

**Recepción:** 12 de marzo de 2015

**Aceptación:** 21 de mayo de 2015

**Publicación:** 04 de junio de 2015

# CÁLCULO DE PÉRDIDA DE PROPIEDADES MECÁNICAS (%) A TRAVÉS DE REPROCESADO Y PRESENCIA DE IMPUREZAS

---

CALCULATION OF LOSS OF MECHANICAL PROPERTIES (WT%) THROUGH REPROCESSING AND PRESENCE OF IMPURITIES.

Miguel Ángel Peydró Rasero<sup>1</sup>

Francisco Parres García<sup>2</sup>

Raúl Navarro Vidal<sup>3</sup>

David Juárez Varón<sup>4</sup>

1. Ingeniero Técnico Industrial en Mecánica. Ingeniero en Organización Industrial. Doctor en Ingeniería por la Universitat Politècnica de València. Instituto de Tecnología de Materiales. E-mail: [mpeydro@mcm.upv.es](mailto:mpeydro@mcm.upv.es)
2. Ingeniero Técnico en Diseño Industrial. Ingeniero de Materiales. Doctor en Ingeniería por la Universitat Politècnica de València. Instituto de Tecnología de Materiales. E-mail: [fraparga@dimmm.upv.es](mailto:fraparga@dimmm.upv.es)
3. Ingeniero Técnico Industrial en Mecánica. Ingeniero de Materiales. Doctor en Ingeniería por la Universitat Politècnica de València. Instituto de Tecnología de Materiales. E-mail: [raunavi@dimmm.upv.es](mailto:raunavi@dimmm.upv.es)
4. Ingeniero en Organización Industrial. Doctor en Ingeniería (programa del dpto. de Ingeniería mecánica y de materiales). Universitat Politècnica de València. E-mail: [djuarez@mcm.upv.es](mailto:djuarez@mcm.upv.es)

## RESUMEN

Los materiales reciclados se caracterizan por haber soportado diferentes ciclos de reprocesados que provocan degradación térmica y por contener frecuentemente una serie de impurezas de distinta procedencia. En este trabajo se expone el cálculo de cuál de estos dos factores tiene más peso en la caída de propiedades mecánicas.

Para la realización de dicho trabajo se ha investigado un ABS reciclado procedente de sistemas de alarma utilizadas en prendas del sector Textil con una presencia de impurezas del 4% de PE.

Los resultados muestran que en el caso estudiado, un ABS reprocesado dos veces y con una presencia de impurezas del 4%, el factor de la degradación térmica tiene un peso de un 25%, mientras que el otro factor, la presencias de impurezas tiene un peso del 75% en la caída de propiedades.

## ABSTRACT

Recycled materials are characterized by having endured different reprocessing cycles that cause thermal degradation and by containing often a number of impurities from different sources. In this paper, is studied the calculation of which of these two factors analyzed has more weight in the fall of mechanical properties.

To carry out such work has investigated an ABS recycled from alarm systems used in Textile garments sector with presence of impurities of a 4% of PE.

The results show that in the case studied, for an ABS reprocessed twice with a presence of 4% of impurities, is obtained that the thermal degradation factor has a weight of 25%, meanwhile, the presence of impurities has a weight of 75% in the fall of its properties.

## PALABRAS CLAVE

Reprocesado; Impurezas; ABS; PE; Mezcla.

## KEY WORDS

Reprocessing; Impurities; ABS; PE; Blend.

## INTRODUCCIÓN

Los materiales reciclados se caracterizan por haber soportado diferentes temperaturas de proceso y por contener frecuentemente una serie de impurezas de distinta procedencia, bien sea por el propio material de partida o bien sea por el proceso de recuperación.

ACTECO, productos y servicios, S.L. es una empresa de recuperación de materiales termoplásticos situada en la ciudad de Ibi. Esta empresa tenía ciertos problemas con la pérdida excesiva de propiedades de unos materiales de ABS recuperados a partir del sistema antirrobo del sector textil. Estos problemas dieron pie a investigar este material para darle solución.

Los factores más importantes que pueden afectar a las propiedades de un termoplástico reciclado son la degradación solar, la degradación térmica por reprocesado y la presencia de impurezas. De estos tres factores solo se han evaluado los dos últimos, la degradación térmica por reprocesado y la presencia de impurezas, por ser los únicos que intervienen en el material de estudio, ya que las alarmas de ropa no están expuestas al sol.

Como el material a recuperar (alarmas antirrobo) eran fabricadas y colocadas en las prendas de vestir en el lugar de fabricación, en China; no se podía saber exactamente de qué grado de ABS se trataba. Por ello para poder llevar a cabo dicho estudio primero había que estudiar un material conocido y perfectamente controlado.

Por ello, primero para estudiar la degradación térmica por reprocesado se ha utilizado el trabajo de Peydró (Peydro *et al.*, 2013). En este trabajo Peydró para simular el ABS reciclado reprocesó ABS virgen durante cinco ciclos de inyección a las dos temperaturas extremas de procesamiento de esa material, 220 °C y 260 °C. Los resultados mostraron que solo el material procesado a 260 °C variaba significativamente sus propiedades resistentes. Por ello en el actual trabajo solo se han utilizado los datos a esta temperatura.

En segundo lugar, para estudiar la pérdida de propiedades por la presencia de impurezas se ha utilizado el trabajo de Peydró (Peydro *et al.*, 2014). En este trabajo Peydró analizó la influencia del Estireno-Etileno/Butadieno-Estireno (SEBS) sobre mezclas de dos grados (natural y negro) de Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno (ABS) y Polietileno de baja densidad (LDPE). En primer lugar preparó mezclas de ABS y LDPE en diferentes porcentajes 1, 2, 4 y 8 % en peso a una temperatura de 220 °C. Posteriormente, analizó el efecto del SEBS sobre la mezcla de ABS – LDPE mediante la adición de 1, 2, 4, 8 % de SEBS, comprobando como el material recuperaba propiedades. Para no complicar el estudio solo se ha utilizado los datos del material natural.

No existen estudios que calculen el peso de cada uno de estos factores en la pérdida de propiedades. Por lo tanto, en este trabajo se expone el cálculo de cuál de estos dos factores tiene más peso en la caída de propiedades mecánicas.

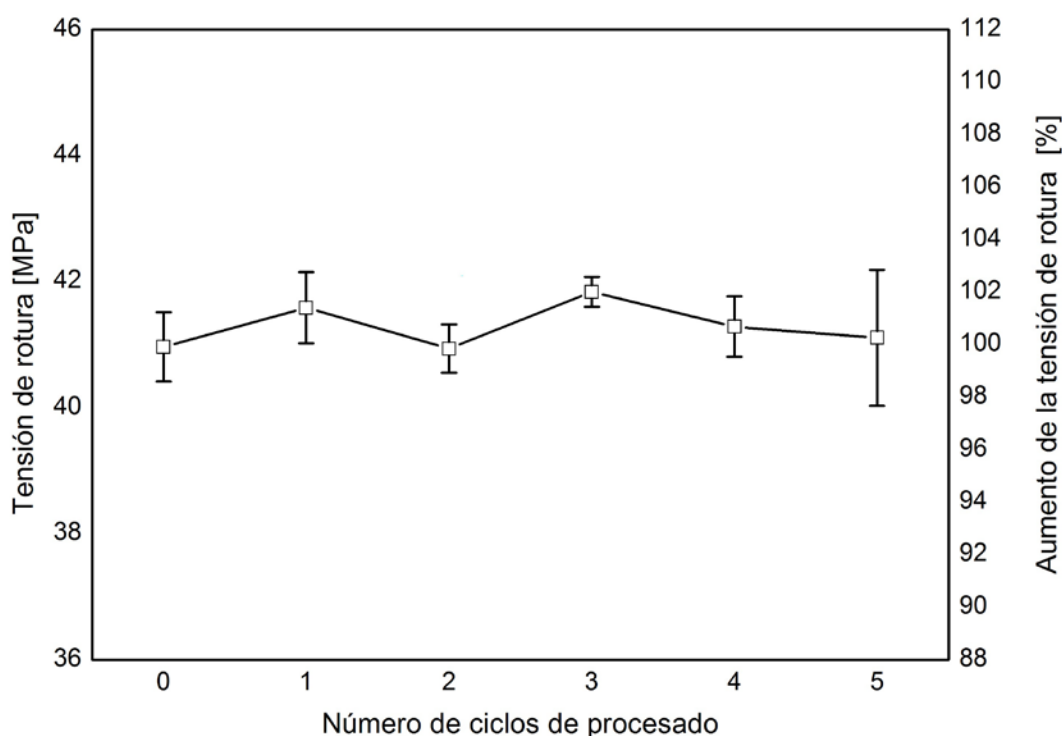
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### DEGRADACIÓN POR REPROCESADO

Para estudiar la degradación térmica por reprocesado se ha utilizado el trabajo de Peydró (Peydro *et al.*, 2013) en el que utilizó el ABS Terluran GP 35® (BASF, Ludwigshafen, Alemania).

En la Figuras siguientes se muestra los valores obtenidos tras la caracterización mecánica del ABS en función del número de ciclos para 260 °C. Se puede observar una elevada estabilidad del ABS frente a sucesivos ciclos de inyección, ya que, los valores de tensión de rotura y alargamiento a la rotura permanecen prácticamente constantes Figuras 1 y 2. Otros autores como Bai (Bai *et al.*, 2007), Eguiazabal (Eguiazabal and Nazabal, 1990), Pérez (Perez *et al.*, 2010), o Salari (Salari and Ranjbar, 2008) ya obtuvieron este comportamiento sobre el ABS cuando era sometido a ciclos de reprocesado.

En cambio, la evolución de los valores de energía de impacto descienden con forme aumenta el número de ciclos de procesado. Este fenómeno, observado también por Bai (Bai *et al.*, 2007b) y Eguiazabal (Eguiazabal and Nazabal, 1990), se debe a un fenómeno de entrecruzamiento de cadenas por la rotura del doble enlace C=C, el cual limita el posterior uso y aplicación del ABS reciclado.



**Figura 1.** Tensión de rotura frente a ciclos de reprocesado.

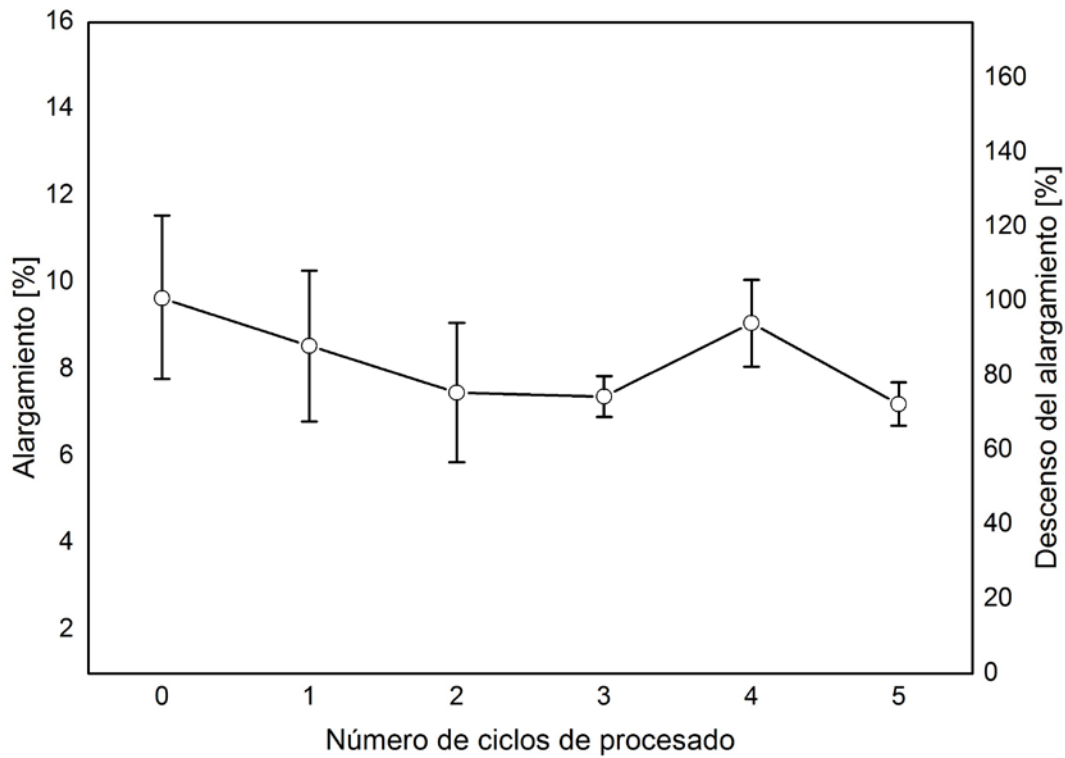


Figura 2. Alargamiento frente a ciclos de reprocesado.

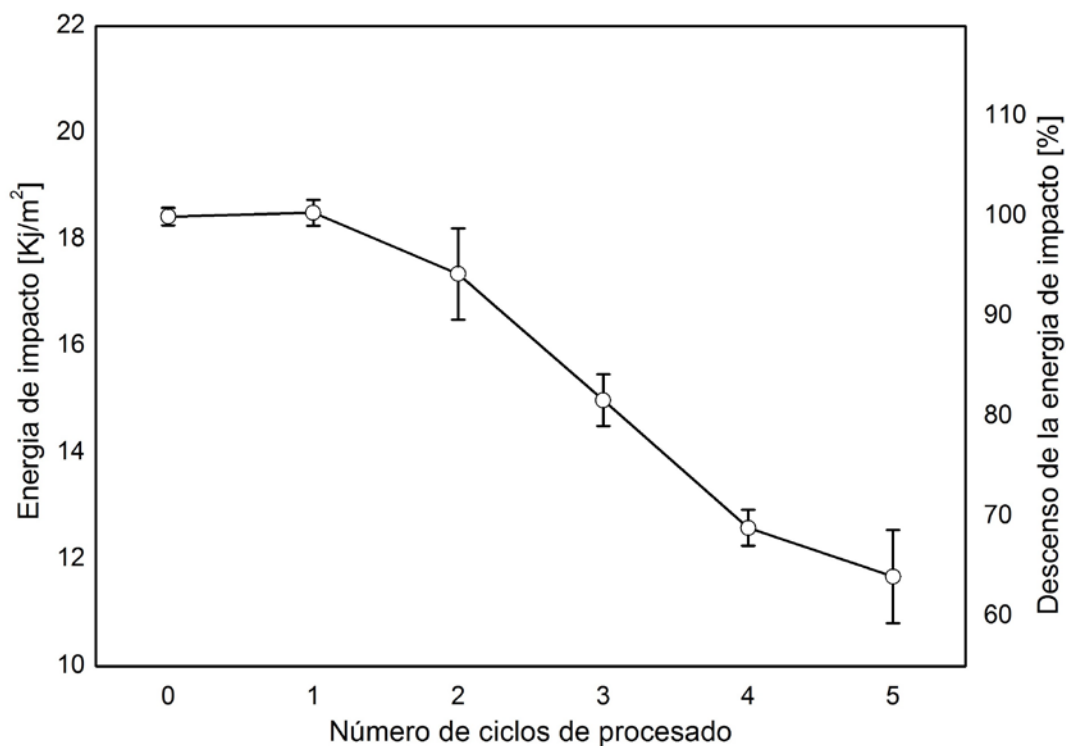


Figura 3. Energía de impacto frente a ciclos de reprocesado.

Como la propiedad más afectada es la energía de impacto el estudio se va a centrar en esta propiedad. En el reciclado de los materiales termoplásticos el primer proceso es el triturado

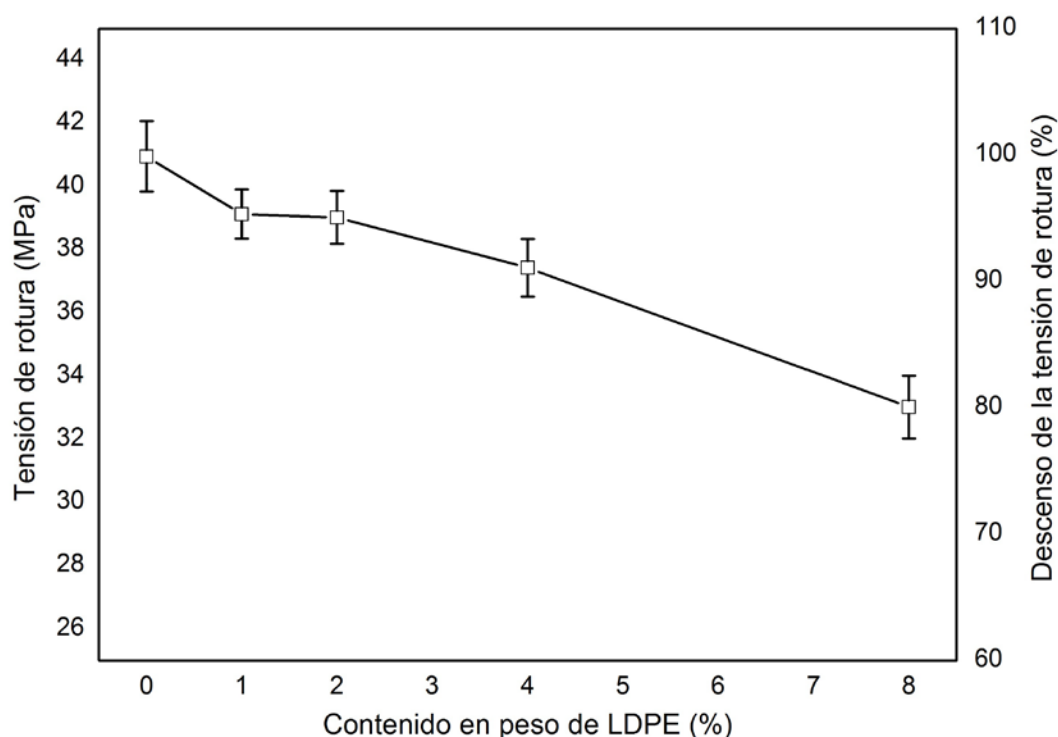
del material a reciclar. Una vez triturado hay que procesarlo mediante una extrusora para obtener la granza. Por lo tanto, al contar el primer procesado para obtener la pieza original y contar la extrusión para obtener la granza, el número de reprocesados es dos.

Observando la gráfica de la figura 3 se obtiene un valor de 17,35 ( $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ) para el segundo reprocesado y el materia virgen tiene un valor de 18,43 ( $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Esto significa una caída de un 5%.

## PRESENCIA DE IMPUREZAS

Para estudiar la pérdida de propiedades por la presencia de impurezas se ha utilizado el trabajo de Peydró (Peydro *et al.*, 2014) el cual utilizó el ABS Terluran GP 22® (BASF, Ludwigshafen, Alemania) y el LDPE ALCUDIA® PE063/A® (Repsol, Madrid España).

La presencia de LDPE provoca un descenso generalizado de propiedades mecánicas. La tensión de rotura muestra una caída lineal de un 10% para la cantidad de PE del 4%, Figura 4. El alargamiento también sufre una caída lineal obteniéndose un valor para el 4% de PE de una caída de 40%, Figura 5. Al observar la resistencia al impacto (propiedad a estudiar), Figura 6, para el material virgen se observa un valor de 20,20 ( $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ) y para la mezcla al 4% de PE un valor de 17,50 ( $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Esto significa una caída aproximada de un 15%. Este mismo comportamiento ya fue observado por Maris en su estudio del mismo tipo de mezcla (Maris *et al.*, 2012).



**Figura 4.** Tensión de rotura frente al contenido de impurezas.

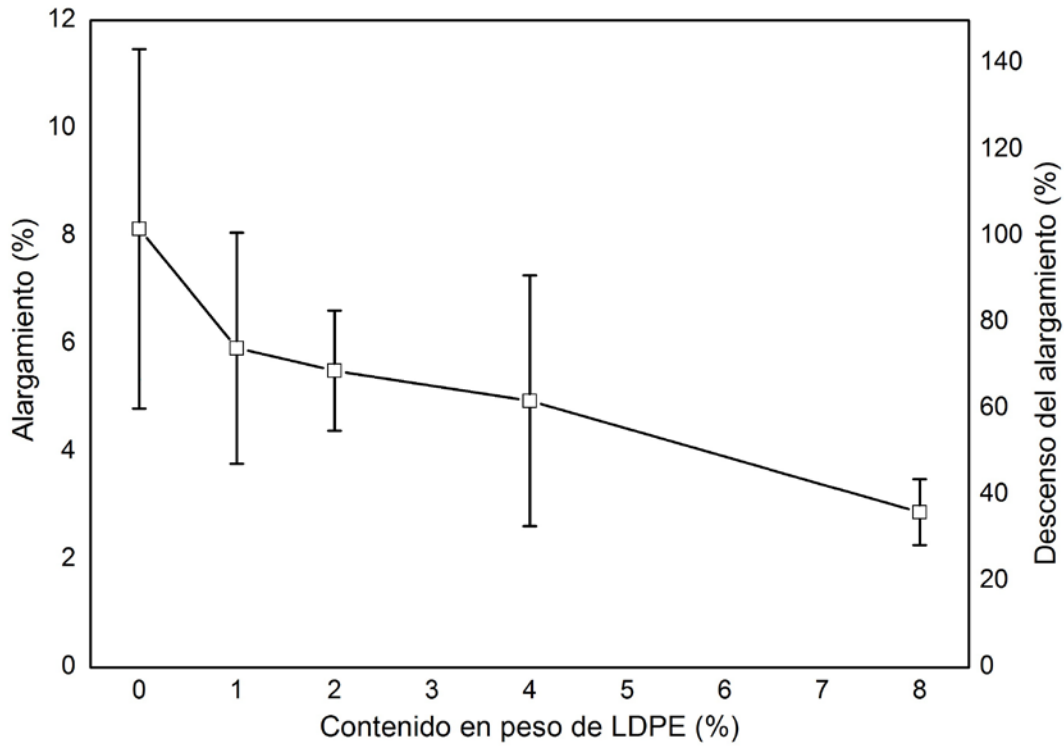


Figura 5. Alargamiento frente al contenido de impurezas.

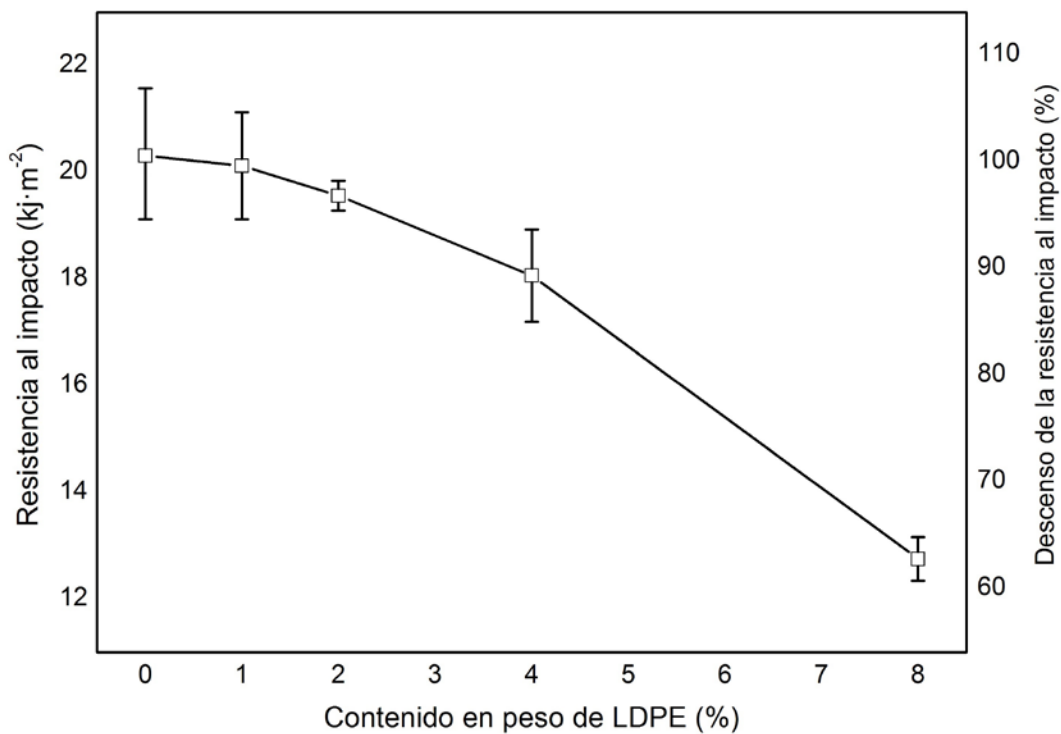


Figura 6. Resistencia al impacto frente al contenido de impurezas.

## CONCLUSIONES

Los materiales reciclados se caracterizan por haber soportado diferentes ciclos de reprocesados que provocan degradación térmica y por contener frecuentemente una serie de impurezas de distinta procedencia. Los resultados muestran que en los casos estudiados, un ABS reprocesado dos veces tiene una pérdida de propiedades de un 5% y la presencia de impurezas del 4% una pérdida de propiedades de un 15%. La suma de estos dos factores da como resultado una pérdida de propiedades del 20%. El factor de la degradación térmica tiene un peso de un 25%, mientras que el otro factor, la presencias de impurezas, tiene un peso del 75% en la caída de propiedades.



## REFERENCIAS

Bai, X.J., Isaac, D.H., Smith, K., 2007. Reprocessing acrylonitrile-butadiene-styrene plastics: Structure-property relationships. *Polymer Engineering and Science* 47, 120-130.

Eguiazabal, J.I., Nazabal, J., 1990. Reprocessing polycarbonate Acrylonitrile-Butadiene-Styrene blends - influence on physical-properties. *Polymer Engineering and Science* 30, 527-531.

Maris, E., Aoussat, A., Naffrechoux, E., Froelich, D., 2012. Polymer tracer detection systems with UV fluorescence spectrometry to improve product recyclability. *Minerals Engineering* 29, 77-88.

Perez, J.M., Vilas, J.L., Laza, J.M., Arnaiz, S., Mijangos, F., Bilbao, E., Leon, L.M., 2010. Effect of Reprocessing and Accelerated Weathering on ABS Properties. *Journal of Polymers and the Environment* 18, 71-78.

Peydro, M.A., Parres, F., Crespo, J.E., Navarro, R., 2013. Recovery of recycled acrylonitrile-butadiene-styrene, through mixing with styrene-ethylene/butylene-styrene. *Journal of Materials Processing Technology* 213, 1268-1283.

Peydro, M.A., Parres, F., Navarro, R., Sanchez-Caballero, S., 2014. Study of the influence of adding styrene-ethylene/butadiene-styrene in acrylonitrile-butadiene-styrene and polyethylene blends. *Polymer Engineering and Science* 54, 1313-1324.

Salari, D., Ranjbar, H., 2008. Study on the recycling of ABS resins: Simulation of reprocessing and thermo-oxidation. *Iranian Polymer Journal* 17, 599-610.