

# CONSIDERACIONES GENERALES DEL PROCESO DE CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS MEDIANTE EL CÓDIGO INTERNACIONAL “SPI”.

**Dr. C. Eduardo Torres Alpízar<sup>1</sup>**

*1. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca  
Km.3, Matanzas, Cuba.*

## **Resumen**

El reciclaje de los residuos plásticos representa una importante alternativa a desarrollar por parte del Gobierno Cubano; el saneamiento ambiental; el desarrollo de una industria capaz de exportar productos y de sustituir exportaciones con una importante captación y ahorro de divisas, resulta una priorizada meta para la economía cubana. El potencial de residuos plásticos en el país es considerable, pero se hace necesario contabilizarlo y tenerlos debidamente localizado para desarrollar todas las medidas que contribuyan a su adecuada explotación. El presente trabajo constituye un análisis preliminar para valorar cómo se desarrollan los procesos de clasificación de los residuos plásticos en las Empresas de Materias Primas de la República de Cuba. En el mismo se propone implementar en las entidades cubanas la clasificación de los materiales plásticos mediante la utilización del Código Internacional SPI, el cual permite identificar con facilidad de que material está elaborado un producto fabricado de plástico.

*Palabras claves: ingeniería de materiales, residuos plásticos, polímeros, reciclado mecánico, Código Internacional SPI*

---

## Introducción.

Reciclar es actualmente una de las acciones más importantes para reducir los impactos producidos por los desechos de materiales poliméricos, y representa una de las áreas más dinámicas en la industria de plásticos. No solo proporciona oportunidades de reducir el uso del petróleo (por cada dos toneladas de plástico que se recicla, se ahorra una tonelada de petróleo), sino que permite disminuir las emisiones de dióxido de carbono y otros químicos al medioambiente. Reciclar puede verse como un ejemplo actual de llevar a cabo el concepto de ecología industrial, si se considera que en un ecosistema natural no hay basura, solo productos.

El provecho que se obtenga de los procesos de reciclado es fuertemente dependiente de lo perfecta que sea su ejecución, del costo y de la posible reutilización de los productos recuperados. La eficiencia del reciclado de plásticos como método de gestión ambiental está ligada a la eficiencia de los procedimientos para llevarlo a cabo (Rodríguez – Bruceta, et al; 2015).

El reciclado de plásticos en Cuba se encuentra en una etapa incipiente. Se focaliza en el reciclado de los propios desechos industriales de empresas transformadoras de plásticos y trabajos investigativos de algunos centros de investigación como las universidades de Holguín, La Habana y Las Villas. Su principal limitación es la no existencia de tecnologías avanzadas para este fin y el reciclado (transformación) que hacen los artesanos (Rodríguez – Bruceta, et al; 2015).

Incrementar el valor agregado de los desechos reciclables con mayor clasificación, compactación y mejor procesamiento en el período 2018-2030 es una de las ideas gubernamentales que integra la estrategia de desarrollo del reciclaje en Cuba. Destaca, además, la necesidad de continuar el trabajo en los sectores estratégicos que inciden directamente en el reciclaje como la construcción, turismo e industria alimentaria.

Introducir servicios de recogida de desechos reciclables puerta a puerta, fundamentalmente en las principales ciudades provinciales y promover este sistema entre los trabajadores por cuenta propia. Igualmente sobresale la importancia de habilitar un número telefónico y correo electrónico mediante los cuales las personas puedan solicitar el servicio de recogida sin costo alguno.

Su gran importancia serán las campañas de recolección asociadas a eventos de gran participación popular como conciertos, fiestas populares y actos. Lograr sanear el medioambiente de productos contaminantes como el plástico será un sueño posible si proyectos e ideas se materializan y las personas aprenden a reciclar para poder disfrutar de mares limpios y aire puro (Cubahora, 2019).

En tal sentido, de las visitas realizadas durante el trabajo investigativo a la nave donde se empacan los residuos plásticos en la Empresa de Materias Primas de Matanzas se pudo detectar la siguiente *Situación Problemática*:

- Se realiza el empaqueo de los residuos plásticos empleando solamente como criterio de clasificación que estos sean plásticos de alta densidad, o plásticos de baja densidad, con la excepción del Polietileno de Tereftalato (PET) el cual se empaqua por separado.

Relacionado con la situación problemática se estableció como *Problema Investigativo* que:

- No se emplea en la Empresa de Materias Primas de Matanzas la clasificación de los materiales plásticos mediante la utilización del Código Internacional SPI, el cual permite identificar con facilidad de que material está elaborado un producto fabricado de plástico.

Para solucionar el Problema Investigativo se estableció la siguiente *Hipótesis*:

- La clasificación de los residuos plásticos mediante el empleo de la utilización del Código Internacional SPI (Sociedad de Industria del Plástico), permitiría una rápida identificación de los plásticos que componen los desechos reciclados en la Empresa de Materias Primas de Matanzas.

*Objetivo Principal:*

- Proponer a la Empresa de Materias Primas de Matanzas la clasificación de los residuos plásticos mediante el empleo del Código Internacional SPI.

*Objetivos complementarios:*

1. Capacitar a los operarios de la Empresa de Recuperación de Materias Primas de Matanzas en el empleo del Código Internacional SPI.
2. Proponer la aplicación de la clasificación de los residuos de plásticos en la Empresa de Recuperación de Materias Primas de Matanzas mediante el empleo del Código Internacional SPI.

## **Materiales y métodos.**

De acuerdo a (Sánchez Abreu, 2015) la situación problemática enunciada en la introducción del reporte técnico se enmarca en el conjunto de incumplimientos detectados en su trabajo de investigación y que se relacionan con el cumplimiento de la Ley 1288/75 en todo el territorio nacional de la República de Cuba.

Esta Ley establece la obligatoriedad por parte de las empresas estatales de la clasificación de los residuos reciclables en su fuente de origen, y de velar por su protección y entrega a las empresas que se ocupan de la recuperación de las materias primas. Anualmente se ejecutan más de 400 inspecciones al cumplimiento de las normas jurídicas por parte de las entidades estatales subordinadas a los diferentes Organismos de la Administración Central del Estado y los Consejos de Administración Provinciales, obteniendo la mayoría de estas empresas deficientes resultados asociados a los siguientes problemas:

1. Incumplimiento de las normas técnicas de conservación y acondicionamiento de los desechos reciclables.
2. Lento proceso de aprobación de las bajas técnicas de los equipos en desuso.
3. Insuficiente logística para llevar a cabo la recuperación en las diferentes fuentes generadoras de residuos reciclables.
4. Ineficiente política de precios para los residuos reciclables que no tiene en cuenta el valor de estos materiales en el mercado internacional.
5. Falta de uniformidad en las normas jurídicas para fijar los precios de los productos reciclables.
6. Falta de estimulación para elaborar productos con mayor valor agregado a partir de materia prima reciclada.
7. Existencia de contratos no actualizados entre las partes, falta de seguimiento al cumplimiento de las cláusulas pactadas y ausencia de reclamaciones legales para los incumplimientos.
8. Existen empresas y organismos que no tienen definido el potencial y los planes de generación y entrega de los residuos reciclables.
9. Se envían a los vertederos residuos reciclables.
10. Incumplimiento en la entrega de los residuos reciclables.
11. Existen entidades que desconocen por completo la existencia de esta ley.
12. Entidades que no cuentan con un registro de entrega de los residuos reciclables que generan.
13. En la mayoría de las entidades y organismos no se cuenta con el personal seleccionado y preparado para cumplir con la tarea recuperativa.

De acuerdo a (Manual de Gestión Integral, 2016), La dificultad en reciclar los residuos plásticos reside, justamente, en el hecho que estos se encuentran todos mezclados, lo cual obliga a separar los diferentes tipos, por ser incompatibles entre sí y no poder ser procesados por un equipo convencional. Por lo que los recicladores procuran adquirir la materia prima deseada previamente separada, a pesar de que siempre hace falta proceder a una inspección ocular para separar los plásticos indeseados, los cuales invariablemente están presentes en cada lote recibido.

## ¿Cómo identificar los tipos de plástico?

Según (Manual de Gestión Integral, 2016), la separación de los diferentes plásticos por tipo de resina es un problema que no ha sido resuelto, siendo uno de los motivos que restringe el reciclaje de los plásticos. A pesar de los muchos estudios e investigaciones ya realizadas o en proceso, no se ha llegado hasta hoy, a un sistema que pueda, de manera rápida, automática y eficiente, realizar la perfecta separación de los plásticos. Muchos artículos se fabrican con más de un tipo de resina, lo cual complica aún más la separación.

Buscando una rápida identificación, se ha diseñado una codificación de las resinas utilizadas en la fabricación de artículos de plástico. La idea es imprimir o marcar en el artículo, en su embalaje o en un rótulo, el código correspondiente a la resina utilizada, o a las dominantes en caso de que se trate de una mezcla, de acuerdo con el sistema presentado en la Figura 2.1. La situación mejor es la de grabar el código en el producto mismo en los casos que sea posible, para evitar contaminar con tinta el material. Esto es aplicable cuando existen moldes o paredes gruesas, pero es muy difícil en láminas finas.

Este sistema fue desarrollado por la Sociedad de Industria del Plástico (SPI) para ayudar a los recicladores a identificar y separar los plásticos manualmente, mientras se logra idear un sistema automático que cumpla esta tarea.



Figura 2.1: Sistema Internacional de Codificación de Plásticos (Código SPI).



### *Polietileno Tereftalato (PET). (Ecoplast, 2011)*

El PET se recicla de la siguiente forma: Una vez recolectado, los envases de PET van a las estaciones de reciclado donde son molidos en forma de scraps. Los scraps son separados y lavados de acuerdo con las especificaciones del mercado. El PET recuperado luego es vendido a los fabricantes quienes lo convierten en productos útiles.

En Estados Unidos, alrededor de un 75% del PET recuperado se usa para hacer fibras de alfombras, ropa y geotextiles. La mayor parte del 25% remanente es extruido en hojas para termoformado, inyectado/soplado en envases para productos no alimenticios, o compuesto para aplicaciones de moldeo. Ver Fig. 2.2.



Fig. 2.2: Envases elaborados con PET reciclado.

El PET también puede ser depolimerizado a través de metanólisis o glicólisis. Dichos procesos someten al PET a una reacción química que lo reduce a sus monómeros o a sus materias primas originales. El resultante luego es purificado o vuelto a reaccionar, dando un nuevo PET que puede usarse para envases de alimentos, etc.

En algunos lugares, el PET es usado para envases de alimentos a través de su transformación en la lámina central de una estructura multilaminada o por limpieza especial.

La incineración con recuperación energética representa el 17% de la disposición de los residuos sólidos en EE.UU. El PET tiene un alto valor de incineración de 23.26 MJ/kg. Como los envases de PET no contienen halógenos, azufre o nitrógeno, los productos de la combustión completa son compuestos que contienen hidrógeno, oxígeno y carbono.

En el Perú el PET reciclado es usado en la fabricación de calaminas plásticas; y para la elaboración de menaje doméstico.

#### *Polietileno (PE). (Ecoplast, 2011).*

Dentro de este tipo de plásticos encontramos el polietileno de alta densidad (2 HDPE) y el polietileno de baja densidad (4 LDPE). El polietileno reciclado es utilizado para fabricar bolsas de residuos, caños, madera plástica para postes, marcos, film para agricultura, etc.

El polietileno, como todo residuo plástico, contiene energía comparable con la de los combustibles fósiles, de ahí que constituye una excelente alternativa para ser usado como combustible para producir energía eléctrica y calor (poder calorífico 46 MJ/kg [31]).

El polietileno, al igual que otros plásticos, es un material demasiado valioso como para desecharlo; por lo que su valorización es siempre la opción preferible para su tratamiento.

Pero de no mediar otra opción, si tienen que ser enterrados en un relleno sanitario, es importante saber que los residuos de polietileno son absolutamente inocuos para el medio ambiente. Por su naturaleza son inertes y no sufren degradación lo cual nos garantiza que no generan lixiviados de productos de degradación, líquidos o gases que puedan emitirse al suelo, aire o aguas subterráneas.



*Polietileno de alta densidad (HDPE). (Ecoplast, 2011).*

Los artículos de consumo más frecuentemente producidos a partir de HDPE reciclado son botellas de detergentes y recipientes para aceite de motor. Las botellas se hacen generalmente en tres capas, la capa intermedia contiene el material reciclado. La capa interior de resina virgen proporciona una barrera fiable y la capa exterior el color y un aspecto uniforme. El HDPE reciclado se utiliza también para envolturas protectoras, bolsas de plástico, tuberías y productos moldeados como juguetes y cubos. Ver Fig. 2.3.



Fig. 2.3. Artículos elaborados con HDPE reciclado



*Policloruro de vinilo (PVC). (Ecoplast, 2011).*

Los productos típicamente reciclados incluyen: recipientes que no son para comida, cortinas para duchas, recubrimientos para tolvas de camiones, alfombras de plástico para laboratorios, suelas de calzado, mangueras, azulejos de suelo, tuberías de riego, tuberías de drenaje, accesorios, tiestos para plantas, juguetes, láminas y piezas moldeadas. Ver Fig. 2.4.



Fig. 2.4. Piezas elaboradas con PVC reciclado.

Químicamente, el PVC puede ser reciclado mediante degradación térmica, la cual se inicia siempre por la emisión de HCl, formando una poliolefina que se descompone

posteriormente. Se comprende así que la presencia de PVC en la mezcla de partida afecta la termólisis de todos los demás polímeros.

El mayor problema con el reciclaje de PVC se presenta con la recogida y la selección. La mayor parte de la selección se realiza a mano, basándose bien en los códigos de identificación o bien la línea “sonrisa” característica del fondo de las botellas de PVC moldeadas mediante soplado. La Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA por sus siglas en inglés) y los productores de resina han proporcionado fondos para investigar acerca de la selección; la empresa National Recovery Technologies ha empleado procesos electromagnéticos para detectar cloro en los plásticos, y el Centro para la Investigación del Reciclaje de Plásticos ha utilizado técnicas de radiación, pero ningún proceso, de momento, es rentable para su explotación a escala real.



*Polietileno de baja densidad (LDPE) (Ecoplast, 2011).*

De este plástico se constituyen las bolsas (Fig. 2.5). Para su reciclado, las bolsas se seleccionan manualmente para separar contaminantes, se procesan mediante molienda, lavado y peletización. El mayor problema es que la tintas de impresión en las bolsas originales producen un regranulado de color oscuro; la solución ha sido la utilización de colorantes oscuros (como en las bolsas de recortes de césped y de basura) o la impresión sobre el color mezclado. Otros usos son los protectores de plástico utilizados para los camiones, donde las cuerdas y cables tocan el cargamento, y productos de plásticos mezclados (HDPE, LDPE y PP).



Fig. 2.5. Bolsas elaboradas con LDPE reciclado.



*Polipropileno (PP). (Ecoplast, 2011)*

La mayor parte del polipropileno reciclado se deja en scraps mezclados, utilizados solamente para productos con bajas especificaciones como tabla de plástico, muebles de jardín, cajas, pilotes, postes y vallas. También se utiliza para elaborar pitas de rafia, baldes y conos. Los procesadores de baterías ácidas de plomo también recuperan polipropileno para usarlo en nuevas baterías. En los Estados Unidos se recicla el 45% del PP de las baterías post-consumo para la fabricación de nuevas baterías (Ver fig. 2.6). También puede



ser usado como combustible para producir energía eléctrica y calor, ya que tiene un poder calorífico de 45.9 MJ/kg, ligeramente menor al polietileno.



Fig. 2.6. Caja elaborada con PP reciclado



*Poliestireno (PS) (Ecoplast, 2011).*

Las mejoras tecnológicas en la fabricación de la resina, sumadas a la utilización de diseños innovadores de los productos permiten que los envases de alimentos hayan tenido una considerable disminución de peso. Por ejemplo, un envase de poliestireno para 125 g de yogur pesaba, en 1978, 6,5 g y en la actualidad pesa 3,5 g.

Los diferentes tipos de envases o contenedores de comida de PS pueden recuperarse separadamente o juntos. El PS reciclado se utiliza para fabricar tabla de espuma aislante de cimentación, accesorios de oficina, bandejas para servir comida, recipientes de basura, aislamiento, macetas, hueveras y productos moldeados por inyección. Así también es utilizado para la producción de tacos para calzado, juguetes, pegamento y botones. Ver Fig. 2.7.

Por medio de la termólisis se recuperan los monómeros de partida. Otra alternativa es la utilización del poliestireno como fuente de energía y calor, ya que cuenta con un poder calorífico de 41.2 MJ/kg [31].



Fig. 2.7 Artículos elaborados con PS reciclado



*Otros (plásticos mezclados y multilaminados) (Ecoplast, 2011).*

En este rubro se incluyen una enorme variedad de plásticos tales como: policarbonato (PC); poliamida (PA); ABS; SAN; EVA; poliuretano (PU); PMMA, etc., utilizados en los electrodomésticos, aparatos telefónicos, revestimientos diversos. Se puede desarrollar un tipo de plástico para cada aplicación específica.

Muchas veces, se utilizan flujos mezclados de plásticos usados (especialmente polietileno y polipropileno) para producir resinas para los fabricantes de productos grandes que no requieren especificaciones estrictas de resinas, tales como bancos de jardín, mesas, defensas para coches, postes para vallas, vigas, paletas y estacas. Como los plásticos no están seleccionados, los procesadores pueden obtener su alimentación a un bajo coste. El PET se mantiene fuera porque se funde a temperaturas más altas que las otras resinas y forma inclusiones en el producto final.

A través de la gasificación se puede obtener gas de síntesis a partir de mezclas de plásticos, incluso con otros tipos de residuos.

Otros plásticos pueden ser reciclados químicamente mediante los procesos antes mencionados; como por ejemplo: Los policarbonatos se reciclan por hidrólisis con hidróxido sódico acuoso permitiendo recuperar el bisfenol. Los poliuretanos mediante degradación química por etilenglicol o por agua producen polioles y diaminas. De manera similar, la hidrólisis de poliamidas conduce a e-caprolactama a partir de nilón-6, o ácido adípico y hexametildiamina cuando la poliamida es el nilón-6,6.

## Análisis de los resultados.

**Figura 3.1:** Imágenes fotográficas con ejemplos de la aplicación del Código Internacional SPI en diversos recipientes fabricados de plástico. (Ecoembes, 2016)



Polietileno Tereftalato (PET)



Polietileno de alta densidad (HDPE).



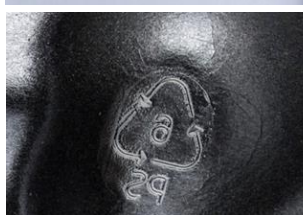
Policloruro de vinilo (PVC).



Polietileno de baja densidad (LDPE)



Polipropileno (PP).



Poliestireno (PS)



Otros (plásticos mezclados y multilaminados)

Con la información recogida en este reporte técnico la Empresa Provincial de Materias Primas de Matanzas podrá, como paso inicial en el proceso de clasificación de los residuos plásticos, comenzar a emplear el Código Internacional SPI. De acuerdo a la revisión bibliográfica, y de las tendencias en el reciclado de los plásticos a nivel mundial, es de esperar que la venta de residuos plásticos compuestos de virutas o pellets de un solo tipo de polímero permita incrementar los ingresos de la entidad.

Por su carácter iniciático, el presente reporte no aborda un estudio preliminar del efecto económico de la venta de los residuos plásticos clasificados por el Código SPI, el cual se deberá calcular como paso previo a la implementación en la Empresa de una metodología de clasificación a partir del anteriormente mencionado código SPI.

El trabajo práctico deberá incluir la capacitación de los operarios en el conocimiento y uso del código internacional SPI, y el acondicionamiento del área de trabajo para comenzar a clasificar siguiendo estos nuevos criterios.

La búsqueda bibliográfica indicó además que la clasificación es un proceso previo al resto de las actividades que se desarrollan durante el reciclado. En la continuidad del trabajo se abordarán los pasos que se deberán seguir durante el reciclado mecánico de los residuos plásticos una vez clasificados. También se analizará la información técnica relacionada con la clasificación de los residuos de plásticos mediante el empleo de la decantación de los mismos en base a sus diferentes densidades.

## **Conclusiones y recomendaciones.**

Durante esta etapa del proceso investigativo se alcanzaron las siguientes conclusiones y recomendaciones:

### *Conclusiones:*

1. En la Empresa de Materias Primas de Matanzas no se clasifican los residuos plásticos tomando en cuenta el Código de Clasificación Internacional SPI.
2. Con la información técnica recogida en el presente reporte técnico es posible capacitar a técnicos y obreros de la Empresa de Materias Primas de Matanzas en el empleo del Código de Clasificación Internacional SPI durante el proceso de clasificación de residuos plásticos.
3. De acuerdo a la revisión bibliográfica, y de las tendencias en el reciclado de los plásticos a nivel mundial, es de esperar que la venta de residuos plásticos

compuestos de virutas o pellets de un solo tipo de polímero permita incrementar los ingresos de la entidad.

#### *Recomendaciones:*

1. Realizar un cálculo previo del efecto económico de la venta de los residuos plásticos clasificados por el Código SPI, como paso previo a la implementación en la Empresa de una metodología de clasificación a partir del anteriormente mencionado código SPI.
2. Capacitar a los operarios en el conocimiento y uso del código internacional SPI de clasificación de residuos plásticos.
3. Ejecutar el acondicionamiento del área de trabajo para comenzar a clasificar siguiendo el código internacional SPI de clasificación de residuos plásticos.

#### **Bibliografía.**

ARANDEZ, M. et al. Reciclado de residuos plásticos. Revista Iberoamericana de Polímeros. Volumen 5(1), Marzo de 2004. 18 pp

ECOEMBES. Envases de plástico. Diseña para reciclar. Recoup. UK. Ecoembes. 2016. 76 pp.

ECOPLAS. Manual de valorización de los residuos plásticos. Buenos Aires. 5a Edición Ampliada y Actualizada. 2011. 154 pp.

HACHI QUINTANA, JOSÉ GABRIEL; RODRÍGUEZ MEJÍA JUAN DIEGO. Estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno de tereftalato (PET). Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador. Tesis de Grado. Guayaquil. 2010. 237 pp

OSORIO DELGADO, PAZ et al. Reutilización y reciclaje de bolsas y botellas plásticas. Informe de tecnologías de dominio público. Número 82. INAPI. 2018. 26 pp.

PLÁSTICOS. Manual de gestión integral. Residuos sólidos urbanos. 2019. 16 pp

PRENSA LATINA. Nuevo uso para plásticos desechados. Cubahora. 12 de octubre de 2018. Disponible en la World Wide Web en: <http://www.cubahora.cu>

SANCHEZ ABREU, JOSÉ E. El reciclaje de los residuos plásticos y sus oportunidades para Cuba. Caribeña de Ciencias Sociales. ISSN: 2254-7630. Abril 2015. Disponible en la World Wide Web en: <http://www.eumed.net/>

SOLANO ALBUJA, XIMENA DEL ROCÍO; VERA RIOS, ERALDO GONZALO. Estudio de mercado para la implementación de un proyecto de reciclaje de plástico en el Distrito Metropolitano de Quito. Escuela Politécnica Del Ejército. Sangolquí, noviembre del 2011. 68 pp



---

*CD Monografías 2019*  
*(c) 2019, Universidad de Matanzas*  
*ISBN: 978-959-16-4317-9*