaturas muy por debajo de la temperatura ambiente**
- Solvatabilidad: habilidad de disolver la resina de PVC a temperaturas elevadas (normalmente a temperatura de procesamiento).

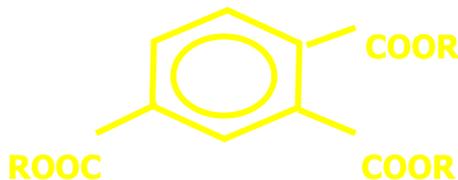


# Estructura Química Plastificantes para PVC

Ftalatos



Trimelitados



Diésteres



Aceites epoxidados



Fosfatos

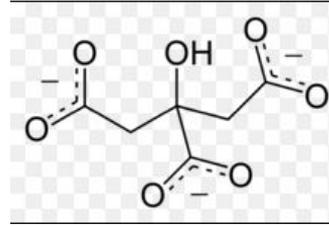




ICIPC®

# Estructura Química Plastificantes para PVC

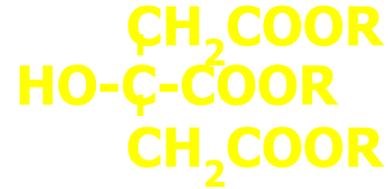
Citratos



Sulfonatos



Esteres de Polioles



# Clasificación de acuerdo con su estructura química



<b>Tipo</b>	<b>Ejemplo</b>	<b>Propiedades</b>	<b>Uso final</b>
<b>Ftalato</b>	<b>Di-octil (DOP)</b>	<b>Bajo costo. Propiedades balanceadas.</b>	<b>Plastificante de propósito general más ampliamente utilizado..</b>
<b>Ftalato</b>	<b>Lineal alc. (610P)</b>	<b>Mejores propiedades a baja temperatura que el DOP. Baja volatidad.</b>	<b>Propósito general. Telas para autos Hilos y cables.</b>

# Clasificación de acuerdo con su estructura química



<b>Tipo</b>	<b>Ejemplo</b>	<b>Propiedades</b>	<b>Uso final</b>
<b>Adipato</b>	<b>Di-octil (DOA)</b>	<b>Costo más alto. Aprobado para contacto con alimentos. Excelentes propiedades a baja temperatura.</b>	<b>Como plastificante secundario con DOP para mejorar desempeño a baja temperatura.</b>
<b>Adipato</b>	<b>Lineal alc (NODA)</b>	<b>Más baja volatilidad que DOA.</b>	<b>Recubrimiento de alambres sometidos a baja temperatura.</b>
<b>Trimellitato</b>	<b>Trioctil (TOTM)</b>	<b>Costoso. Muy baja volatilidad.</b>	<b>Aislamiento para cables sometidos a alta temperatura.</b>



# Clasificación de acuerdo con su estructura química

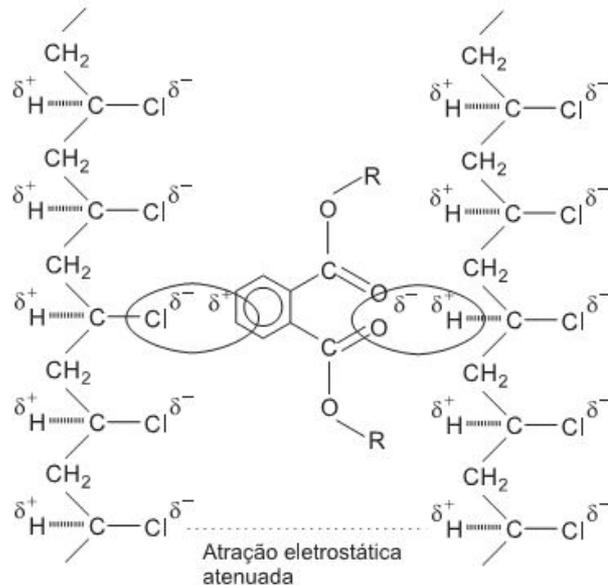
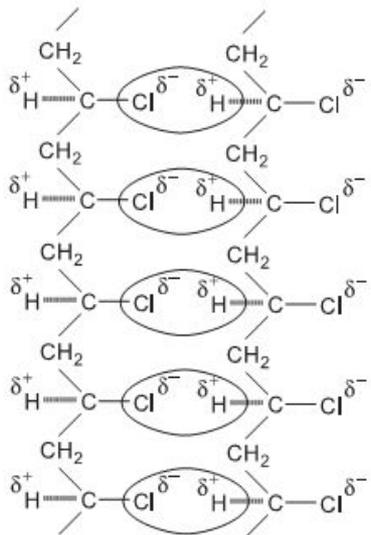


INSTITUTO DE  
CAPACITACIÓN  
E INVESTIGACIÓN  
DEL PLÁSTICO Y  
DEL CAUCHO

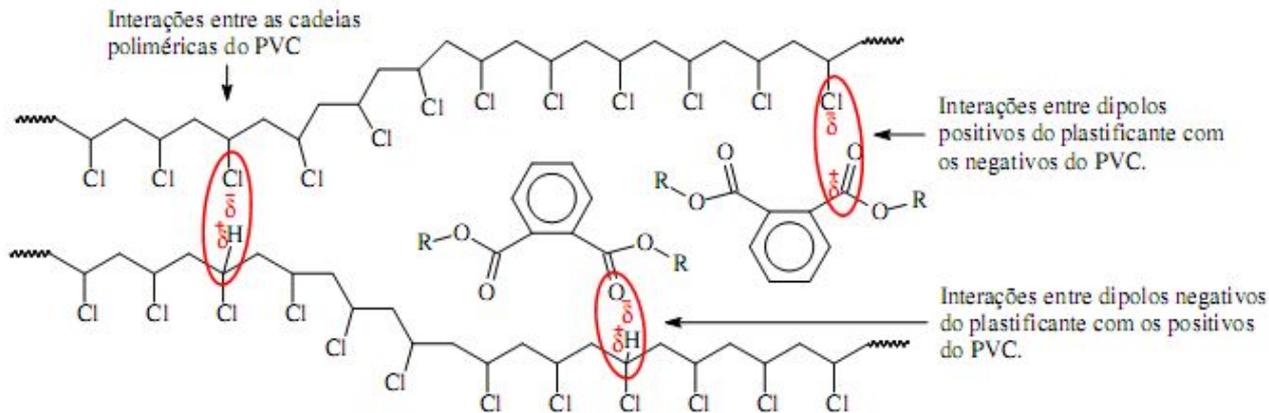
# Descripción del mecanismo de plastificación



# Mecanismos de Plastificação



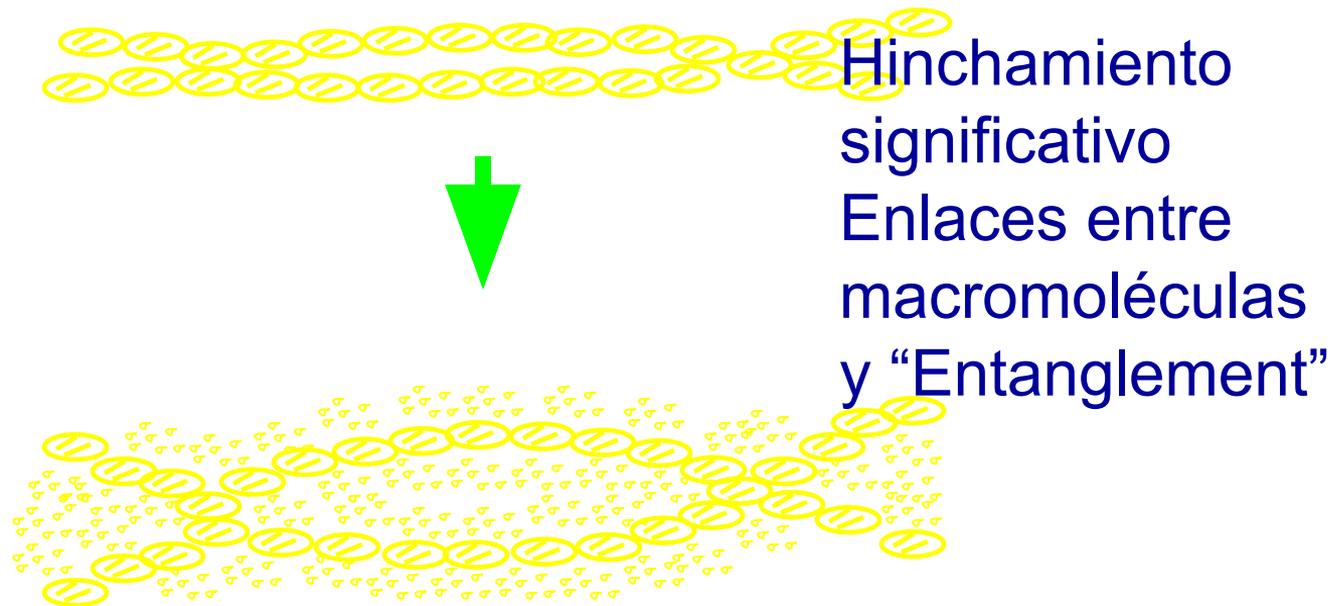
# Mecanismos de Plastificação





# Mecanismos de Plastificación

Teoría del gel: red tridimensional (débil) formada por interacciones polímero-plastificante

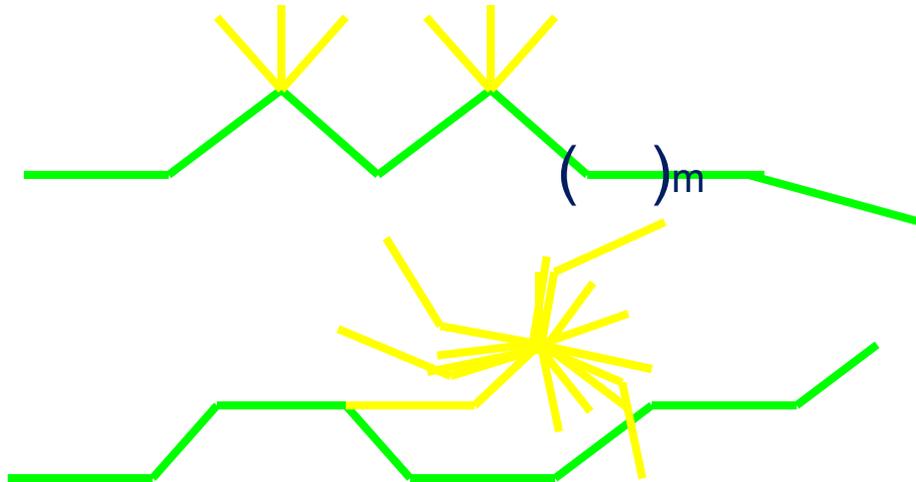




ICIPC®

# Mecanismos de Plastificación

Teoría del volumen libre: **plastificación aumenta el volumen libre (rotación/translación de segmentos de cadena)**



Movimiento de cadenas Laterales

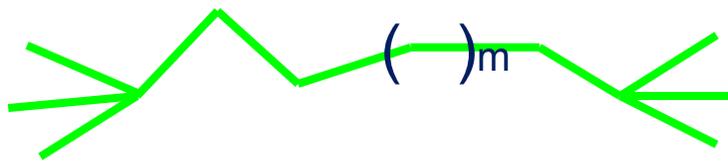
Movimiento del Plastificante externo



# Mecanismos de Plastificación

Teoría del volumen libre: **plastificación aumenta el volumen libre (rotación/translación de segmentos de cadena)**

Movimiento de extremos de cadena



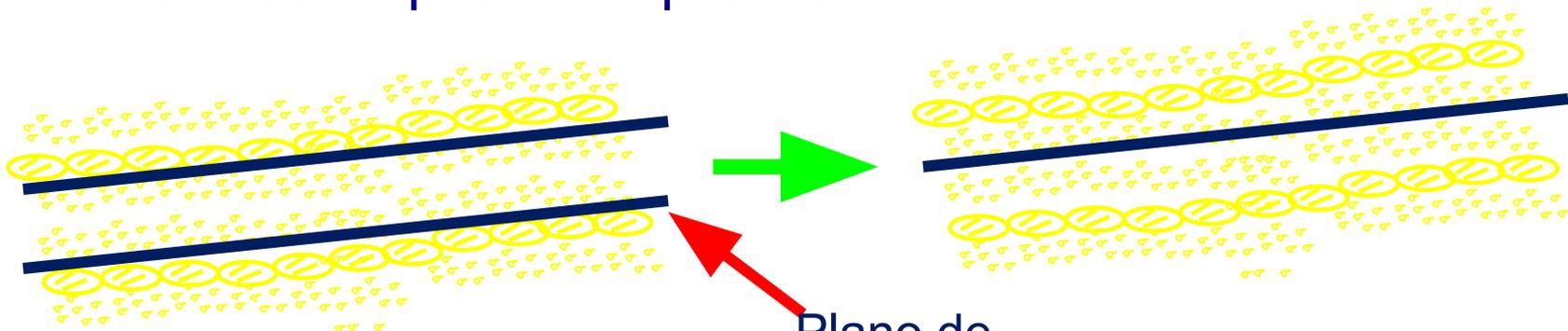
Rotaciones de cadena principal





# Mecanismos de Plastificación

Teoría de lubricidad: el plastificante reduce las fuerzas de interacción polímero-polímero



Enlaces

Polímero-Polímero y  
Plastificante-Plastificante

Plano de  
deslizamiento

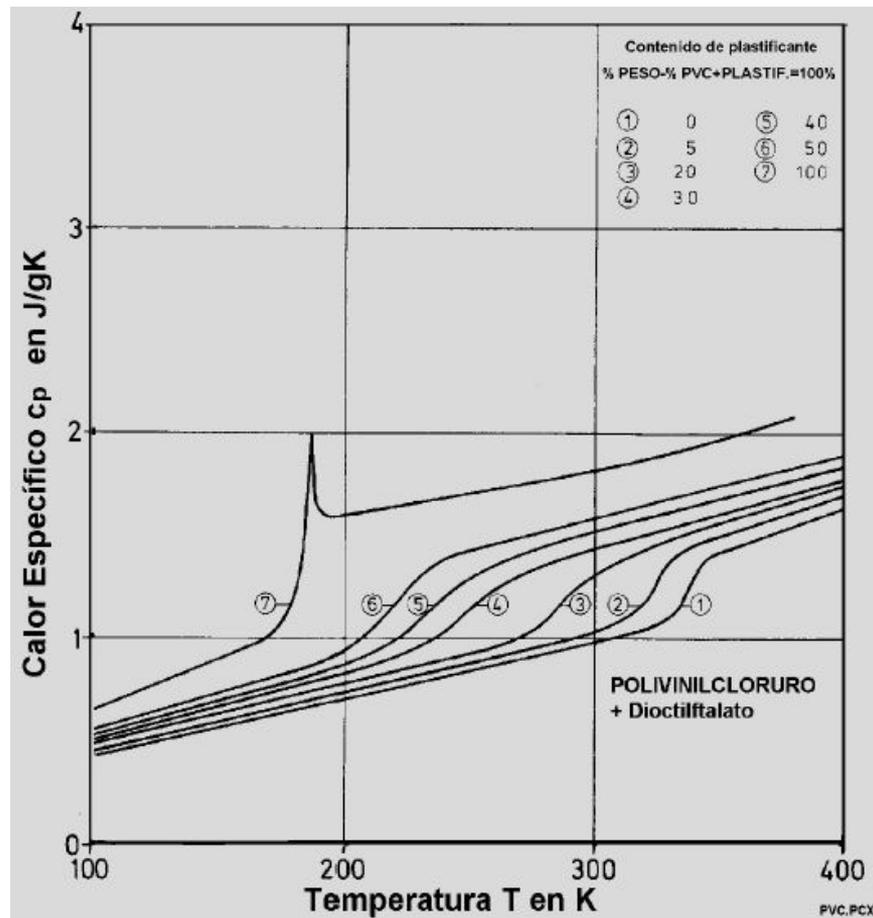
Enlaces Polímero-Plastificante



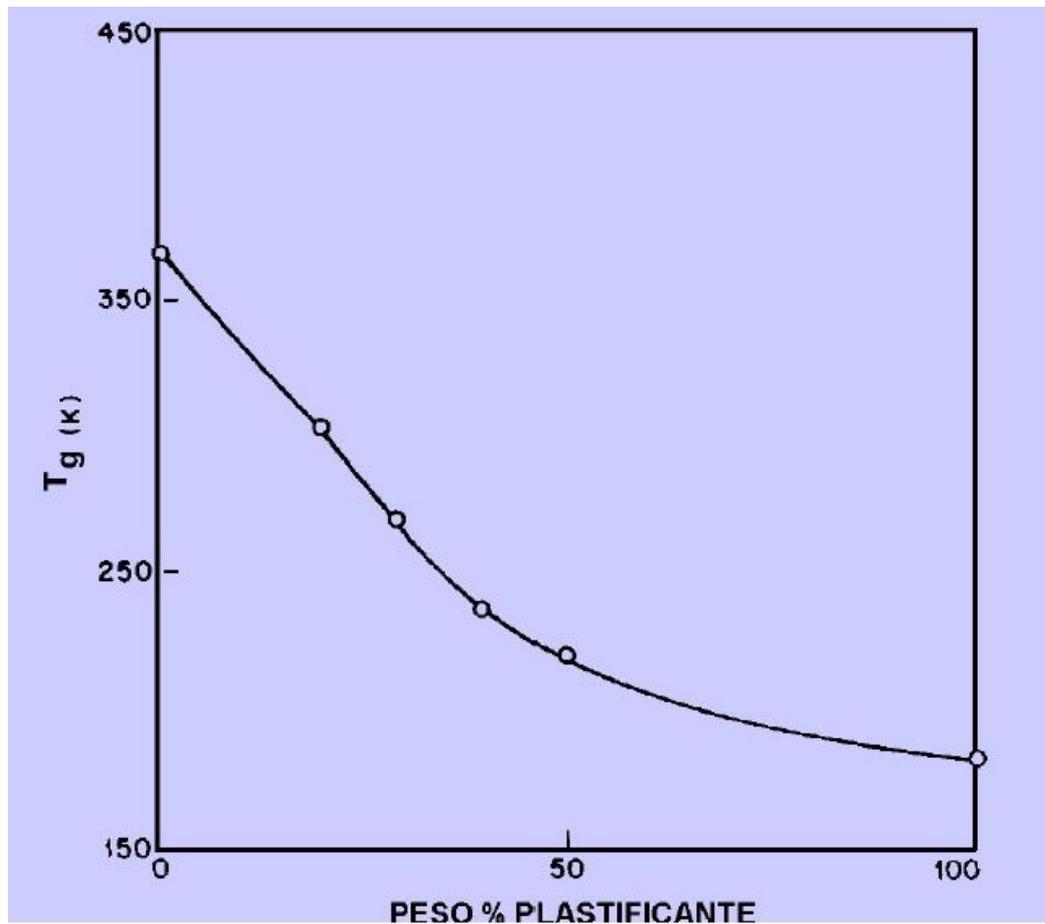
# Eficiencia Plastificación

La eficiencia del plastificante se puede evaluar con la disminución en la  $T_g$  conforme aumenta la concentración del plastificante.

# Eficiencia Plastificación



# Eficiencia Plastificación



# Aplicaciones - PVC

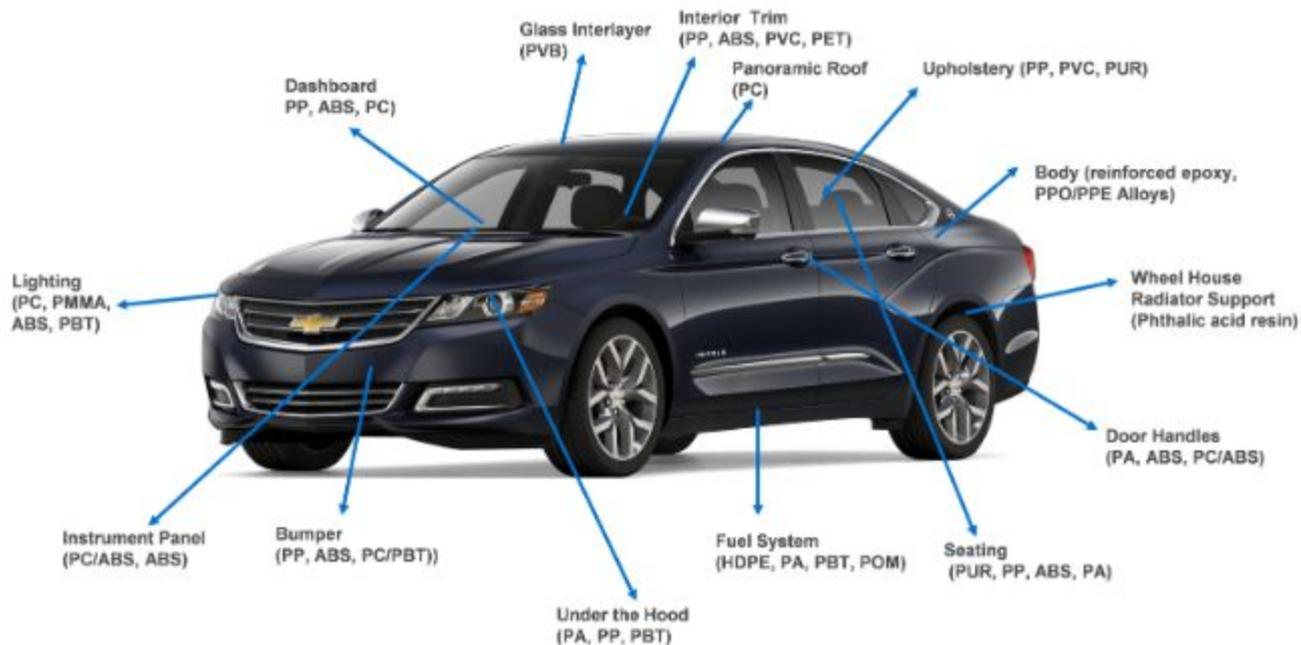


Fuente: [https://www.google.com/search?q=flexible+pvc&tbm=isch&ved=2ahUKEwiAke3Lte3uAhXscDABHXntDQwQ2-cCegQIABAA&ooq=flexible+pvc&gs\\_lcp=CgNpbWcQAZlCCAAyAggAMgllADICCAAAyAggAMgllADICCAAAyAggAMgllADICCAAA6BggAEAcQHICv1AZY8OIGYJPsbmgAcAB4AIABoQKIAb4NkgEFMC4zLjWYACgAQGqAQtdnd3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&scient=img&ei=DDYrYIDbKuzhwbkP-dq3YA&bih=625&biw=1366&rlz=1C1CHBF\\_esCO914CO914#imgrc=XQwWU5KMzRRFxm](https://www.google.com/search?q=flexible+pvc&tbm=isch&ved=2ahUKEwiAke3Lte3uAhXscDABHXntDQwQ2-cCegQIABAA&ooq=flexible+pvc&gs_lcp=CgNpbWcQAZlCCAAyAggAMgllADICCAAAyAggAMgllADICCAAAyAggAMgllADICCAAA6BggAEAcQHICv1AZY8OIGYJPsbmgAcAB4AIABoQKIAb4NkgEFMC4zLjWYACgAQGqAQtdnd3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&scient=img&ei=DDYrYIDbKuzhwbkP-dq3YA&bih=625&biw=1366&rlz=1C1CHBF_esCO914CO914#imgrc=XQwWU5KMzRRFxm)



Fuente: [https://www.google.com/search?q=tela+sinetica+pvc&tbm=isch&ved=2ahUKEwiO17rLtu3uAhW0eDABHUlaD-8Q2-cCegQIABAA&ooq=tela+sinetica+pvc&gs\\_lcp=CgNpbWcQAZlGCQAQbxAeOgllAFDpQViGWWCIXGgAcAB4AIAbVQGIAMZMRkgEEMC4xNjgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&scient=img&ei=GDcrYl6rErTxwbkPybS9-A4&bih=625&biw=1366&rlz=1C1CHBF\\_esCO914CO914#imgrc=5cMefBK87h4GHM](https://www.google.com/search?q=tela+sinetica+pvc&tbm=isch&ved=2ahUKEwiO17rLtu3uAhW0eDABHUlaD-8Q2-cCegQIABAA&ooq=tela+sinetica+pvc&gs_lcp=CgNpbWcQAZlGCQAQbxAeOgllAFDpQViGWWCIXGgAcAB4AIAbVQGIAMZMRkgEEMC4xNjgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&scient=img&ei=GDcrYl6rErTxwbkPybS9-A4&bih=625&biw=1366&rlz=1C1CHBF_esCO914CO914#imgrc=5cMefBK87h4GHM)

# Aplicaciones - PVC



# Sostenibilidad en el ICIPC



# Sostenibilidad en el ICIPC





Productos de PVC  
sostenibles y su  
contribución a una  
sociedad sostenible

# Impulsar el mercado del plástico reciclado



**6,5 MILLONES**  
de toneladas de  
PVC recicladas  
desde el año 2000

**13 MILLONES**  
de toneladas de  
CO<sub>2</sub> menos  
desde el año 2000



La demanda de energía  
primaria del PVC reciclado  
es un **90% INFERIOR**  
a la de la producción de  
PVC virgen



**730 000** toneladas de  
PVC recicladas en 2020  
**+1 500** empleos directos  
en las plantas de reciclaje



INSTITUTO DE  
CAPACITACIÓN  
E INVESTIGACIÓN  
DEL PLÁSTICO Y  
DEL CAUCHO

## Seminario virtual

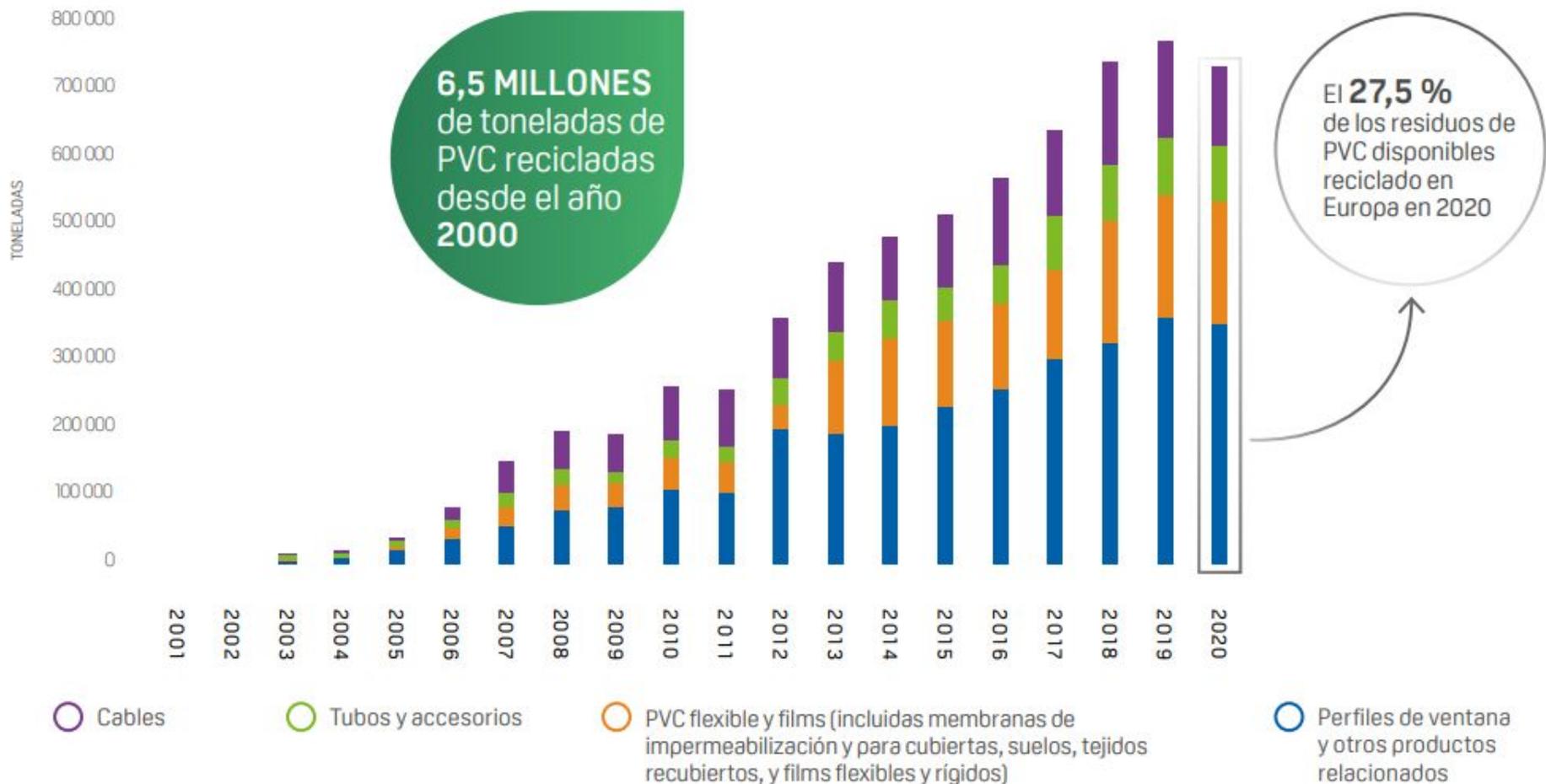
---

# Eficiencia energética y productividad en la industria de plásticos

Desde el sistema de gestión energética hasta la mejora de productividad en los procesos.

**Julio - septiembre 2020**







FOTOGRAFIA: CORTESIA DE NATURE URBAINE

Nature Urbaine utiliza tuberías de PVC para construir estructuras verticales para huertos urbanos de azotea que ahorran espacio y recursos, y proporcionan productos frescos y de cultivo local.



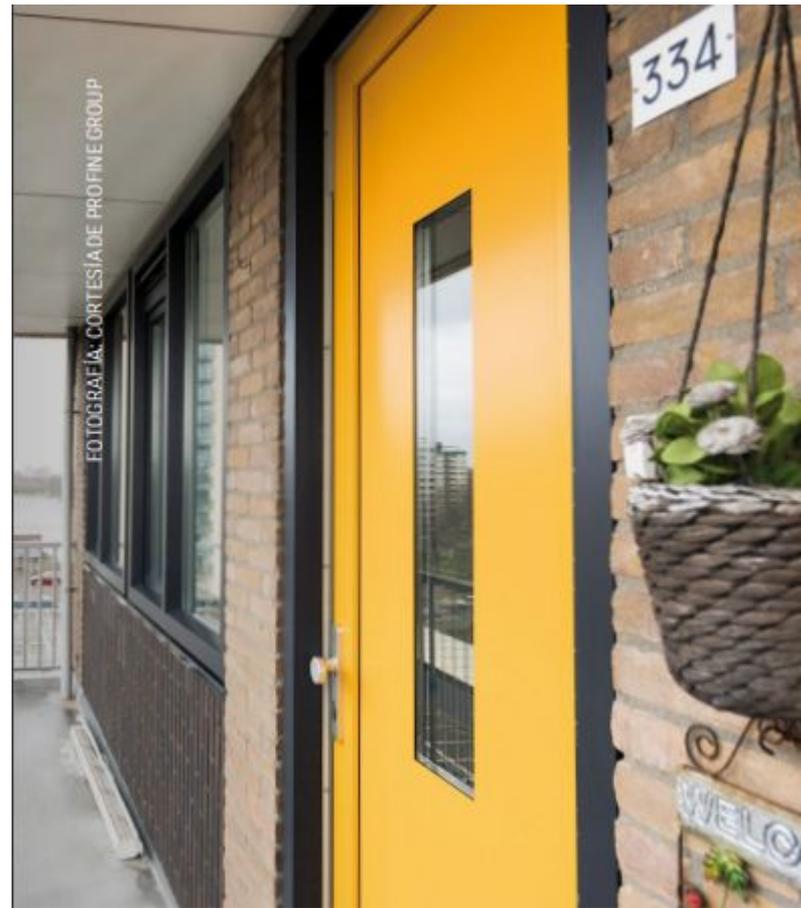
FOTOGRAFIA: CORTESIA DE MAX TOMASINELLI

# Contribuciones del PVC a una sociedad sostenible

Bancolombia espera evitar la emisión de 158 toneladas de CO2 al año con tarjetas de PVC reciclado. Luego de que en 2020 el banco anunciara el primer lote de tarjetas débito fabricado con 85,5% de PVC reciclado, Bancolombia anuncia que se encuentra en proceso la elaboración de un lote de 105.000 tarjetas de crédito producido bajo los mismos estándares de sostenibilidad.



Las nuevas oficinas de la NBA en Ciudad de México ofrecen un entorno dinámico y lúdico, gracias también al revestimiento de suelo de PVC y a la decoración adhesiva.



# Contribuciones del PVC a una sociedad sostenible - Video

<https://youtu.be/1McuDC2Puck>



INSTITUTO DE  
CAPACITACIÓN  
E INVESTIGACIÓN  
DEL PLÁSTICO Y  
DEL CAUCHO

# ¡Gracias!

Carrera 49 #5 Sur 190. Bloque 37

+574 3116478

Medellín, Colombia

[icipc@icipc.org](mailto:icipc@icipc.org) - <https://icipc.org>



@ICIPCmedellin



@ICIPC



@ICIPC\_Medellin



@ICIPC



Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho



Cra. 49 # 5 Sur – 190, Bloque 37 – Zona Postal 050022

Tel. +574 311 6478 Fax +574 311 6381

E-mail: [icipc@icipc.org](mailto:icipc@icipc.org) - [www.icipc.org](http://www.icipc.org)

Medellín - Colombia

# APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN QUÍMICA A LOS COMPUESTOS DE PVC

## Top 10 PVC Suppliers in Terms of Production Volume:

Company Name	PVC Production Capacity (kt)
Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.	3850
Formosa Plastics Corp.	3300
Inovyn ChlorVinyls Limited	2500
ChemChina	1950
Orbia	1800
Westlake Chemical Corporation	1800
OxyVinyls (Occidental Corp.)	1700
CNSG Anhui Hong Sifang Co., Ltd.	1500
LG Chem	1500
Axiall	1200