



Conference Paper

Vigilancia Tecnológica e inteligencia competitiva (VT & IC): Alternativas para la recuperación y el aprovechamiento de residuos de plástico ABS alrededor del mundo

Isabelita Aljure Alvear, Ana María Bustamante Moreno,
and Luis Fernando Tirado Gallego

Universidad EAFIT, Medellín, Colombia

Abstract

This study presents the results of the first stage (scientific production analysis) of a Technological Surveillance and Competitive Intelligence exercise (TS&CI), carried out for the research of "the current alternatives for the recovery and valorization of ABS plastic waste around the world"; which was carried out with information from the specialized Scopus® database, with the guidance of TS&IC experts, from EAFIT University. It was found that the leading countries in scientific publications are China, the United States and Japan, three of the largest consumers of ABS resin in the world. The leading institution in publications is the prestigious *Chalmers University of Technology*, a research university that is in Sweden. Finally, it was found that 86% of the scientific production related to the subject of interest, occurs next to the year 1999, time after the environmental revolutions of the age and to the first "Earth day" in 1970.

Keywords: acrylonitrile-butadiene-styrene, ABS plastic waste, recycling, reuse, reutilization.

Resumen

Este estudio contiene los resultados de la primera etapa (análisis de la producción científica) de un ejercicio de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VT&IC) llevado a cabo para la búsqueda de "alternativas actuales para la recuperación y aprovechamiento de residuos de plástico ABS en el mundo"; el cual se llevo a cabo con información de la base de datos especializada Scopus®, con la orientación de expertos en el tema de VT&IC de la Universidad EAFIT. Se encontró que los países líderes en publicaciones científicas son China, Estados Unidos y Japón, tres de los mayores consumidores de resina de ABS en el mundo. La institución líder en publicaciones, es la prestigiosa universidad de investigación *Chalmers University of Technology* de Suecia.

Corresponding Author:

Isabelita Aljure Alvear
ialjure@eafit.edu.co

Received: 15 November 2017

Accepted: 5 January 2018

Published: 4 February 2018

Publishing services provided
by Knowledge E

© Isabelita Aljure Alvear
et al. This article is distributed
under the terms of the
[Creative Commons Attribution
License](#), which permits
unrestricted use and
redistribution provided that
the original author and source
are credited.

Selection and Peer-review
under the responsibility of the
ESTEC Conference Committee.



Finalmente, se encontró que el 86% de la producción científica en el tema de interés se da después de 1999, año posterior a las revoluciones ambientales de la época y al primer “día de la tierra” en 1970.

Palabras claves: acrilonitrilo-butadieno-estireno, residuos de plástico ABS, reciclaje, reúso, reutilización.

1. Introduction

El acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) es obtenido de la mezcla del copolímero estireno-acrilonitrilo (SAN) y el polibutadieno (PB) (Vazquez & Barbosa, 2017). La fase continua de SAN brinda al ABS rigidez, dureza y resistencia al calor, mientras que las partículas de PB distribuidas uniformemente en la matriz de SAN aportan la tenacidad que caracteriza a este termoplástico (British Plastics Federation, 2017).

La resina de ABS fue comercializada por primera vez en 1954 por la Corporación Borg-Warner (Enciclopedia Britannica Inc, 2017). Desde que salió al mercado comercial, el ABS ha sido ampliamente usado en diversas aplicaciones industriales y domésticas, lo que ha ocasionado, principalmente durante las últimas décadas, un aumento en la generación de residuos post-consumo de este material, los cuales pueden llegar a ocasionar severos problemas medio ambientales, además de considerarse como una amenaza para la salud humana y la seguridad de los ecosistemas (Thuong et al., 2017). Para el año 2011, la producción mundial de termoplásticos, poliuretanos y otros plásticos (termoestables, recubrimientos y sellantes) (PM) alcanzó un valor aproximado de 279 millones de toneladas (Plastics Europe, 2016), donde los co-polímeros de estireno (ABS, SAN y acrilonitrilo-estireno-acrilato ASA) y los plásticos termoestables representaron el 10% del consumo mundial (Castro, 2011). Para el 2016, un porcentaje mayor al 66% del consumo mundial total de las resinas de ABS virgen se encontraba relacionado principalmente con la fabricación de electrodomésticos y las aplicaciones para distintos aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), continuando en porcentaje de consumo las aplicaciones relacionadas al sector del transporte (automóviles) (IHS Markit, 2017). Para el fin del 2017 se estima una PM aproximada de 700 millones de toneladas (Plastics Europe, 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior, las principales fuentes de generación de residuos de plástico ABS están relacionadas directamente con el fin de uso de electrodomésticos, AEE y automóviles. Actualmente, el número de vehículos al final de su vida útil

(VFVU) en el ámbito internacional, es de aproximadamente 40 millones. Para el 2014, la cantidad global de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) alcanzó una cifra de 54 millones de toneladas y se estima que para el fin de 2017 se tenga una cantidad de RAEE de 72 millones de toneladas (Mallampati et al., 2017). En cuanto a su composición, los residuos triturados de automóviles (RTA) contienen entre un 20-49% de plásticos (Mallampati et al., 2017) y los RAEE pueden contener aproximadamente un 30% de estos materiales (Schwesig & Riise, 2017). Los plásticos contenidos en estos residuos son: (i) plásticos libres de retardantes de llama bromados (ABS, poliestireno de alto impacto (HIPS), polipropileno (PP), polietileno (PE), policarbonato, polietileno-tereftalato (PET), polioximetileno (POM), polimetilmetacrilato (PMMA) y poliamida (PA)) y (ii) plásticos que contienen retardantes de llama bromados (ABS, HIPS Y polivinil cloruro (PVC)). Del porcentaje total de plásticos de los RTA y de los residuos triturados eléctricos y electrónicos (RTEE), aproximadamente entre el 10-20% corresponden a ABS y HIPS (Mallampati et al., 2017).

Hace ya más de 40 años se iniciaron investigaciones para el estudio de la recuperación y aprovechamiento de plástico ABS. La conciencia del reciclaje de recursos incrementa después de la llegada del primer “día de la Tierra” en 1970 (Bradbury, 2014). En 1972 nace la primera fábrica de reciclaje de residuos plásticos en el mundo, en Conshohocken-Pensilvania, marcando el comienzo para todas las futuras plantas de reciclaje del planeta (American Chemistry Council, 2017). A pesar de los esfuerzos industriales y de investigación, la recuperación y el reciclaje de plásticos siguen siendo insuficientes, por lo cual, aún millones de toneladas de estos materiales terminan en tierras limpias, vertederos y océanos cada año (Gourmelon, 2015). En este estudio se presentan los resultados de la primera etapa de un ejercicio de VT&IC en el cual se busca tener un panorama claro sobre las alternativas actuales que existen para la recuperación y aprovechamiento de residuos de plástico ABS en el mundo, con el fin de orientar la toma de decisiones para una futura investigación o implementación de alternativas al contexto colombiano.

2. Materiales y Métodos

Se definieron los Factores Críticos de Vigilancia (FCV): (i) ¿quiénes son los líderes en investigación y en desarrollos tecnológicos, en el reciclaje, reúso y/o reutilización de residuos de plástico ABS y donde están ubicados?, (ii) ¿cómo se reciclan, reúsan o reutilizan los residuos de plástico ABS?, (iii) ¿qué propiedades pierde el ABS cuando se recicla de manera mecánica? y con base en esto ¿cuáles son las mejores aplicaciones?,

y (iv) ¿cuáles son las pruebas de laboratorio/de análisis que se han implementado para la medición de propiedades del producto según los usos o aplicaciones reportadas?

La información para la primera etapa del ejercicio de VT&IC fue obtenida en su totalidad a partir de análisis estadísticos de la producción científica, estableciendo ecuaciones de búsqueda refinadas en la base de datos Scopus®. En paralelo, se implementó la inteligencia competitiva a través del concepto de expertos de la Universidad EAFIT, depurando y analizando los resultados. Esto enmarcado en un ejercicio de VT&IC para la búsqueda de las alternativas actuales que existen en relación a la recuperación y aprovechamiento de residuos de plástico ABS en el mundo (abril de 2017 - septiembre 2017).

3. Resultados y discusión

A la fecha, se ha conseguido configurar una ecuación de búsqueda refinada para la exploración de información general de la producción científica en el tema tratado, que orientó los algoritmos de la base de datos especializada Scopus®: TITLE ("acrylonitrile butadiene styrene" OR abs OR "nitrile rubber copolymers" OR krylene) AND TITLE-ABS-KEY (waste OR recycling OR post-consumption). Se obtuvieron 183 resultados para la búsqueda efectuada el 18 de mayo de 2017.

Los resultados obtenidos pueden representarse de varias formas: (i) consolidación con estadística descriptiva para establecer la cantidad de publicaciones por países y por autor, (ii) cantidad de publicaciones por afiliación/institución y la relación entre estas, y (iii) los años más representativos y la madurez del tema

3.1. Líderes en publicaciones científicas: países y autores

En términos generales, la producción científica alrededor del tema de reciclaje, reúso y/o reutilización de los residuos de plástico ABS se da con mayor intensidad en China, Estados Unidos y Japón, cada uno representando el 15.3%, 13.1% y 6.6% de las publicaciones totales respectivamente. China es el mayor impulsador del mercado de ABS en el ámbito mundial, cuenta con un tercio de la capacidad mundial de producción y también es el mayor consumidor de esta resina, demandando más de la mitad del producto en el año 2016. Países como Estados Unidos y Japón también se encuentran entre los principales consumidores del mercado actual de ABS, aunque cabe resaltar que Estados Unidos en los últimos 5 años ha experimentado una consolidación y racionalización de la capacidad de producción de este polímero, debido al decrecimiento de su demanda

(IHS Markit, 2017). A continuación, se presenta la Figura 1. En ella pueden observarse los países y autores líderes en publicaciones científicas en el tema tratado.

Los autores más destacados son Bertilsson, H., Boldizar, A. y Lui, X., quienes cuentan con 8, 6 y 6 publicaciones del tema investigado respectivamente. Estos tres investigadores pertenecen a uno de los países líderes encontrados en la búsqueda efectuada, Suecia.

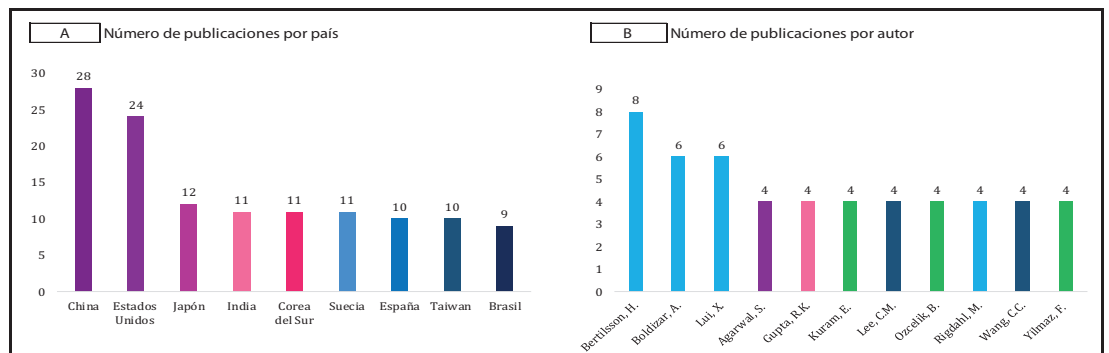


Figura 1: Líderes en publicaciones científicas: (A) número de publicaciones por país y (B) número de publicaciones por autor.

En la Figura 1, puede observarse que la suma de las publicaciones de estos tres autores es superior al total de publicaciones de Suecia, lo cual, es debido a la participación de dos o más autores en una misma publicación.

3.2. Producción científica en las instituciones y sus relaciones

La Institución con mayor número de publicaciones es *Chalmers University of Technology*, a la cual pertenecen dos de los autores principales: Boldizar, A. y Lui, X. Esta es una universidad de investigación intensiva, calificada en encuestas publicas anuales como la universidad más conocida y de más alta reputación de Suecia. Actualmente, esta institución se encuentra en el puesto 139 del ranking mundial de universidades (QS TOP Universities, 2017a), y es fuerte en áreas de investigación como ciencia de los materiales y producción sostenible (Chalmers University of Technology, 2017).

En continuación al número de publicaciones por afiliación, se encuentran las Instituciones *Ministry of Education China*, que es el Ministerio de Educación de la República Popular de China y tiene diversas responsabilidades, entre las cuales se destaca la de planear, guiar y promover la investigación de diversos campos en las instituciones de educación superior (Ministry of education of the people’s republic of China, 2017); y la *Universitat Politècnica de València*, que es una universidad española de alto prestigio y de carácter público, destacada en la investigación tecnológica de diversos campos, en

materia de patentes y actividades de investigación y desarrollo con diversas empresas. Actualmente ocupa el puesto 431 del ranking mundial de universidades (QS TOP Universities, 2017b).

En la Figura 2, se pueden apreciar las afiliaciones/instituciones con mayor número de publicaciones en el tema de interés.

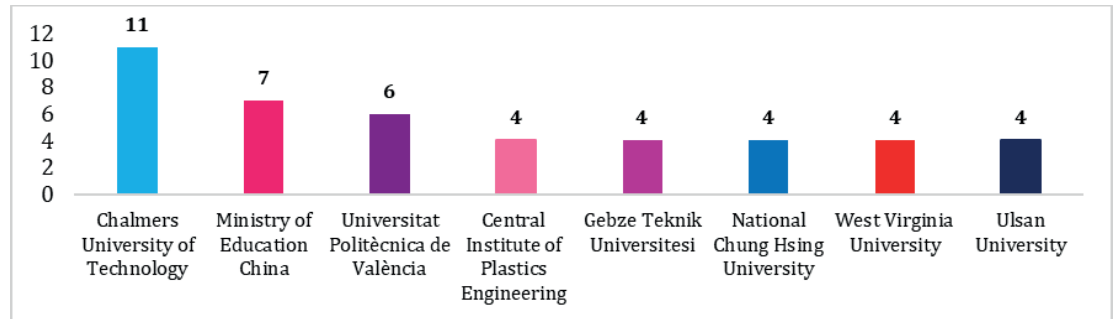


Figura 2: Número de publicaciones por Afiliación: Universidades pertenecientes a Suecia, China, España, India, Turquía, Taiwán, Estados Unidos y Corea del Sur respectivamente

A continuación, se presenta la Figura 3, en la cual se pueden apreciar las relaciones nacionales e internacionales de las instituciones líderes en el tema de reciclaje, reúso y/o reutilización de residuos de plástico ABS, con otras universidades y empresas.

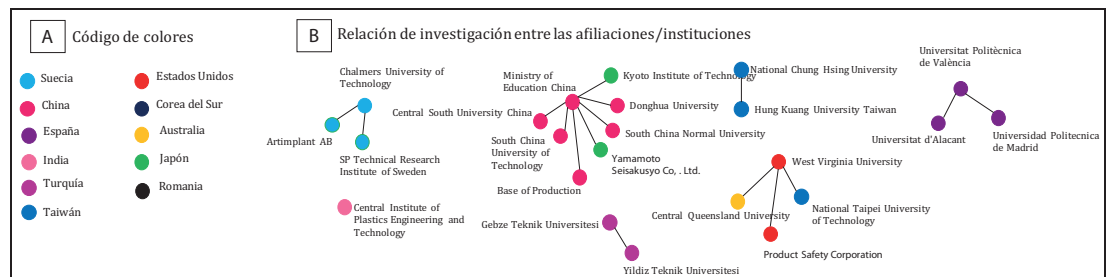


Figura 3: (A) código de colores por país de cada institución y (B) relaciones de las principales afiliaciones: en el centro se encuentra la principal institución y ligada a ella mediante una línea de color negro las instituciones con las cuales tiene relación

Se resalta que la institución con mayor número de relaciones es *Ministry of Education China*. Además, es preciso observar que, dos de las instituciones líderes en publicaciones científicas tienen una relación de investigación con empresas, como es el caso de *Ministry of Education China* y *West Virginia University* de Estados Unidos.

3.3. Madurez de la tecnología en publicaciones científicas

En la Figura 4, puede observarse que el año con mayor cantidad de publicaciones (16) es el 2014. Antes de 1999 se registran varios años sin producción científica en relación al tema de interés; Sin embargo, desde esta fecha en adelante, las publicaciones en

relación al tema estudiado, mantienen una tendencia creciente con intermitencia. Entre el año 2000 y el 2017 se encuentran el 86% de las publicaciones científicas.

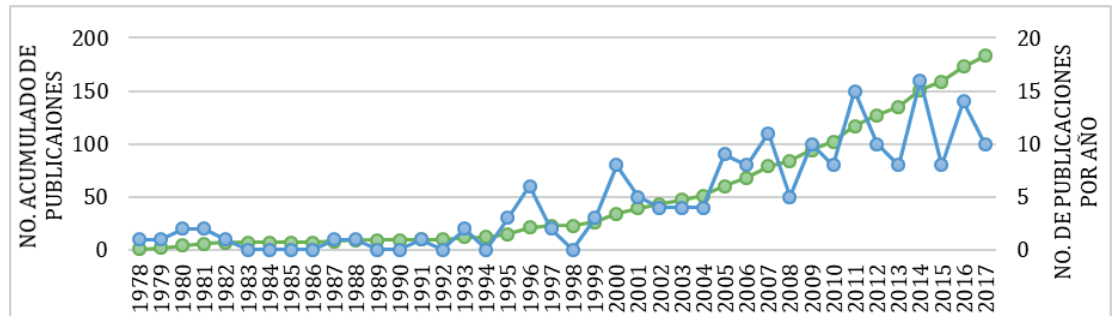


Figura 4: Número de publicaciones por año (línea azul), y madurez del tema (línea verde)

Aunque la adopción en masa de los plásticos radica desde 1950, la conciencia del reciclaje de estos materiales incrementa después de la llegada del primer “día de la Tierra” en 1970 (Bradbury, 2014). Unos años después, en 1988, se da la introducción de los símbolos triangulares de reciclaje para plásticos (American Chemistry Council, 2017). Las regulaciones para la racionalización de plásticos y su reciclaje incrementan su exigencia desde 1900 en adelante, debido a una principal problemática del momento, la alta cantidad de generación residuos de botellas plásticas. Por citar algunos ejemplos, en 1992, se constituye en España la “Fundación para los Plásticos y el Medio Ambiente”, la cual, agrupaba a los productores más importantes de materias plásticas, a sus transformadores y usuarios; y su fin era el de promover el uso racional de recursos y fomentar los sistemas de recolección, reutilización y reciclado para reducir el impacto ambiental asociado a estos materiales (González, 1993). En Europa la evolución del reciclaje de los plásticos está marcada por dos hitos clave: el sistema de gestión de residuos de envase (Sistema del Punto Verde) que inicio en 1998 y la Directiva 94/62/EC sobre envases y residuos de envases (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013). Por otro lado, en Estados Unidos, Pensilvania fue uno de los primeros estados en establecer leyes para el reciclaje, donde en 1988 nace la ley municipal de planificación de desechos, reciclaje y reducción de residuos (The Association of Plastic Recyclers, 2017).

4. Conclusiones

La ecuación de búsqueda refinada TITLE (“acrylonitrile butadiene styrene” OR abs OR “nitrile rubber copolymers” OR krylene) AND TITLE-ABS-KEY (waste OR recycling OR post-consumption), permitió tener un panorama general en cuanto a la producción científica a nivel mundial sobre el tema “alternativas para la recuperación y

aprovechamiento de residuos de plástico ABS en el mundo". Se encontró que los países líderes en publicaciones científicas son China, Estados Unidos y Japón, tres los lugares del mundo con mayor consumo de la resina de ABS virgen para la producción de diferentes bienes. Además, pudo evidenciarse que el autor con mayor número de publicaciones en el tema es Hans Bertilsson, de la universidad Swedish School of Textiles de Boras-Suecia. La institución con mayor número de publicaciones es Chalmers University of Technology, una de las universidades más reconocidas a nivel mundial, de mayor prestigio en Suecia y destacada por su alto enfoque en investigación.

De la información que brinda la madurez de la tecnología, se identificó que el tema "alternativas actuales que existen para la recuperación y aprovechamiento de residuos de plástico ABS" inicia su expansión principalmente desde el año 1999, fecha que coincide con la época del incremento de la exigencia reglamentaria respecto al reciclaje de plásticos y cuidado de los recursos y medio ambiente. Según la curva de madurez, el 86% de las publicaciones científicas se han realizado entre el año 2000 y el 2017, por lo cual, puede inferirse que el tema analizado en este estudio de VT&IC es de gran interés actualmente, y que variedad de científicos e instituciones trabajan para buscar soluciones que logren contribuir con el mayor aprovechamiento y mejor tratamiento de estos residuos plásticos.

En continuación al estudio de VT&IC se espera dar respuesta a todos los factores críticos planteados, con el fin de tomar decisiones para una futura investigación con base en el análisis de inteligencia competitiva final.

Es necesario reconocer que la VT&IC seguramente no dará respuesta a la totalidad de interrogantes referidos al tema, pero si disminuirá los factores de riesgo, lo que configura la necesidad de que este tipo de ejercicios se realicen de forma continuada y no como estudios aislados, con el objeto de orientar las investigaciones, generar nuevo conocimiento y hacer explotaciones comerciales en el reciclaje, reúso y/o reutilización de residuos de plástico ABS.

Referencias

- [1] American Chemistry Council. (2017). The History of Plastics Recycling. Retrieved from Plastics Make it Possible: <https://www.plasticsmakeitpossible.com/about-plastics/history-of-plastics/the-history-of-recycling-plastic/>
- [2] Bradbury, M. (2014). A BRIEF TIMELINE OF THE HISTORY OF RECYCLING. Retrieved from BUSCH SYSTEM - RESOURCE CENTER:

- <https://www.buschsystems.com/resource-center/page/a-brief-timeline-of-the-history-of-recycling>
- [3] British Plastics Federation. (2017). Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) and Other Specialist Styrenics. Retrieved from British Plastics Federation Web site: http://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/ABS_and_Other_Specialist_Styrenics.aspx
- [4] Castro, L. (2011). Los plásticos en el ámbito mundial. Retrieved from Clúster de Plástico Dominicano - Blog del Programa de Innovación Industrial: <https://airdplastico.wordpress.com/2011/06/02/los-plasticos-en-el-ambito-mundial/>
- [5] Chalmers University of Technology. (2017). CHALMERS. Retrieved from Chalmers University of Technology Web Site: <http://www.chalmers.se/en/Pages/default.aspx>
- [6] Enciclopedia Britannica Inc. (2017). Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer (ABS). Retrieved from Enciclopedia Britannica: <https://www.britannica.com/science/acrylonitrile-butadiene-styrene-copolymer>
- [7] Gonzáles, L. (1993). TESIS DOCTORAL: Marketing de reciclado. Retrieved from Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales: <http://biblioteca.ucm.es/tesis/19911996/S/2/S2003301.pdf>
- [8] Gourmelon, G. (2015). New Worldwatch Institute analysis explores trends in global plastic consumption and recycling. Retrieved from Global Plastic Production Rises, Recycling Lags: <http://www.worldwatch.org/global-plastic-production-rises-recycling-lags-o>
- [9] IHS Markit. (2017). Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Resins (ABS). Retrieved from Chemical Economics Handbook: <https://www.ih.com/products/acrylonitrile-butadiene-styrene-chemical-economics-handbook.html>
- [10] International Organization for Standardization. (2017). ISO 11469:2016 - Plastics - Generic identification and marking of plastics products. Retrieved from Standards Catalogue: <https://www.iso.org/standard/63434.html>
- [11] Mallampati, S., Lee, B., Mitoma, Y., & Simion, C. (2017). Selective sequential separation of ABS/HIPS and PVC from automobile and electronic waste shredder residue by hybrid nano-Fe/Ca/CaO assisted ozonisation process. *Waste Management*, Vol. 60, pp 428-438.
- [12] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2013). Las grandes compañías del mundo se empiezan a preocupar seriamente por el medio ambiente.. Retrieved from Residuos Utilizables en

- Construcción: <http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/37/residuos-plasticos/volumen-y-distribucion-/245/generacion-de-residuos-plasticos-en-espana.html>
- [13] Ministry of education of the people's republic of China. (2017). The Responsibilities Of the Ministry of Education. Retrieved from About the Ministry: http://en.moe.gov.cn/About_the_Ministry/What_We_Do/201506/t20150626_191288.html
- [14] Plastics Europe. (2016). An analysis of European plastics production, demand and waste data. Retrieved from Plastics – the Facts 2016: http://www.plasticseurope.org/documents/document/20161014113313-plastics_the_facts_2016_final_version.pdf
- [15] QS TOP Universities. (2017a). Chalmers University of Technology. Retrieved from OVERVIEW: <https://www.topuniversities.com/universities/chalmers-university-technology#wurs>
- [16] QS TOP Universities. (2017b). Universitat Politècnica de València. Retrieved from OVERVIEW: <https://www.topuniversities.com/universities/universitat-polit%C3%A8cnica-de-val%C3%A8ncia#wurs>
- [17] Schwesig, A., & Riise, B. (2017). PC/ABS recovered from shredded waste electrical and electronics equipment. *Plastics Engineering*, Vol. 72, pp 32-37.
- [18] The Association of Plastic Recyclers. (2017). MUNICIPAL WASTE PLANNING, RECYCLING AND WASTE REDUCTION ACT. Retrieved from Mandatory Plastic Recycling Legislation: <http://www.plasticsrecycling.org/state-recycling/mandatory-plastic-recycling-legislation>
- [19] Thuong, N., Mao, N., Phuong-Quynh, B., & Bach, L. (2017). Preparation and characterization of properties of acrylonitrile butadiene styrene waste plastic blended with virgin styrene butadiene rubber. *Key Engineering Materials*, Vol. 718, pp 3-9.
- [20] Vazquez, Y., & Barbosa, S. (2017). Process Window for Direct Recycling of Acrylonitrile-Butadiene-Styrene and High-Impact Polystyrene from Electrical and Electronic Equipment Waste. *Waste Management*, Vol 59, pp 403-408.

Autorización y Exoneración de responsabilidad

“Los autores autorizan a ESTEC a publicar los documentos en los procedimientos de la conferencia. ESTEC y los editores no son responsables del contenido ni de las implicaciones de lo que se expresa en el documento”.