

# Recuperación de Policloruro de Vinilo (PVC) a Partir de Tarjetas de Identificación para la Obtención de Materiales Plastificados

Inca Fernando<sup>1</sup>; Quiroz Francisco<sup>1</sup>; Aldás Miguel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela Politécnica Nacional, Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Quito, Ecuador

**Resumen:** El presente trabajo tuvo como objetivo la recuperación del PVC proveniente de tarjetas plásticas de identificación. Inicialmente se caracterizaron las tarjetas mediante FTIR, DSC, TGA, dureza y ensayo tracción-deformación. En la obtención de un primer producto, a las tarjetas se les redujo su tamaño hasta  $D_p = 400 \mu\text{m}$ , luego al resultado se plastificó mediante DOP y DIBP, a dos concentraciones. El producto obtenido se caracterizó mediante DSC y ensayo tracción-deformación, el cual determinó una elongación a la rotura superior a 140 %. En la obtención de un segundo producto se empleó una disolución de las tarjetas, separación de cargas, plastificación, recuperación de solvente y un secado. Como solventes se emplearon el tetrahidrofurano y ciclohexanona, y como plastificantes el DOP y DIBP, a dos concentraciones. Este producto se caracterizó mediante FTIR, DSC, TGA, dureza y ensayo tracción-deformación, el cual determinó una elongación a la rotura superior a 500 %.

**Palabras clave:** reciclaje, PVC, tarjetas plásticas de identificación, plastificante, DOP, DIBP.

## Recovery of Polyvinyl Chloride (PVC) from ID cards to Obtain Plasticized Materials

**Abstract:** This study aimed the recovering of PVC from plastic ID cards. Initially the cards were characterized by FTIR, DSC, TGA, hardness and tensile-strain properties. To obtain a first product, the cards were reduced in size to  $D_p = 400 \mu\text{m}$ . Then, they were plasticized with DOP and DIBP, at two concentrations. The product obtained was characterized by DSC and tensile-strain properties, where it was determined an elongation at break greater than 140 %. To obtain a second product, the process consisted in: dissolution of cards, fillers separation, mix with a plasticizer, solvent recovery and drying of the product. As solvents, tetrahydrofuran and cyclohexanone were used. As plasticizers, DOP and DIBP at two concentrations were used. This second product was characterized by FTIR, DSC, TGA, hardness and tensile-strain properties, where it was determined an elongation at break greater than 500 %.

**Keywords:** recycling, PVC, ID cards, plasticizer, DOP, DIBP.

### 1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, la producción nacional de tarjetas plásticas de crédito a octubre de 2011 se estimaba en el orden de 22,13 millones, emitidas solamente por los Bancos Privados y 3 millones las tarjetas emitidas por casas comerciales que son administradas y respaldadas por los bancos privados (Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2012).

Debido a la gran cantidad de producción y consumo de las tarjetas de identificación plásticas (carnets, identificaciones empresariales, seguros privados, entre otras) se dispone de una cantidad considerable de desechos de dichas tarjetas.

Con base en las cifras antes mencionadas y bajo la consideración de que este tipo de tarjetas se desechan con frecuencia, ya sea por caducidad o por desgaste de las mismas, se puede inferir que la cantidad de residuos de este

tipo de material que se generan es considerable y la cual no tiene un tratamiento adecuado (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, 2013; Plastics Europe, 2013).

El presente proyecto tuvo como finalidad aprovechar el PVC de estas tarjetas para la obtención de materiales flexibles, y mediante diferentes ensayos comparar sus propiedades. Por esta razón se planteó experimentar con dos procesos de reciclaje diferentes, para determinar los parámetros adecuados de procesamiento que permitan aprovechar de mejor manera los materiales presentes en este tipo de tarjetas plásticas.

### 2. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1. Materiales

Las tarjetas de identificación a ser recicladas, fuente del PVC usado en la obtención de todos los productos, fueron

miguel.aldas@epn.edu.ec

recolectadas de una compañía de seguro médico de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador. Se recolectaron tres tipos de tarjetas, las cuales fueron analizadas respectivamente.

En la disolución a las tarjetas plásticas se emplearon tetrahidrofurano (THF) y ciclohexanona (CH), por separado, de grado analítico.

En la plastificación del PVC, se usaron el DOP (diocilftalato) y DIBP (di-isobutilftalato), de grado analítico.

## 2.2. Métodos

Las mediciones experimentales en todos los análisis y ensayos se realizaron de acuerdo a normas ASTM. Con los resultados obtenidos se determinaron los valores promedio y las desviaciones estándar.

### 2.2.1. Obtención de los materiales plastificados

- *Primer producto*

Para obtener el primer producto se mezclaron las tarjetas con  $D_p = 400 \mu\text{m}$  (obtenido mediante lijado y tamizado) junto con el plastificante respectivo (DOP o DIBP), en un recipiente plástico de 1 L. La agitación se la realizó mediante un agitador mecánico marca TLINE modelo 102, a 3 000 rpm por un tiempo máximo de 5 minutos.

De la mezcla obtenida se pesaron 20 g, mediante una balanza Denver Instrument Company AA-200, 200 g, 0,0001 g, y se colocaron entre dos placas metálicas. El sistema se colocó en una prensa calefactora a 130 °C y 11 t, durante un tiempo de 20 segundos.

- *Segundo producto*

Para obtener el segundo producto, primero se separó el PVC de las cargas que contenía. Para esto, el proceso seguido fue: una disolución de las tarjetas, separación de cargas e insolubles mediante una centrifugación. Luego, a la solución resultante se realizó la plastificación, junto con la recuperación del solvente. Finalmente, se realizó un secado a las placas obtenidas.

La separación de las cargas e insolubles del PVC, se hizo mediante tres ciclos de centrifugación, a 4 000 rpm durante un tiempo de 20 min, en una centrífuga HealForce, modelo NEOFUGE 15 y el secado a 40 y 120 °C, para el THF y CH, respectivamente, en una estufa MMM Group, modelo Venticell 55.

### 2.2.2. Caracterización de la materia prima y productos obtenidos

- *Espectroscopía de infrarrojo (FTIR)*

Tanto la materia prima (tarjetas plásticas de identificación), así como los diferentes productos obtenidos, se analizaron por transmisión desde los 4 000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ , y mediante

reflectancia total atenuada (ATR) desde los 4 000 a 600  $\text{cm}^{-1}$  en un espectrofotómetro Perkin Elmer modelo SpectrumOne.

- *Temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub>)*

La materia prima recolectada (tarjetas de identificación) fue molida hasta un  $D_p = 40 \mu\text{m}$ . Luego de lo cual, se pesó aproximadamente 20 mg, y se colocó en una celda de aluminio para posteriormente ser sellada. Se utilizó una celda vacía como referencia. Para todas las muestras se efectuó una sola repetición, para salvaguardar el equipo de cualquier vapor generado del PVC.

Los barridos (calentamientos y enfriamientos) se efectuaron en un Calorímetro TA modelo Q2000, en una atmósfera de nitrógeno con flujo de 20 mL/min. Las condiciones a las que se trabajó se detallan a continuación:

a) Primer calentamiento: desde -80 hasta 90 °C a una tasa de calentamiento de 20 °C/min

b) Paso Isotermal: se mantuvo la temperatura de 90 °C durante 15 min

c) Primer enfriamiento: desde 90 hasta -80 °C a una tasa de enfriamiento de 20 °C/min

d) Segundo calentamiento: desde -80 hasta 90 °C a una tasa de calentamiento de 20 °C/min

e) Paso Isotermal: se mantuvo la temperatura de 90 °C durante 15 min

f) Segundo enfriamiento: desde 90 °C hasta temperatura ambiente a una tasa de enfriamiento de 20 °C/min

Para la determinación de la temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub>), se usó el método de la primera derivada, a partir del termograma obtenido en el segundo calentamiento.

- *Análisis termogravimétrico*

De las tarjetas plásticas y de los productos plastificados, se tomaron aproximadamente 10 mg, y se colocaron en un equipo marca TA modelo Q500. El ensayo se llevó a cabo en una atmósfera de nitrógeno con flujo de 50 mL/min, desde la temperatura ambiental hasta 800 °C.

- *Ensayo de tracción-deformación*

El ensayo de tracción-deformación se realizó de acuerdo a la norma ASTM D638, probeta número IV. Los productos obtenidos se cortaron en una máquina troqueladora marca CEAST tipo 6051, y se procedió a ensayar cada uno en un equipo de ensayos universal marca INSTRON modelo I0II, a una velocidad de ensayo de 50 mm/min.

- *Ensayo de dureza*

La dureza se determinó mediante la norma ASTM D2240-05, la cual menciona un espesor mínimo de 6 mm del material a

ensayarse. Debido al espesor de las tarjetas (0,70 mm) y productos obtenidos (2,00 mm), se apilaron varias muestras (una sobre otra) y sobre estas se hicieron las respectivas mediciones de dureza en la escala Shore A.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Caracterización de la materia prima

##### 3.1.1. Análisis por Espectroscopía de infrarrojo (FTIR)

El análisis aplicado a los tres tipos de tarjetas mostraron espectros IR similares para todas las muestras (tarjetas tipo 1, 2 y 3). En el espectro se puede observar las bandas características del PVC, es decir aquellas que se encuentran en los  $1430$  y  $690\text{ cm}^{-1}$  (Blazevska-Gilev y Spaseska, 2007; González Horrillo, 2005).

Con estos resultados, se puede confirmar que las tarjetas recolectadas, tienen como componente mayoritario PVC.

##### 3.1.2. Análisis por Calorimetría diferencial de barrido (DSC)

Para las tarjetas plásticas recolectadas se determinó una sola transición vítrea a  $80,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Mediante este valor se puede confirmar que la materia prima se trata de PVC rígido, ya que se encuentra dentro del rango para este material (Engineers India Research Institute, 2012).

##### 3.1.3. Ensayo de tracción-deformación

Los resultados del ensayo tracción-deformación de las tarjetas plásticas recolectadas fueron:  $7,10 \pm 0,25\%$  de deformación a la rotura; y  $1139,60 \pm 77,81$  [MPa] de módulo de Young. Al igual que en el análisis por FTIR, los tres tipos de tarjetas presentaron resultados muy similares, seleccionando un tipo de tarjeta, sobre el cual se hizo la discusión de resultados y las comparaciones posteriores. El tipo de tarjeta elegido fue el tipo 2.

Al comparar los valores obtenidos para la tarjeta tipo 2 con datos bibliográficos, se puede observar que se encuentran dentro del rango según Blanco Álvarez (2006); específicamente los resultados del parámetro porcentaje de deformación (0-40 %). Con base en estos resultados se puede concluir que la materia prima (tarjetas) es PVC sin plastificar.

##### 3.1.4. Ensayo de dureza

Los resultados del ensayo de dureza Shore D para los tres tipos de tarjetas recolectadas fueron:  $73,80 \pm 1,47$  para el tipo 1;  $74,20 \pm 1,33$  para el tipo 2 y,  $73,60 \pm 1,20$  para el tipo de tarjeta 3. Como se puede observar el valor promedio de la dureza es muy similar para los tres tipos de tarjetas, comprobando una vez más que están hechas de componentes semejantes, como el PVC.

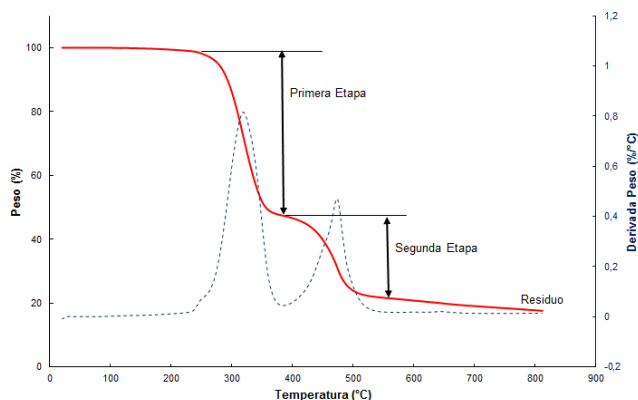


Figura 1. Termograma de las tarjetas plásticas recicladas

##### 3.1.5. Análisis termogravimétrico

En la Figura 1 se muestra el termograma de las tarjetas plásticas (materia prima). Para este material se observan claramente dos etapas correspondientes a la degradación del PVC, y un residuo que corresponde al porcentaje de cargas que formaban parte de las tarjetas. Es así que, el PVC representaba el 77,82 % en peso y las cargas o residuo un 22,18 %.

#### 3.2. Primer producto plastificado

##### 3.2.1. Temperatura de transición vítrea (Tg)

En la Figura 2 se muestran las Tg de los productos obtenidos, con respecto a la concentración de plastificante DOP y DIBP. Para determinar la Tg, únicamente en esta sección, se añadió una concentración de plastificante, 20 %, a las previamente planteadas (40 y 60 %). Esta concentración fue necesaria para obtener la tendencia de la Tg con el aumento de plastificante.

Se debe remarcar que la concentración de 20 % de plastificante no se empleó para ningún otro ensayo, durante el resto del proyecto.

En la Figura 2 se puede observar, para el sistema plastificado mediante DOP, que luego del segundo punto (C = 20 % DOP) ya se alteró la tendencia previa (lineal), es decir, para el tercer punto la relación entre la Tg y la concentración ya no decreció en la misma magnitud. Esto se debe a que el sistema alcanzó la concentración crítica de plastificación, es decir, que a ésta concentración la posibilidad de interacción deja de ser efectiva y, a partir de ella, el plastificante tiene impedida la capacidad de solvatación en la resina (González Horrillo, 2005).

Con respecto a los sistemas plastificados mediante DIBP, a medida que se incrementó la cantidad de plastificante, disminuyó la Tg, pero a diferencia del sistema anterior, la relación lineal entre Tg y porcentaje de plastificante se dio hasta un 40 % DIBP.

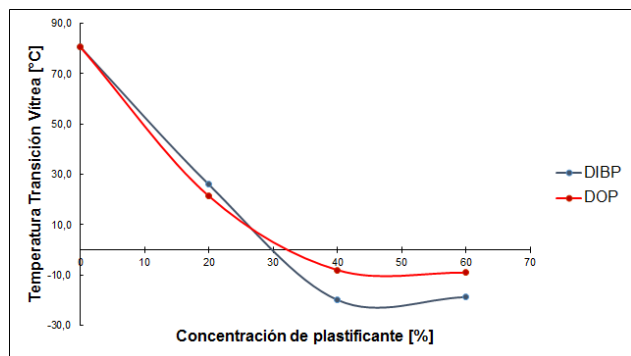


Figura 2. Temperatura de transición vítrea con respecto a la concentración de plastificante

### 3.2.2. Ensayo tracción deformación

En la Tabla 1 se muestran los resultados del ensayo tracción-deformación para los sistemas con 40 y 60 % de DOP y DIBP, respectivamente.

Para el sistema plastificado mediante DOP, se puede observar como la deformación aumentó y el módulo disminuyó, a mayor concentración de plastificante, lo cual se debe a la plastificación, ya que la elongación debe incrementarse con el aumento de la concentración de plastificante (Wypych, 2012).

Para el sistema plastificado mediante DIBP. Para la concentración de 60 % la elongación, tanto al pico como a la rotura, es mayor para estos sistemas que para aquellos plastificados con DOP.

Al comparar el porcentaje de deformación a la rotura y el módulo de Young entre los sistemas plastificados con DOP y DIBP, que se muestra en la Tabla 1 y Tabla 3, respectivamente, se puede observar que parámetros como la deformación aumentaron, mientras que el módulo disminuyó, lo cual determina que el producto obtenido a estas condiciones se trata de un material dúctil (UVA, 2008).

### 3.3. Segundo producto plastificado

#### 3.3.1. Análisis por espectroscopía infrarrojo (FTIR)

En la Figura 3 se puede observar como el espectro IR concuerda en la ubicación de las bandas características del plastificante tipo ftalato. Estas bandas aparecen en 1 729, 1 601, 1 579, 1 457, 1 374, 1 122, 1 068, 1 036, 739 cm<sup>-1</sup> (Wypych, 2012), confirmando que los sistemas PVC/DIBP y PVC/DOP, se plastificaron a las concentraciones propuestas. Los espectros de los sistemas restantes son muy similares al de la Figura 3, por esta razón no se muestran en esta sección.

#### 3.3.2. Temperatura de transición vítrea (Tg)

En la Tabla 2 se muestran las Tg para los sistemas disueltos en THF y CH, y plastificados con DOP y DIBP. Como se puede observar, las Tg obtenidas para los sistemas plastificados con DOP muestran valores muy similares a los mostrados en investigaciones previas para este plastificante (Turi, 1997).

Tabla 1. Resultados ensayo tracción-deformación en los sistemas plastificados mediante DOP y DIBP

Concentración [%]	Deformación al Pico [%]	Deformación a la Rotura [%]	Módulo de Young [Mpa]
<b>Sistemas con DOP</b>			
40	90,67 ± 7,83	100,58 ± 9,90	84,90 ± 6,93
60	131,56 ± 7,27	154,78 ± 5,76	70,83 ± 2,95
<b>Sistemas con DIBP</b>			
40	92,51 ± 1,47	102,13 ± 5,96	75,80 ± 4,22
60	140,08 ± 8,62	180,08 ± 5,14	61,66 ± 5,68

$\bar{X} \pm \sigma$

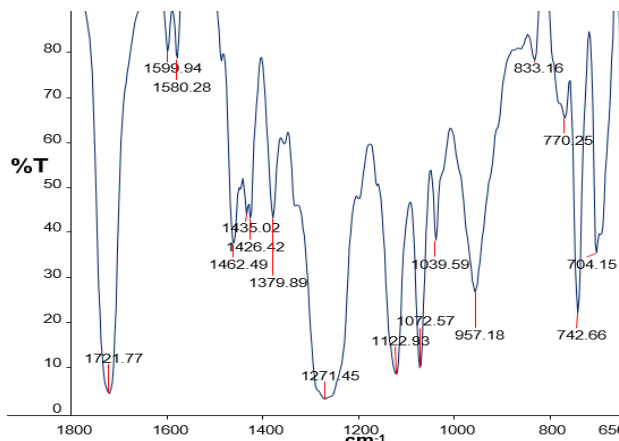


Figura 3. Espectro IR para el sistema PVC/DOP 40/60

Tabla 2. Temperatura de transición vítrea de los sistemas plastificados

Solvente	Sistema	Concentración [%]	Tg [°C]
THF	PVC/DOP	60/40	-32,32
		40/60	-58,29
CH	PVC/DOP	60/40	-27,60
		40/60	-59,68
THF	PVC/DIBP	60/40	-21,66
		40/60	-51,42
CH	PVC/DIBP	60/40	-2,32
		40/60	-46,74

Las Tg, a mayor concentración de plastificante disminuyeron su valor, lo que cumple con la definición de plastificante. Se debe mencionar que el método utilizado para determinar la Tg puede presentar errores durante su determinación, ya que al existir residuos de solvente, estos pueden influenciar en los resultados obtenidos. Un ejemplo de este enunciado se presenta en el sistema PVC/DIBP 60/40, el cual debería mostrar una Tg mucho menor.

#### 3.3.3. Ensayo tracción-deformación

##### a) Sistemas disueltos en THF

En la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo tracción-deformación para los sistemas plastificados mediante DOP y DIBP, respectivamente, a 0 (tarjetas plásticas), 40 y 60%. En esta tabla, al comparar el parámetro deformación al pico o a

**Tabla 3.** Resultados ensayo tracción-deformación en los sistemas plastificados mediante DOP y DIBP disueltos en THF y CH respectivamente

Concentración [%]	Deformación al Pico [%]	Deformación a la Rotura [%]	Módulo de Young [Mpa]
<b>Disolvente THF; plastificante: DOP</b>			
0	7,10 ± 0,25	7,10 ± 0,25	1139,60 ± 77,81
40	501,92 ± 14,02	528,48 ± 17,15	2,58 ± 0,08
60	533,06 ± 14,81	549,20 ± 15,15	0,34 ± 0,04
<b>Disolvente THF; plastificante: DIBP</b>			
0	7,10 ± 0,25	7,10 ± 0,25	1139,60 ± 77,81
40	521,52 ± 39,86	527,84 ± 40,05	2,02 ± 0,04
60	563,40 ± 36,40	586,24 ± 40,90	0,45 ± 0,02
<b>Disolvente CH; plastificante: DOP</b>			
0	7,10 ± 0,25	7,10 ± 0,25	1139,60 ± 77,81
40	424,67 ± 33,21	427,84 ± 33,62	1,61 ± 0,14
60	444,26 ± 45,43	454,40 ± 42,49	0,33 ± 0,03
<b>Disolvente CH; plastificante: DIBP</b>			
0	7,10 ± 0,25	7,10 ± 0,25	1139,60 ± 77,81
40	384,58 ± 26,10	386,88 ± 26,53	2,33 ± 0,11
60	462,92 ± 51,75	479,12 ± 55,42	0,33 ± 0,02

$\bar{X} \pm \sigma$

la rotura, se puede notar como las cargas presentes en las tarjetas de identificación no permitieron una mayor plastificación, ya que este parámetro aumentó luego de la centrifugación. Así, se concluye que este sistema es blando, caracterizado por un bajo módulo de Young y una gran elongación (Blanco Álvarez, 2006; Seymour y Carraher, 2002; UVA, 2008).

Para los sistemas con DIBP a 40 y 60% también hubo plastificación. Además al comparar los valores de la Tabla 3 entre ellos, se puede notar una mayor elongación para los sistemas plastificados con DIBP que para aquellos plastificados con DOP.

*a) Sistemas disueltos en CH*

En la Tabla 3 también se muestran los resultados del ensayo tracción-deformación para los sistemas plastificados mediante DOP y DIBP, respectivamente, a 0 (tarjetas plásticas), 40 y 60%. Como se puede observar para el sistema con DOP, el porcentaje de deformación aumentó, mientras que el módulo de Young disminuyó. Además, en los resultados del sistema plastificado por DIBP, se puede notar que el porcentaje de deformación más bajo corresponde al 40%, de entre todos los sistemas plastificados de esta sección. Tal resultado se debe a que el sistema no se llega a plastificar hasta la concentración deseada, debido a que la cantidad de plastificante añadido no fue la correcta.

**Tabla 4.** Resultados de dureza Shore A para los sistemas plastificados

Solvente	Sistema	Concentración [%]	Dureza Shore A
THF	PVC/DOP	60/40	54,0 ± 1,1
		40/60	20,0 ± 1,1
CH	PVC/DOP	60/40	52,8 ± 1,3
		40/60	21,6 ± 1,0
THF	PVC/DIBP	60/40	65,2 ± 1,2
		40/60	27,2 ± 1,2
CH	PVC/DIBP	60/40	68,0 ± 1,4
		40/60	28,0 ± 0,9

$\bar{X} \pm \sigma$

*3.3.4. Ensayo de dureza*

Como se puede observar en la Tabla 4, los valores de las durezas son similares para una misma concentración, sea para el THF o la CH. El resultado de dureza correspondiente a la concentración más alta, 60% DOP o DIBP, para cualquier solvente, es el que mostró el valor más bajo de dureza, confirmando que a mayor concentración de plastificante menor será la dureza.

*3.3.5. Análisis termogravimétrico*

Los resultados de este análisis se utilizaron para determinar la concentración real de cada uno de los sistemas, a partir del termograma obtenido.

*a) Sistemas disueltos en THF*

Como se observa en la Tabla 5, la concentración de 40% DOP es muy cercana al valor teórico, mientras que para el 60% DOP existe una variación mucho mayor. En contraste, existe mayor diferencia para la concentración teórica 40% DIBP y una menor para la de 60% DIBP. La variación entre el valor teórico y el real pudo deberse a que las condiciones de centrifugación (4 000 rpm y 20 min) no fueron las óptimas para una mayor separación de las cargas.

*b) Sistemas disueltos en CH*

En la Tabla 5 se puede observar como los sistemas disueltos en CH mostraron mayores desviaciones del valor teórico, que aquellos disueltos en THF.

En las Figuras 4 y 5 se muestran dos termogramas para los sistemas plastificados mediante DOP y DIBP. Debido a la gran similitud en las gráficas de los sistemas restantes, no se muestran los termogramas en esta sección. También se debe añadir que mediante la primera derivada (dentro del análisis del termograma obtenido) se pudieron determinar las temperaturas iniciales y finales de cada etapa, y por tanto, la concentración reportadas de cada componente en el sistema plastificado.

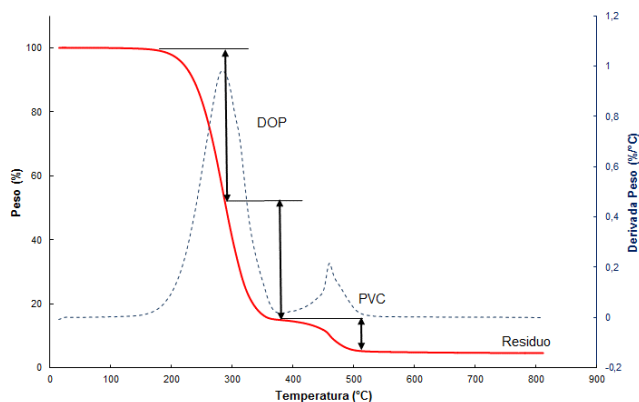
**Tabla 5.** Concentraciones de los componentes en los sistemas plastificados con DOP y DIBP, disueltos en THF y CH respectivamente, determinadas mediante ensayo termogravimétrico

Concentración teórica [%]	Componente	Concentración real [%]
<b>Disolvente THF; plastificante: DOP</b>		
40	DOP	40,65
	PVC	51,94
	Residuo	7,41
60	DOP	65,44
	PVC	29,23
	Residuo	5,33
<b>Disolvente THF; plastificante: DIBP</b>		
40	DIBP	44,21
	PVC	50,96
	Residuo	4,83
60	DIBP	62,03
	PVC	33,07
	Residuo	4,90
<b>Disolvente CH; plastificante: DOP</b>		
40	DOP	39,08
	PVC	54,85
	Residuo	6,07
60	DOP	62,78
	PVC	31,98
	Residuo	5,24
<b>Disolvente CH; plastificante: DIBP</b>		
40	DIBP	34,09
	PVC	59,16
	Residuo	6,75
60	DIBP	55,8
	PVC	38,59
	Residuo	5,61

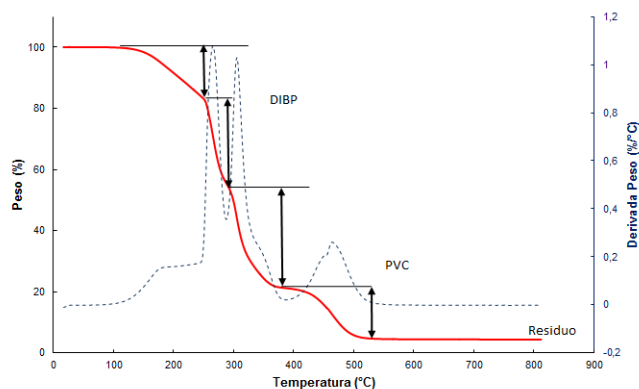
En la Figura 4 se muestra el termograma correspondiente a un sistema plastificado mediante DOP a una concentración de 60 %. Al comparar la Figura 1 con la Figura 4, se puede notar como en esta última aparece una nueva etapa, por lo cual este sistema consta de tres etapas y un residuo. La primera etapa corresponde al DOP, la segunda y tercera corresponden al PVC, y el residuo a las cargas todavía presentes en el sistema plastificado.

En la Figura 5 se muestra el termograma correspondiente a un sistema plastificado mediante DIBP a una concentración de 40 %. Al comparar la Figura 1 con la Figura 5, se puede notar como en esta última aparecen dos nuevas etapas, por lo cual este sistema consta de cuatro etapas y un residuo. La primera y segunda etapas corresponden al DIBP, la tercera y cuarta corresponden al PVC, y el residuo a las cargas todavía presentes en el sistema plastificado.

El análisis termogravimétrico permitió obtener las concentraciones reales de todos los sistemas plastificados obtenidos. Además, gráficamente, en las Figuras 1, 4 y 5, se pudieron observar las etapas de descomposición del PVC y de los plastificantes DOP, DIBP respectivamente.



**Figura 4.** Termograma correspondiente a un sistema plastificado con DOP a una concentración de 60 %



**Figura 5.** Termograma correspondiente a un sistema plastificado con DIBP a una concentración de 40 %

#### 4. CONCLUSIONES

El componente polimérico mayoritario de los tres tipos de tarjetas recolectadas es el policloruro de vinilo (PVC) rígido.

Se obtuvieron y caracterizaron dos productos diferentes a partir de la recuperación del PVC de las tarjetas de identificación desechadas.

Se encontró que las condiciones de centrifugación, 4000 rpm durante 20 min, limitaban la separación de las cargas y el PVC, ya que a pesar de realizar este proceso por tres ciclos, en los materiales plastificados finales se encontró una cierta cantidad de residuo correspondiente a las cargas.

Mediante el análisis termogravimétrico se determinó que el DOP, en el sistema plastificado, presentará una sola etapa de descomposición, mientras el DIBP presentará dos etapas durante su descomposición.

Se determinó la compatibilidad entre dos plastificantes (DOP o DIBP) y el PVC proveniente de tarjetas plásticas de identificación. Se encontró una mayor compatibilidad para los sistemas plastificados con DIBP.

Los sistemas previamente disueltos en THF o CH (producto 2) mostraron una mayor elongación a la rotura, con respecto a los sistemas prensados (producto 1).

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Escuela Politécnica Nacional, por el financiamiento de la investigación, a través de los fondos del Proyecto Semilla PIS 12-43.

## REFERENCIAS

- Blanco Álvarez, F. (2006). *Propiedades Mecánicas. Rotura*. Obtenido de: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/TEMAIL.2.7.PROPIEDADESMECANICAS.pdf>. p.28. (Julio, 2015)
- Blazevska-Gilev, J. y Spaseska, D. (2007). Chemical Recycling of Poly (Vinyl Chloride): Alkaline Dechlorination in Organic Solvents and Plasticizer Leaching in Caustic Solution. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 7(1). Obtenido de: [http://dl.uctm.edu/journal/node/j2007-1/04\\_Jadranka-29-34.pdf](http://dl.uctm.edu/journal/node/j2007-1/04_Jadranka-29-34.pdf). pp.29-34. (Julio, 2015)
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). (2013). *Residuos Plásticos*. Obtenido de: <http://www.cedexmateriales.vsf.es/view/archivos/residuos/398.pdf>. pp.5-6. (Febrero 2015)
- Engineers India Research Institute (EIRI). (2012). *Technology of PVC Compounding and Its Applications*. Nueva Delhi, India: EIRI. p.14.
- González Horrillo, N. (2005). *Espectroscopia Infrarroja de Transformada de Fourier (FTIR) en el Estudio de Sistemas Basados en PVC*. San Sebastián, España: Universidad del País Vasco.
- Plastics Europe. (2013). *Plastics - The Facts 2013*. Obtenido de: <http://www.plasticseurope.es/Document/plastics-the-facts-2013-in-english.aspx?FolID=2>. p.10. (Mayo, 2015)
- Seymour, R. y Carraher, C. (2002). *Introducción a la Química de los Polímeros*. Barcelona, España: Reverté. p.464.
- Turi, E. (1997). *Thermal Characterization of Polymeric Materials*. San Diego, Estados Unidos: Academic Press. p. 881.
- Universidad Católica de Santiago de Guayaquil – UCSG. (2012). *Informe de Coyuntura Económica*. Obtenido de: [http://www.elfinanciero.com/banca\\_especiales/tema\\_12\\_2012/banca\\_01\\_2012.pdf](http://www.elfinanciero.com/banca_especiales/tema_12_2012/banca_01_2012.pdf) (Febrero, 2015)
- UVA - Universidad de Valladolid. (2008). *Propiedades Mecánicas de los Polímeros*. Valladolid, España. Obtenido de: [https://alojamientos.uva.es/guia\\_docente/uploads/2011/469/45757/1/Documento6.pdf](https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2011/469/45757/1/Documento6.pdf). p.35. (Febrero, 2015)
- Wypych, G. (2012). *Handbook of Plasticizers*. Toronto, Canadá: ChemTec Publishing. p. 200-204.