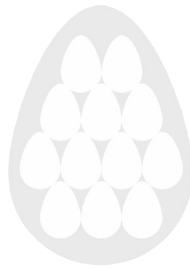


Utilización del cascarón de huevo como elemento constitutivo en agregados para aumentar las propiedades mecánicas de un material

RESUMEN: El presente documento muestra el estudio sobre la utilidad del cascarón de huevo como refuerzo, gracias al aumento de las propiedades mecánicas que aporta al poliestireno expandido. Se realizó un estudio de laboratorio en el cual se comprueba que este residuo de origen orgánico puede aportar al aumento de dureza, caso específico de este estudio.

De acuerdo a la FAO, nuestro país es el mayor consumidor y cuarto productor de este huevo y que hasta el momento que no se le ha dado un uso al cascarón que proviene de éste. Este material considerado como desecho puede ser un elemento que permita a este y a otros componentes alcanzar una mayor dureza mecánica de manera económica. En las pruebas no destructivas realizadas con el probador de dureza tipo Rockwell y un penetrador de 1/16 con punta de balón y con una carga de 100 Kg. Se obtiene un aumento de la dureza de 11 a >16 (dependiendo del tamaño de la partícula) en promedio en la escala de Rockwell.

PALABRAS CLAVE: Refuerzo, Dureza, Granulometría, aumento.



Colaboración

Ana Roselyn Pérez Méndez; Joel Maurilio Morales García; Saúl Santiago Cruz, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

ABSTRACT: This document shows the study of the utility of the eggshell as reinforcement, thanks to the increase of the mechanical properties that it contributes to the expanded polystyrene. A laboratory study was performed in which it is verified that this residue of organic origin can contribute to the increase of hardness, specific case of this study. According to FAO, our country is the first consumer and fourth biggest producer of hen's eggs and to this moment no use has been made of the eggshell that comes from that food product. This material considered as waste may be an element that allows this and other components to achieve a greater mechanical hardness in an economical way. For non-destructive tests performed with a Rockwell hardness tester 7 1/16 inch penetrator and ball point, with a load of 100 kg, a hardness increase is obtained of 11 to > 16 (depending on the size of the particle) on average Rockwell scale.

KEYWORDS: Reinforcement, Hardness, granulometry, Increase.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de crear biomateriales que puedan proporcionar una solución a diversas demandas y a su vez disminuir costos en cuanto a su posible uso. En esta investigación se pretende usar el cascarón de huevo como refuerzo, de tal manera que mejore las propiedades (dureza, elasticidad, resistencia a la compresión, etc.) de los materiales compuestos, tal y como lo hace el carbonato de calcio o el talco los cuales comúnmente son utilizados como refuerzos.

Por tal motivo en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla se está realizando una investigación en la cual se sustenta que el cascarón de huevo puede proporcionar mayor dureza a ciertos materiales, (en este caso al poliestireno). Por lo tanto, es importante evaluar técnicamente las dimensiones de este material para poder darle un posible uso.

Estado del Arte:

El huevo es un alimento muy antiguo y en la actualidad es de gran importancia para la salud humana y la continuidad de la vida, es uno de los alimentos más valiosos por contener una proporción equilibrada de hidratos de carbono, grasas, proteínas, minerales y vitaminas.

El cascarón es la cubierta protectora del huevo y representa aproximadamente del 9 a 12% del peso del huevo, evaluándose en 5 y 7 gr. El principal componente es el carbonato de calcio además de otros minerales, calcio 2.21 g (93.3%); fósforo 0.02 g (0.85%), magnesio 0.02g (0.85%), hierro trazas, [1].

El cascarón del huevo está constituido por cuatro capas, las cuales se muestra y se describen en la Figura 1.

- a) Membranas del cascarón (shell membranes).
- b) Capa mamilar (mammillary).
- c) Capa en empalizada (palisade).
- d) Cutícula (cuticle).

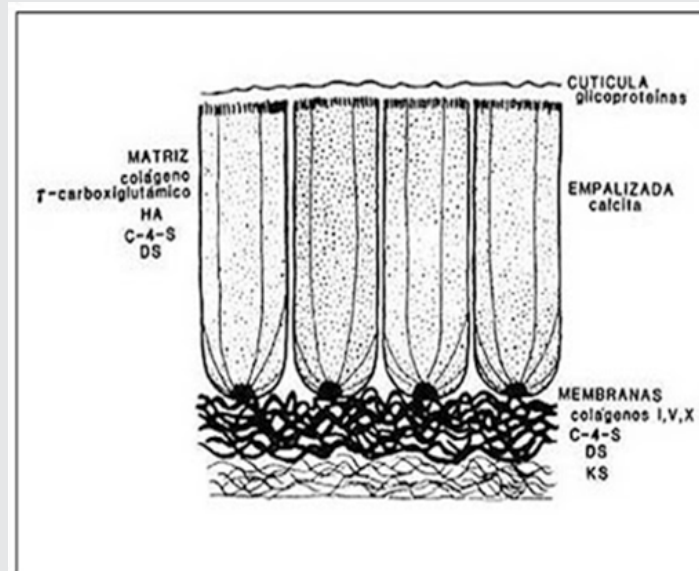


Figura 1. Estructura del cascarón de huevo de gallina. Fuente: [2] Aragón, 2013.

El aparato reproductor de las gallinas por su morfología y función, el oviducto se divide en las siguientes regiones: infundibulum, magnum, istmo, istmo rojo o glándula tubular del cascarón, útero o glándula del cascarón y vagina. Un corte transversal de cualquiera de estas regiones muestra siete capas que pueden ser agrupadas en un tejido secretor, muscular y conectivo. Estas regiones con tamaños y funciones diferentes, actúan en conjunto para asegurar que el paso de la yema sea suave a través de estas, se cree que las partes que conforman al huevo se mueven por acción peristáltica, ayudada por cilios de la pared interna del oviducto.

Todas las regiones excepto la vagina están involucradas en el proceso de formación del huevo, en la figura 2 se muestra un esquema del oviducto de gallina. [2] [3].

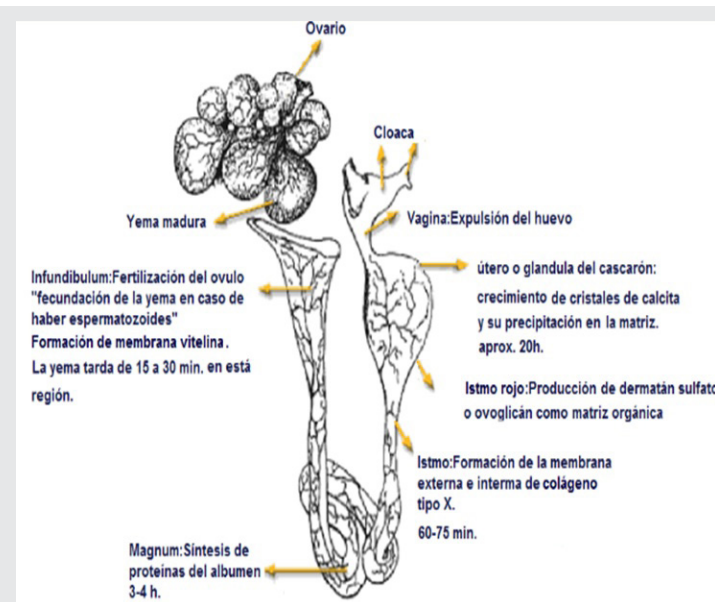


Figura 2 Esquema de la ovoposición [3]. Fuente: Aragón, 2013

La formación del cascarón de huevo implica la movilización de 2.0 g de calcio, que corresponde de un 8% a un 10% del contenido corporal de calcio. El depósito de calcio en el cascaron (150 mg/h) es tan rápido que obliga a la renovación total de calcio sanguíneo cada 12 h. Aunque la fuente principal de calcio proviene de la dieta, no todo el calcio que se deposita en el cascarón procede del intestino, una parte tiene su origen del esqueleto ya que, durante la formación del cascarón, la retención intestinal de calcio del 40% al 80%. Durante las primeras horas la tasa de deposición de carbonato cálcico es muy lenta, luego se hace más intensa hasta llegar a 330 mg/h entre las 10 y 22 horas después de la ocupación. La calcificación del cascarón se produce mientras el huevo se encuentra bañado de fluido uterino en el cual los iones calcio y carbonato se encuentran en concentraciones tan elevadas, que superan cien veces el producto de solubilidad del carbonato de calcio, aunado a un proceso enzimático [4] [5] [6].

En la actualidad México es el primer consumidor de huevo en el mundo y cuarto productor mundial del mismo, con respecto a países como China 39%, EUA 8%, India 5%, México, Brasil, Japón y Rusia 3%, Ucrania e Indonesia con un 2% y finalmente Turquía [7]. Datos de SAGARPA informan que en el 2012 se produjeron 2, 289,247 toneladas siendo Jalisco el primer productor de huevo, con 49.17% de la producción total. En la siguiente gráfica, se muestran los principales estados productores de huevo a nivel nacional. Figura 3.

En el periodo 1990 a 2010 el aumento del consumo del huevo, aumento en un 136%. En este contexto destaca el hecho del consumo per cápita se elevó hasta un 59%, como consecuencia tienen un ritmo promedio anual de 2.3%. Esto es un consumo anual promedio paso de 318 huevos por persona por año a uno de 364 huevos anuales [8].

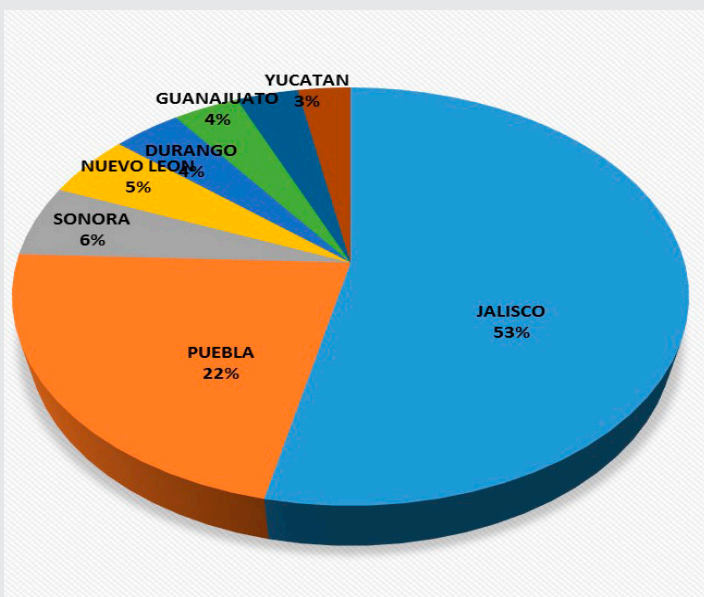


Figura 3. Producción de huevo por estados productores. Fuente: Propia, 2016.

Usos del cascarón de huevo.

Los usos del cascarón de huevo en el área de la construcción son milenarios se hace referencia al acueducto de Querétaro en 1738 y Puente Ortiz, ubicado en Cali Colombia. Construcción se inició en 1824 bajo la dirección de Fray Francisco Ortiz, el cual utilizó el cascarón para darle al puente mayor resistencia.

Cascarón de huevo como abono debido a sus componentes y su prolongado tiempo de descomposición permite a las plantas absorber sus propiedades [9].

Para aumentar la resistencia mecánica o rigidez de los plásticos [10], que se utilizan en las industrias automotriz, electrónica, de embalajes y textiles. Mejorando aun los refuerzos de los minerales tradicionales.

El Instituto de Fermentaciones Industriales del CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) de Madrid España, desarrollo un procedimiento para obtener lactulosa utilizando el cascarón de huevo como catalizador. La lactosa (4-O-β-galactopiranosil-D-fructosa) es un disacárido sintético, obtenido por isomerización de la lactosa (4-O-β-D-galactopiranosil-D-glucosa) [11] con aplicaciones como laxante, complemento alimenticio animal, y para el tratamiento de encefalopatías humanas de origen hepático, [12]. El proceso propuesto y patentado por estos investigadores de transformación de lactosa en lactulosa es sencillo y económico con relación a los procesos tradicionales. Facciano, propone, en este caso usar el cascarón de huevo molido como catalizador (sustancia capaz de hacer que su sis-

tema químico alcance más rápidamente su estado de equilibrio sin alterar las propiedades), para esta transformación [13].

En el Centro de Investigaciones de Bioelementos Naturales, han propuesto al cascarón del huevo como un elemento de los alimentos funcionales; este tipo de alimentos son aquellos que aportan nutrientes y que se ha demostrado que modifican de manera beneficiosa el estado de salud y el bienestar de quien lo consume, proporcionando compensación en los desequilibrios alimentarios. Desde el 2007 hasta la actualidad se siguen hacen investigaciones en este sentido ya que el cascarón posee un valor nutricional de alta ponencia gracias a su contenido de carbonato de calcio como se ha mencionado anteriormente [14].

Otro uso es para recuperar Colágeno, el colágeno es una proteína que se considera como la más abundante en el cuerpo se encuentra en un 65% y representa un 6% del peso corporal. Es producido entre otras células por los fibroblastos, las principales del tejido conjuntivo. Esta proteína aporta fuerza y elasticidad a varios órganos, se renueva en los huesos cada 12 meses y en la piel cada 5 meses [15]. El cascarón de huevo posee una membrana rica en esta proteína la cual es separada mecánicamente y utilizada para uso cosmético.

Existe un método para el tratamiento de aguas residuales, a través de un sistema hidráulico en casa habitación utilizando el cascarón de huevo y otros medios filtrantes, logrando ser una alternativa viable a la solución de escasez del vital líquido [16]. A su vez las descargas de efluentes contaminados, Hormozaed y Suarez, 2009, en la Universidad Nacional de Colombia, demostró las propiedades de absorción a los dos principales colorantes, azul brillante y azul de metileno con el cascarón de huevo [17].

Utilizar para remplazar el carbonato de calcio a nivel comercial, el carbonato de calcio en la industria posee diversos usos por sus distintas propiedades, como lo son; dureza en los materiales plásticos como el PVC; en las pinturas, hule, adhesivos, por sus propiedades de no toxicidad, bajo color intrínseco, resistencia a la intemperie, baja abrasividad, bajo contenido electrolito y efecto estabilizador del PH; en la industria del papel, debido a su carga mineral y su costo sustituyendo a la fibra y proporcionando blancura y facilidad de impresión [18].

MATERIAL Y METODOLOGÍA

El material propuesto en esta investigación es el poliestireno de alto impacto (reciclado) y cáscara o cascarón de huevo de gallina, además de un solvente para poder realizar una mezcla y así someter a este material a pruebas de dureza.

Como es de conocimiento general, todos los materiales son considerados como materias primas transformadas mediante procesos físicos y/o químicos con la finalidad de obtener productos de utilidad para el ser humano. Estos tienen diferentes propiedades físicas, químicas y ecológicas, clasificándose como se puede ver en la figura 4.

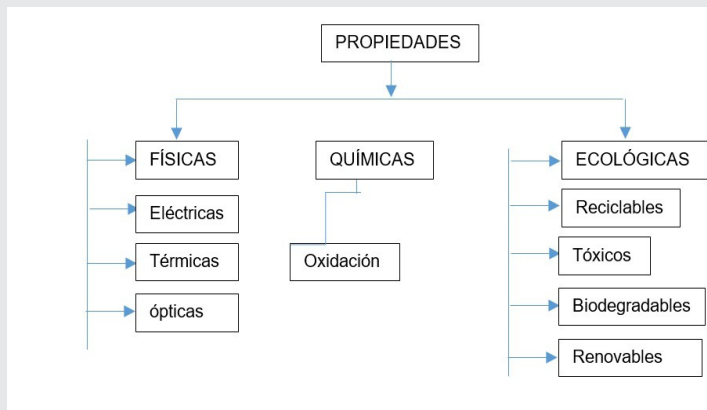


Figura 4. Propiedades de los materiales. Fuente: área tecnología.com 2016

Para objeto de este artículo, se enfoca una propiedad mecánica, la dureza que se le aporta al poliestireno expandido. La metodología que se describe en la figura 5 es la utilizada para comprobar el aumento de dureza en el material propuesto.

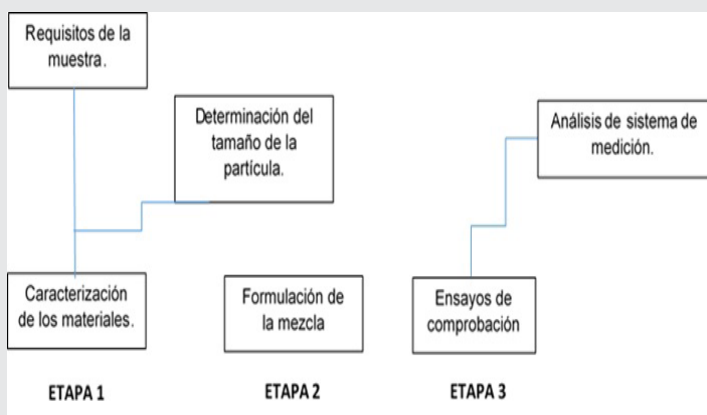


Figura 5. Metodología usada en la investigación Fuente: propia 2016.

La caracterización de los materiales, como ya se había mencionado se utilizó poliestireno expandido de alto impacto, y para determinar el tamaño de partícula se realizó un ensayo basado en la norma ASTM D-422 y ASTM C- 136-01 [19][20], en la cual se da a conocer el método de análisis granulométrico por tamizado. Estableciendo una medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, del cascarón, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica. Granulometría por

tamizado. Se lleva a cabo utilizando tamices en orden decreciente. La cantidad de sedimento retenido indica el tamaño de la muestra, esto solo separa una porción de suelo entre dos tamaños.

La formulación de la mezcla y secado de la misma, (no es profundiza sobre tema hasta que se encuentre patentado). Esta se basa en el diseño de mezclas, diseño de vértices extremos (DOE) [21].

La dureza en los materiales es una propiedad mecánica de los materiales consistente en la dificultad que existe para rayar (mineralogía) o crear marcas en la superficie mediante micropenetración de una punta (penetrabilidad). Los ensayos en materiales pueden ser de dos tipos, Ensayos destructivos o Ensayos no destructivos, estos últimos muy importantes en los controles de calidad (es demasiado caro romper para comprobar un número de veces que asegure que se cumple los estándares). Por tal motivo, es necesario realizar pruebas al material en cuestión para poder conocer las propiedades del mismo en estado sólido con forma de placa esbelta, generalmente recta.

Comprobando antes que el Sistema de medición que se utilizo es confiable por lo tanto se establece un Análisis de este sistema (ASM:GR&R) [22] para establecer su variabilidad.

RESULTADOS

Análisis de Granulometría

El análisis granulométrico por tamizado se realiza a las partículas con diámetros superiores a 0,075 mm. (Malla 200), este ensayo se hace con una serie de mallas normalizadas (a cada número de malla le corresponde una abertura estándar), dispuestos en orden decreciente.

Se realiza un análisis al cascarón de huevo como elemento constitutivo en agregados para la elaboración de elementos estructurales fue el siguiente:

Una vez libre de humedad el material es pasado por proceso de trituración mecánica, maquina diseñada especialmente para el molido de este material con todo y membrana. Y basado en ASTM 400, es realizada la prueba usando las siguientes mallas: 4, 10, 16,50 y 200 milímetros, logrando de esta manera, los resultados mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados de Granulometría.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO EN gr.	% RETENIDOS	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
4	4.76	0	0	0	100
10	2	2	1	1	99
16	1.19	21	10.5	11.5	88.5
50	0.297	148	74	85.5	14.5
200	0.074	20	10	95.5	4.5
TAPA		9	4.5	100	0

La muestra un 74% retenido en el tamiz 50, esto es que las partículas miden 0.297 mm y se encuentra dividida entre lo que se conoce como arcillas limosas y arcillas arcillosas.

Una vez realizadas las tomas de granulometría, se realiza la prueba del tamiz obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 2. Con un coeficiente de uniformidad (Cu) de 2.7 y un coeficiente de concavidad (Cc) de 3.8.

Tabla 2. Resultados de la toma del Tamiz.

ABERTURA (mm)	% PASA	suelo
4.76	100	Arcilla Limosa
2	99	Arcilla Limosa
1.19	88.5	Arcilla Arcillosa
0.297	14.5	limo
0.074	4.5	limo

$$Cc = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{(0.61)}{0.16} = 3.8125 \quad D_{30} = 0.52$$

$$Cu = \frac{(D_{30})^2}{D_{10}D_{60}} = \frac{(0.2704)}{0.0976} = 2.7705 \quad D_{60} = 0.061$$

Pruebas de dureza

La dureza como término general es la capacidad que presentan los materiales a manera de resistencia a que sean deformados, ya sea de manera temporal (deformación elástica) o permanente (deformación plástica).

Antes de realizar en ensayo de dureza se realiza un análisis de sistema de medición corto, dos operados- dos repeticiones, en el cual se muestra que tiene una variabilidad de 27.62 y por el tipo de muestra es aceptable, con un número de categorías distintas de 4 (aceptable con mínimo de tres).

Se procede a la medición de la dureza de un material, el durómetro realiza una penetración en la superficie del material en cuestión. Dicho durómetro tiene un penetrador que normalmente es esférico de 1/16 de pulgada.

Al realizar la prueba con el durómetro al material en cuestión, se aplicó lentamente una carga conocida de 100 kg que presiona de manera perpendicular el penetrador hacia la superficie del material a ensayar.

Se realiza la prueba de dureza con diez muestras con cinco mediciones cada una alcanzando un valor máximo de dureza de 16 y un mínimo de 14 y en promedio 15 en la escala de Rockwell.

La dureza obtenida, en escala Rockwell, del poliestireno expandido de alto impacto sin reforzar en promedio es de 11 en la misma escala. Midiendo la Dureza de otros materiales

Se realiza la prueba de dureza a 5 diferentes materiales, acero templado, acero con bajo contenido de carbono, bronce, madera y a la mezcla propuesta. Obteniendo resultados que es superior a la madera por lo tanto tendrá capacidad del material a soportar cargas ya sea por tensión, compresión o incluso por torsión, pudieran ser similares en magnitud a dicho material orgánico. Además, que pudiera presentarse. El éxito, rendimiento y durabilidad del material en cuestión pudiera estar en la composición y proporción de los materiales base. Sin embargo, aún quedan pruebas que desarrollar para poder darle un uso final y lograr una fiabilidad de dicho material.

CONCLUSIONES

Los talcos que se utilizan para aumentar las propiedades mecánicas van de 0.5 micras hasta 0.3 mm y son utilizados desde hace tiempo con este propósito. En esta investigación con los resultados obtenidos hasta el momento y basado no solo en literatura sino también en los resultados a pruebas obtenidas de acuerdo a la escala Rockwell el poliestireno expandido reciclado aumenta su dureza de 11 a 15. Aportando mayor dureza, aun mayor de las del poliestireno de alto impacto y permitiéndole varios usos a este material.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Figuroa, D. S., Valdés, E. J., Y Valdés, M. A. (2007). *La cascara del Huevo: ¿Desecho o valor agregado para la salud humana y la producción avícola? Una experiencia cubana. La Habana, Cuba: BIONAT.*
- [2] Aragón Arce, P.N. (2013). *Reciclaje e industrialización de Residuos Sólidos Orgánicos. Caso: Cascarón de huevo de gallina. Universidad Autónoma de México. México, D.F.*
- [3] Fernández, M., Arias, J., 2009. *La cascara de huevo: Un modelo de biomineralización Monografías de Medicina Veterinaria*
- [4] Arias Hernández Trujillo, J. Y Padilla Hermida, R. (2015). *Evolución reciente de la producción y consumo de huevo en México. Mundo Siglo XXI, XI(37), 75 87.*
- [6] Hernandez, Ma. A.H., 2009. *Estudios de precipitación de CaCO3 como herramienta para entender los procesos de biomineralización, usando como modelo biológico la cascara de huevo de gallina. Tesis de Doctorado. Universidad de Granada, Granada.*

[7] FAO, Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, 2015. <http://www.fao.org/publications/es/>.

[8] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (México) <http://www.gob.mx/sagarpa#documento>.

[9] Diaz Saldaña, J Y Huamán Acha, J.L. (2012). Colageno tipo I a partir de las cáscaras de huevo. Tesis de UNPRG-FIQIA).

[10] Universidad de Chile, Santiago. (2016). Polypropylene composites with reinforcement based on Eggshells: Procedure to obtain the said composite, reinforcement based on Eggshells, and procedure for obtaining it. Estados Unidos.

[11] (Mizota et al.,1987)

[12] R+D CSIC. Consejo superior de investigaciones científicas ,2010.

[13] Facciano, M. & Menin, M. (2013). Evaluación de la incidencia de las variables del proceso de transformación de lactosa en lactulosa. Jornadas Jovenes Investigadores Tecnologicos, JIT 2013.

[15] Llaguento, D. A. (2012). Colageno tipo I a partir de las carascaras de huevo.

[16] Ruiz cuello, T., Pescador Piedra, J., Raymundo Núñez, L., & Pineda Camacho, G. (2015). Dimensionamiento de un sistema hidráulico en casa habitación para el uso de agua residual. Revista Cubana De Quimica, 27(3), 315, 324.

[17] Hormaza, A. & Suárez García, E. (2009). Estudio del proceso de biosorción de dos colorantes estructuralmente diferentes sobre residuos avícolas. Soc Quim Perú, 75(3), 329 338.

[18] <http://www.papeldepiedra.com/>

[19] ASTM D-422 Análisis Granulométrico por tamizado.

[20] ASTM -136-01 Método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados fino y grueso.

[21] Pulido, H. G., & De la Vara Salazar, R. (2012). Análisis y Diseño de Experimentos. México: Mc Graw.

[22] Anónimo, 2016. Instituto Tecnológico superior de Misantla.

