

# Utilización del Polipropileno “PP5” y envases de vidrio como sustituto de revestimientos cerámicos para la construcción

**RESUMEN:** La siguiente publicación presenta la investigación llevada a cabo en el Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla (ITSSNP), referente a la fabricación de productos de revestimiento en interiores y exteriores utilizando materiales reciclados, como lo son los envases de vidrio y el polipropileno (PP5). Se realizó un estudio de laboratorio en el cual se comprueba que éste nuevo producto posee la dureza necesaria para resistir leves impactos y no fracturarse al contacto, caso específico de estudio.

Como primera etapa de análisis se presentan las pruebas de laboratorio en las que se contrastan los resultados de las propiedades físicas y mecánicas del azulejo a base de material reciclado.

En la segunda etapa se describen los estudios cualitativos aplicados a una población en específico del municipio de Zacatlán, para analizar cómo es que la sociedad aprueba los productos a base de material reciclado.

Y finalmente, se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de dureza así como los impactos que éste nuevo producto podrá generar.

**PALABRAS CLAVE:** económico, plástico y vidrio reciclados, propiedades mecánicas, revestimientos, tecnología sustentable.



## Colaboración

Rosa Elvira Rivera Vega; Elizabeth Hernández Ibarra; Sergio Hernández Corona; Rafael Garrido Rosado; Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla; Julio Cesar Martínez Hernández, Instituto Tecnológico Superior de de Huauchinango

**ABSTRACT:** The following publication presents the research carried out in ITSSNP, regarding the manufacture of coating products in interiors and exteriors using recycle materials, such as glass containers and polipropylene (PP5). A laboratory research in which it is verified that this new product has the necessary hardness to withstand soft impacts and not to fracture to contact a specific research case.

As a first stage of analysis, laboratory test are presented in which the result of physical and mechanical properties of the tile base on recycle material are contrasted.

In the second stage, the qualitative research applied to a specific population in the municipality of Zacatlán are described to analyze how society approves products of reusable material.

The achieved results tested are shown as well as the impact, which this new product may produce.

**KEYWORDS:** economic, coatings, mechanical properties, recycled plastic and glass, sustainable technology.

## INTRODUCCIÓN

En Puebla, cada persona genera 1.2 kilogramos diarios de basura que no es tratada ni separada. Multiplicar esta cantidad por el número de habitantes, resulta en cerca de 1,900 toneladas que tras ser recolectadas, paran en un relleno sanitario saturado [6].

El municipio de Zacatlán forma parte de las 14 ciudades del estado que más residuos sólidos urbanos generan, según ha reportado el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en su último informe sobre medio ambiente.

Estos datos resultan alarmantes puesto que del total de basura generada en el Estado de Puebla sólo el 0.4 % es reciclada y en el municipio de Zacatlán sólo el 0.75% se recicla [9].

Si bien es cierto se recicla un porcentaje considerable de plástico se le pone prioridad al PET [1] [2] [5], cuando hay más plásticos como lo es el polipropileno (PP5), que de igual manera casusa daños ambientales considerables. El polipropileno es un material versátil, ya que es compatible con la mayoría de las técnicas de procesamiento existentes y es usado en diferentes aplicaciones comerciales.

Además, es el plástico de menor peso específico, lo que hace que tenga una buena procesibilidad para ser reciclado, en donde se requiere menos cantidad de este, para la obtención de un producto determinado. Es un material que evita el traspaso de humedad, además de tener buenas propiedades organolépticas, químicas, de resistencia y transparencia [3].

El objetivo del proyecto en primera instancia, es aprovechar los vasos de PP5 y envases de vidrio que aún no terminan en los rellenos sanitarios; pero igual manera producir un azulejo a base del reciclaje de estos desperdicios; esto traerá consigo un aporte al cuidado del medio ambiente.

Las hipótesis planteadas para la validación del proyecto son:

H<sub>0</sub>: Será posible que la dureza del azulejo convencional cerámico, sea superior a la de un azulejo elaborado a base de polipropileno y vidrio.

H<sub>i</sub>: No será posible que la dureza del azulejo convencional cerámico, sea superior a la de un azulejo elaborado a base de polipropileno y vidrio.

## MATERIAL Y MÉTODOS

A continuación se describe el proceso que se llevó a cabo para la elaboración del azulejo:

En primera instancia se recolectaron envases obsoletos de vidrio con los familiares, amigos y conocidos; después de eso se pasó a hacer el proceso de lavado para limpiar y quitar algunas impurezas con las que contaba el envase, después de eso se procedió a triturar el vidrio; para lo cual se necesitó un pedazo de tela y un mazo.

Posteriormente de ser triturado el vidrio, se coló para que sólo quedarán pedazos pequeños; estos pedazos son los que se ocuparon para el recubrimiento del azulejo.

El proceso de fundición del plástico de igual manera que el del vidrio inició con la recolección de envases

aparentemente obsoletos, después de su recolección se pasó al proceso de lavado.

En segunda instancia se procedió a fundir el plástico, se puede realizar en una parrilla, pero debido a que se consume mucho gas y dejaría de ser ecológico y se procedió a usar mejor un combustible orgánico, en éste caso el carbón.

Una vez que el molde se calienta, se invierte el plástico pero en consideraciones pequeñas, el proceso se analiza en la Ilustración 1.



Figura 1, Fundición del plástico, formato propio de la Investigación, 2018.

Después de que se haya fundido completamente el plástico, se procesa a invertir la mezcla en moldes de madera, cabe señalar que estos moldes fueron barnizados con un disolvente para que su extracción después de un periodo de tres días de secado sea sencilla.



Figura 2. Secado previo al acabado final Fuente propia de la investigación, 2018

Se deja secar en un periodo de tres a cuatro días, y se extrae del molde, para después pasar al proceso de barnizado donde se le añade el vidrio a la mezcla (plástico- vidrio) y después se deja reposar una se-

mana en condiciones ambientales favorables para el secado, ilustración 2, finalmente se vuelve a barnizar para sellar completamente la mezcla y darle un mejor acabado y se deja secar.

**Pruebas Cuantitativas y Cualitativas del Azulejo**

Como sustento de las propiedades mecánicas y físicas del proyecto se realizaron las pruebas de laboratorio y el análisis cualitativo de la población de estudio.

**Pruebas de Fundición**

Se realizaron dos pruebas de fundición a un azulejo elaborado del material reciclado, arrojándonos los datos que se muestran en la Ilustración 3.

Tipo de Fundición	Grados de Fundición 1	Grados de Fundición 2
Empieza a derretir	90°	90°
Derretimiento parcial	110°	120°
Derretimiento parcial medio	130°	135°
Derretimiento medio	180°	180°
Derretimiento Completo del plástico	190°	190°
Derretimiento parcial del vidrio	200°	210°
Fundición completa	320°	280°

Figura 3. Pruebas tabuladas del proceso de fundición  
Fuente propia de la investigación, 2018.

En la Ilustración 3, muestra la temperatura a la que se debe someter el material para que éste se empiece a derretir la cual es de 90°C, también se observa la temperatura máxima que el material soporta la cual oscila entre los 280°C y 320°C.



Figura 4. Pruebas de fundición  
Fuente propia de la investigación, 2018

**Prueba de Charpy**

Se ejecutaron un total de 10 pruebas de resiliencia (una medida de la habilidad de un material para ab-

sorber energía sin deformación plástica o permanente.) de material, con 10 probetas de las mismas dimensiones (Ilustración 5) mediante una la Prueba de Charpy en el Péndulo y a partir de las mismas se obtuvieron valores de la energía absorbida del azulejo y de la resiliencia que posee.



Figura 5. Pruebas de Resiliencia  
Fuente propia de la investigación, 2018

Tabla 1. Datos de la humedad.

Probeta	Energía Absorbida por la Probeta (J)	Resiliencia del Material (J/cm)
1	0.516040481	0.645050601
2	0.350940663	0.438675829
3	0.178909702	0.223637128
4	0.434360158	0.542950198
5	0.265788350	0.332235438
6	0.090031134	0.112538917
7	0.516040481	0.645050601
8	0.434360158	0.542950198
9	0.350940663	0.438675829
10	0.516040481	0.645050601

Las pruebas arrojan que la resiliencia que absorbe el material antes de fracturarse se encuentra entre los 0.25 y 0.50 joules.

**Pruebas Cualitativas**

La presente investigación está ligada a la comunidad de Tlatempa, Zacatlán; puesto que la mayor parte de la población de esa comunidad se dedica al oficio de ser albañil; y poseen conocimiento sobre las necesidades del producto.

Tomando como base esa población de 1,113 habitantes en la comunidad [12], se calculó el tamaño de muestra para una población finita, la formula se muestra a continuación.

$$n = \frac{Z^2 \rho q N}{E^2 [N - 1] + Z^2 \rho q}$$

Dónde:

N: es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).

Z: es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos.

$p$ : es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que  $p=q=0.5$  que es la opción más segura. [11]

$q$ : es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es  $1-p$ .

$n$ : es el tamaño de la muestra (número de encuestas que vamos a hacer).

$E$ : margen de error de muestra deseado.

Tomando éste análisis se procede a realizar la ecuación para obtener la población de estudio, el resultado se muestra en la Ecuación 1.

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 1113}{0.05^2 [1113 - 1] + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} \quad \text{Ec (1)}$$

$$n = \frac{1068.9252}{3.7404} = 285.7783$$

Dónde:

$N$ : 1113 (SCIM, 2010)  $\approx$  286 personas

$Z$ : 1.96

$p$ : 0.5

$q$ : 0.5

$n$ : ?

$E$ : 0.05

Para darle mayor viabilidad a la investigación se recogieron datos en campo, mediante el uso de un instrumento de medición "Escala Likert", [4] que se basa en la comprobación de actitudes y valores. Dicho instrumento está conformado por seis variables: calidad del producto, calidad del servicio, nivel ecológico, nivel económico, conocimiento sobre el reciclaje y otras variables y 30 preguntas, repartidas entre las seis variables.

Para analizar cada una de las preguntas de estudio se utilizó el método de Chi cuadrada y una prueba T.

Primero se validó el instrumento mediante una prueba Piloto, según la literatura si pasa del 0.70 éste es aceptable [7].

28	35	3.829	0.954
29	35	3.857	0.648
30	35	4.543	0.561
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>98.371</b>	<b>11.525</b>

Cronbach's alpha = 0.8531

Omitted Item Statistics

	Adj. Squared	Adj. Total	Adj. Item-Total
Omitted Multiple Cronbach's			

Figura 6. Prueba Piloto Minitab  
Fuente Propia de la Investigación, 2018

En la Figura 6, se puede ver que el instrumento de medición fue aceptado, con un Alpha de Crombach's de 0.8531. Posteriormente éste fue aplicado a una muestra poblacional de 286 personas.

Análisis de cada pregunta: se hace notar en la Tabla 2, método de Chi cuadrada, y resuelta en la Ilustración 7, la Chi cuadrada se utiliza para contrastar dos hipótesis y elegir una de ellas mediante unas variables de estudio [13] [10].

En la Tabla 3, se presenta la prueba T [8], que permite decidir si dos variables aleatorias normales (Gaussianas) y con la misma varianza tienen medias diferentes, cuya solución se observa en la Ilustración 8.

La pregunta más significativa del estudio se muestra a continuación:

$H_0$ : Es muy viable la combinación de envases de PP5 y vidrio para crear un producto derivado de estos.

$H_1$ : No es muy viable la combinación de envases de PP5 y vidrio para crear un producto derivado de estos.

Tabla 2, Datos de Estudio del Análisis mediante Chi Cuadrada en "SPSS". Fuente propia de la investigación, 2018.

¿Le parece a usted viable la combinación de envases de vidrio y polipropileno (PP5); para crear un producto derivado de estos?			
		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Inviabile	3	1.0
	Nada viable	7	2.4
	Poco viable	76	26.6
	Viable	155	54.2
	Muy viable	45	15.7
	<b>Total</b>	<b>286</b>	<b>100.0</b>
N	Válido	286	
	Perdidos	0	
Media		3.81	
Desv. Desviación		0.763	
Varianza		0.582	
Estadístico de Contraste		271.413	
Grados de libertad		4	

Pero en base al análisis de Chi-Cuadrada por lo menos un 70% de la misma población lo cree factible, sólo el 30% lo encuentra poco factible.

**RESULTADOS**

**Análisis de Dureza**

Para el análisis del diseño de experimentos se utilizó un análisis de regresión, ANOVA. Se realizaron pruebas en el laboratorio de Metrología, dichas pruebas constataron en tomar mediciones con el durómetro, el durómetro como su nombre lo indica, es un instrumento de medición dedicada a hacer pruebas y a medir la dureza de diferentes tipos de materiales. Son capaces de medir materiales como metales, plásticos, cauchos, elastómeros, entre otros.

La dureza es la propiedad de los materiales que se define como: resistencia a la penetración permanente bajo alguna carga estática o dinámica que tiene un material.

Dicha dureza es la que se va a contrastar en los cinco tratamientos: las tres placas elaboradas y las dos de los distintos azulejos que hay en el mercado.

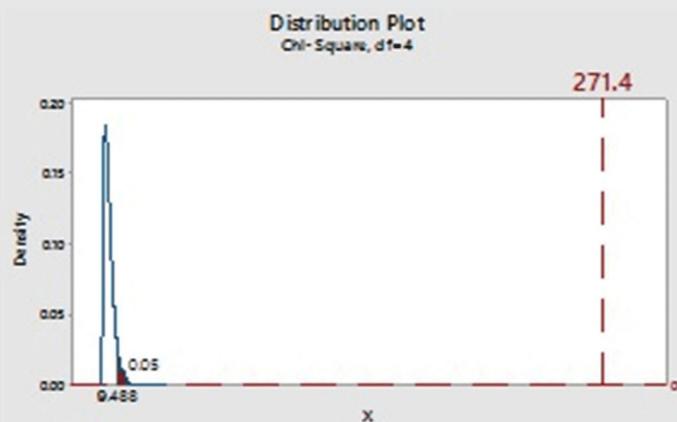


Figura 7 Gráfica de los Grados de libertad, aceptación o rechazo de las hipótesis. Fuente propia de la investigación, 2018.

Tabla 3, Datos de Estudio del Análisis mediante Prueba T en "SPSS". Fuente propia de la investigación, 2018.

**¿Le parece a usted viable la combinación de envases de vidrio y polipropileno (PP5); para crear un producto derivado de estos?**

Valor de prueba = 5					
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
-26.358	285	.000	-1.189	-1.28	-1.10

De las 286 personas que fueron encuestadas, mediante un estudio de Chi-cuadrada y una prueba T; con un Alpha del 95% y un margen de error del 5%. Debido a que el valor de F no cae en el rango de aceptación, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa en ambos casos, tanto para la Chi-Cuadrada como para la prueba T; es decir, que la población encuestada no creó viable la fabricación de un azulejo a base de material reciclado.



Figura 9. Medición de Dureza en el laboratorio de Metrología Fuente propia de la investigación, 2018

Para obtener los resultados estadísticos de prueba se realizó la siguiente tabulación, Tabla 4, ahí están explicadas las 5 muestras junto con sus diez datos obtenidos. La punta que se utilizó fue la: HRK, Bola 1/8" B, con una precarga de 10 kg y una carga de 150 kg.

Ahora bien, posterior a éste análisis se procede al análisis principal, a calcular el ANOVA para un solo factor (en este caso fue la dureza), el nivel de confianza que se estableció fue de 95%.

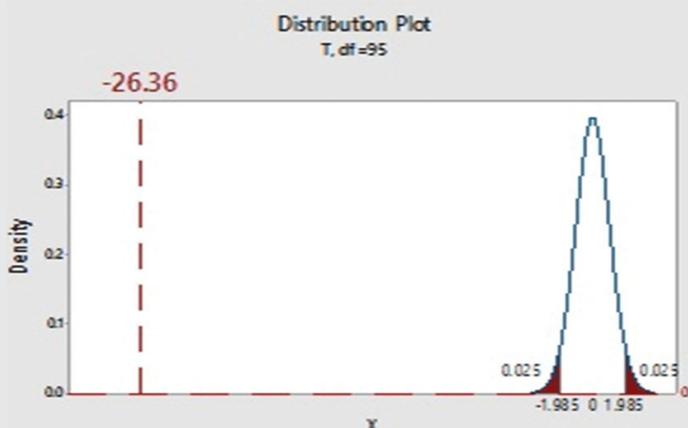


Figura 8 Gráfica de los Grados de libertad, aceptación o rechazo de las hipótesis. Fuente propia de la investigación, 2018.

Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Factor	4	3473	868.13	19.93	0.000	
Error	45	1961	43.57			
Total	49	5433				

Figura 10. Análisis de Varianza "ANOVA" en Minitab, fuente propia de la investigación, 2018

Tabla 4, Muestreo de las pruebas de laboratorio, fuente propia de la Investigación, 2018.

MUESTRAS					
	PLACA 1	PLACA 2	PLACA3	AZULEJO (NORMAL)	AZULEJO DELFÍN
1	16	25	16	16	10
2	22	31	33	15	6
3	22	46	20	16	5
4	35	20	35	6	7
5	19	21	24	15	7
6	33	32	26	12	6
7	15	24	13	4	5
8	21	29	31	20	6
9	9	29	30	18	8
10	16	42	25	16	4

Como se puede ver en la Ilustración 10, se evaluó el margen de error entre los tratamientos, que representa la variación que se da entre los elementos que se hayan calculado, es este caso el error es de: 45; el factor que representa la variación que se da entre cada método, por lo tanto se puede decir que hay una mayor variación entre los elementos de cada método que entre cada método.

Por último se evaluará el valor de p: la condición nos dice que si el valor de p es menor que Alpha se rechaza la hipótesis nula. Teniendo en cuenta la condición, podemos ver que en el análisis el P-Value es 0.000, que es menor a 0.05, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) y se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

Al aceptar la  $H_1$ , lo cual se sustenta en la "Figura 10", se puede concluir que no es posible que la dureza del azulejo convencional cerámico, sea superior a la de un azulejo elaborado a base de polipropileno y vidrio. Lo anterior se sustenta en las figura 11.

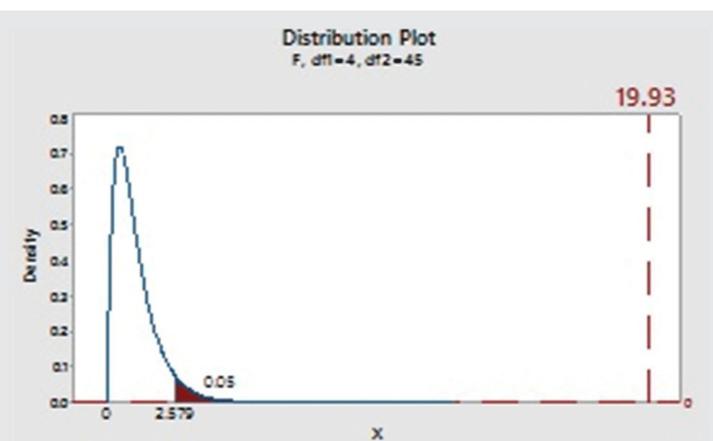


Figura 11 Validación de la Hipótesis Alternativa, mediante el ANOVA, fuente propia de la investigación, 2018.

En la figura 12, se muestran las 3 placas de azulejo a base de material reciclado y las 2 piezas del azulejo convencional sometidas a las pruebas de dureza, y en ella se puede notar que los valores más altos recaen en las tres placas del azulejo sometido a estudio por lo tanto se puede afirmar que efectivamente el azulejo elaborado a base de envases de PP5 y vidrio posee mayor dureza que el azulejo convencional.

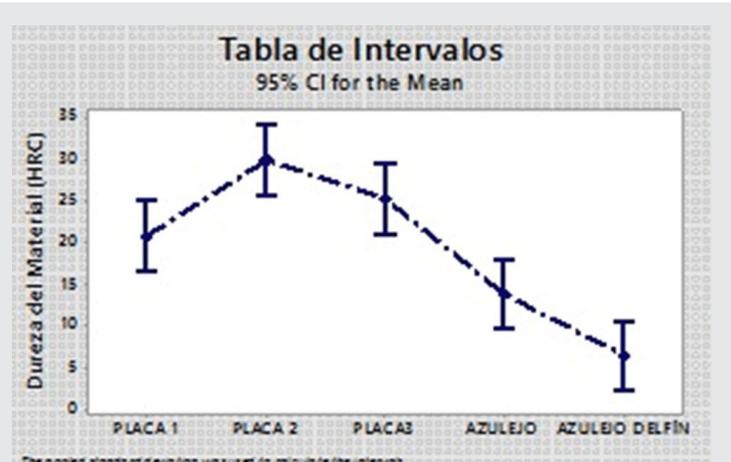


Figura 12. Tabulación de los Intervalos de Fuerzas, fuente propia de la investigación, 2018.

## CONCLUSIONES

Los Ingenieros Industriales tienen la labor de aportar nuevas ideas, que ayuden al proceso de mejora continua y sean cuidadosas con medio ambiente.

La presente investigación sirvió de apoyo para entender que sí es posible hacerlo, al darle un segundo uso a los residuos sólidos urbanos. De igual manera se pudo constatar que se lograron tres grandes impactos:

**Económico:** Tras ser material reciclado no genera gran costo de producción, además que tras las propiedades que posee su tiempo de vida es mayor que el del mercado y con esto no se genera un doble gasto.

En la Figura 13, se puede apreciar el contraste del precio por metro cuadrado del azulejo hecho a base de material reciclado y el precio por metro cuadrado de los azulejos convencionales. Por lo que el azulejo elaborado a base de material reciclado posee un precio no elevado y puede competir con los ya posicionados en el mercado.

**Ecológico:** se recolectaron materiales que se disponían a ser tirados en los llamados rellenos sanitarios y como se sabe éstos materiales tardan años en desintegrarse por lo cual ayudamos a la preservación del medio.

Ya que al producir un total de 10 azulejos se recicla alrededor de 650 vasos de PP5 y 30 botellas de vidrio de 500 ml.

No. Azulejo	Número de vasos de plástico	Número Botellas
10	650	30

Figura 13 Cantidades de PP5 y vidrio recicladas, fuente propia de la investigación, 2018

Metro Cuadrado del Azulejo Convencional	Metro cuadrado del azulejo con el mismo grosor y apariencia	Metro cuadrado del azulejo a base de reciclado
\$ 79.00	\$ 260.00	\$ 99.13

Figura 14 Comparación de precios de azulejos, fuente propia de la investigación, 2018

**Social:** A partir de su producción en masa se le puede beneficiar a cierto porcentaje de la población. Tomando como base el instrumento de medición, el 20% de la población encuestada estaría interesada en consumir éste producto en caso de ser viable, y así de esta manera se estaría beneficiando a más de 3,000 hogares. El estudio se muestra a continuación en la Figura 15.

Hogares Zacatlán	% aceptación
18266 (INEGI 2010)	3653.2

Figura 15, Hogares beneficiados, fuente propia de la investigación, 2018

**BIBLIOGRAFÍA**

[1] Alethia Vázquez Morillas, Rosa Ma. Espinosa Valdemar, Margarita Beltrán Villavicencio y Maribel Velasco Pérez. (2016). *El reciclaje de los plásticos*. México: ANIPAC.

[2] Ampudia, A. (2011). *Diagnóstico situacional del proceso de clasificación en el origen y disposición final de papel, plástico, vidrio y aluminio*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ciencias económicas.

[3] Arias, E. L. (2016). *Aporte Al Análisis Sobre El Impacto Ambiental Y El Impacto*. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José De Caldas.

[4] Blanco, Neligia- Alvarado, María E. (Septiembre - Diciembre de 2005). *Escala de actitud hacia el proceso de Investigación científico socia*. Revista de Ciencias Sociales (RCS), Vol. XI(No.3), pp. 537 - 54.

[5] Federación, D. O. (2012). *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

[6] Galán, A. A. (2013). *Concentran 14 municipios 57% de la basura en Puebla*. Puebla, Pue: Poblannerías.

[7] García Sánchez, J., Aguilera Terrats, J. R., & Castillo Rosas. (16 de 8 de 2011). *Guía técnica para la construcción de escalas de actitud*. Odiseo, revista electrónica de pedagogía(No. 8), 147-187. Obtenido de <http://www.odiseo.com.mx/2011/8-16/garcia-aguilera-castillo-guia-construccion-escalas-actitud.html>

[8] Humberto Guitierrez Pulido, Román de la Vara Salazar. (2003). *Análisis y Diseño de Experimentos*. México: Mc Graw Hill.

[9] INEGI. (2014). *Anuario estadístico y geográfico de Puebla 201*. Puebla: Gob. Edo. Puebla.

[10] Ojeda, L. R. (2007). *Probabilidad y Estadística Básica para Ingenieros*. Guayaquil-Ecuador.

[11] Sampieri, R. H. (2006). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.

[12] SCIM, S. (2010). *Unidad de microrregiones cédulas de información municipal*.

[13] Walpole, M. M. (2012). *Porbabilidad y estadística para ingenirías y ciencias*. México: Pearson.