

MORTERO ARQUITECTÓNICO A BASE DE RESINA DEL ÁRBOL DE CHUKUM

Ariadne Guadalupe Ordóñez Melken¹, Claudia Beatriz Rodríguez Poot²,
Jesús Armando Gómez Pinzón³, Nínive Margely Navarrete Canto⁴

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

Recibido: 28/06/2019 Aceptado: 28/09/2019 Publicado: 03/12/2019

Resumen. - El proyecto consiste en el diseño de un mortero arquitectónico a base de resina del árbol de Chukum, que tuvo como objetivo determinar las características físico-mecánicas con adición de resina orgánica. Se elaboraron 36 cilindros en moldes de acero con mortero testigo y con 5%, 10% y 20% de resina de Chukum, sometiéndolos a pruebas de resistencia bajo cargas de compresión y cortante mediante la aplicación de esta mezcla en adoquines, y el uso de pigmentos para la comparación de tonalidades en la gama de colores. Con este aditivo, el mortero generó una mejor resistencia que el mortero tradicional. Es recomendable para las zonas húmedas, ya que inhibe la presencia de moho, tiene propiedades impermeables, además de ser económico y de fácil aplicación. La metodología está basada en la normativa mexicana ONNCCE.

Palabras clave: Mortero, uso arquitectónico, Chukum, resistencia mecánica.

RESIN BASED ARCHITECTURAL MORTAR FROM THE CHUKUM TREE

Abstract. - The project consists in the design of an architectural mortar based on Chukum tree resin, which aims to determine its physical-mechanical characteristics with the composition of the organic resin. 36 cylinders were made in steel molds with control mortar and with 5%, 10% and 20% of Chukum resin, and subjected to resistance tests under compression and shear loads by applying this mixture on pavers and using pigments for comparison of tonalities in the color range. With this additive, the mortar generated a better resistance than that of the traditional mortar. It is suitable for humid regions since it does not breed mold, it has waterproof properties, as well as being economical and easy to apply. The methodology is based on Mexican ONNCCE regulations.

Keywords: Mortar, architectural use, Chukum, mechanical resistance.

Introducción

El constante crecimiento de la población ha traído consigo distintas problemáticas en el mundo, incluso en el país, tal es el caso de la falta de viviendas con aplanados resistentes a los impactos ambientales y accidentales, en especial para las personas de escasos recursos. Debido a este tipo de problemas, investigadores y expertos en la construcción han encontrado alternativas ecológicas de manera que no se dañe al medio ambiente, sea económico y sobre todo de larga duración, así como también la industria de la construcción está interesada en la búsqueda de nuevos materiales que ayuden a la optimización de procesos constructivos. El cemento Portland es un material de suma importancia para el desarrollo de dichos procesos, ya que es la base primordial para la elaboración de morteros y concretos. (J.B, 2008)

Según la Norma Oficial Mexicana NMX-C-021, Mortero Portland es el conglomerante hidráulico que se usa en trabajos de albañilería. La *Cement Concrete Terminology*, ACI SP-19 define un Aditivo como un material diferente del agua, de los agregados y del cemento, que se emplea como componente del concreto o mortero, agregándose a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado.

Existen distintos tipos de aditivos que se le agregan a los morteros para obtener distintas ventajas que lo hacen distintos al mortero común. La resina del Chukum es considerado como aditivo colorante e impermeabilizante.

¹ Ariadne Guadalupe Ordoñez Melken. Estudiante de la Carrera de Arquitectura del Instituto Tecnológico de Chetumal. Tecnológico Nacional de México/I. T. Chetumal. aris1139@hotmail.com (**Autor correspondiente**)

² Claudia Beatriz Rodríguez Poot. Docente del Instituto Tecnológico de Chetumal. Tecnológico Nacional de México/I. T. Chetumal.

³ Jesús Armando Gómez Pinzón. Docente del Instituto Tecnológico de Chetumal. Tecnológico Nacional de México/I. T. Chetumal.

⁴ Nínive Margely Navarrete Canto. Docente del Instituto Tecnológico de Chetumal. Tecnológico Nacional de México/I. T. Chetumal.

Debido a lo anterior el presente proyecto se desarrolló con el objetivo de analizar la reacción mortero-resina, su resistencia bajo cargas de compresión y cortante tanto para el mortero testigo como para los sustituidos (5%,10% y 20%), determinando y analizando los datos adquiridos según la normativa ONNCCE, y su acabado final, mediante pruebas de laboratorio.

Materiales y métodos

Materiales

Para la elaboración del mortero testigo se utilizaron los siguientes materiales basado en la normativa mexicana ONNCCE: Agua, Cemento blanco CPC 30R, agregado pétreo fino para morteros testigo, vaciado en moldes cilíndricos de acero con medidas de 7.5 cm x 15cm. De igual manera se elaboraron cilindros de mortero con aditivo de resina del árbol de Chukum utilizando 5%,10% y 20% de esta misma.

Métodos

Obtención de la resina orgánica y pruebas de laboratorio

La resina del árbol del Chukum, como se le conoce al árbol endémico de la península de Yucatán (*Havardia albicans*), se caracteriza por tener una corteza espinosa y una resina rica en taninos que le da el color rojo similar al vino y posee múltiples propiedades para el uso en coloración de curtidos, la medicina tradicional y actualmente en la construcción. Para la extracción de la resina se trazan estrías en la corteza, de tal manera que no se genere un impacto ambiental, ya que se contemplan diversos cultivos de esta especie.

Caracterización del agregado fino

Esta fase en la elaboración del mortero se realizó con un solo fin, el conocer las diferentes reacciones y el análisis del agregado pétreo fino que se utilizará, que mediante las distintas normativas mexicanas ONNCCE y con las respectivas ecuaciones se llegó a lo siguiente:

- Humedad: 1.75%
- PVSS: 1303.67 kg/m³
- PVSC: 1535.14 kg/m³
- Absorción: 5.26%
- PVSSS: 2.67 g/cm³
- PVSA: 2.54 g/cm³

Diseño de la mezcla del mortero

El diseño de la mezcla se trabajó de acuerdo a la norma NMX-C-061-ONNCCE-2010 referente a la determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos, utilizando cemento portland CPC 30R y una relación agua cemento (a/c) de mortero testigo =0.611, 5% = 0.612, el de 10% = 0.540 y el mortero con 20% = 0.520.

Calidad y ajuste de las mezclas con resina de Chukum

Se determinó las calidades de las mezclas mediante la prueba de fluidez según establece la norma NMX-C-144-ONNCCE-2010 y se elaboró el ajuste de contenido de agua. En esta etapa se realizó el moldeado del mortero en cilindros de acero y el curado de las muestras a los 7, 14 y 28 días.

Pruebas mecánicas

Se realizaron pruebas de compresión basadas en la norma NMX-C-061-ONCCEE-2010 para las edades de 7,14 y 28 días, sometiendo a las muestras a una prueba de carga axial en una prensa mecánica. Las pruebas de esfuerzo cortante se basaron en la elaboración del mortero en sus diferentes proporciones de 5%,10% y 20% de resina utilizado para la unión de adoquines y ensayarlos a la edad de 28 días para así conocer la resistencia o adherencia que existe.

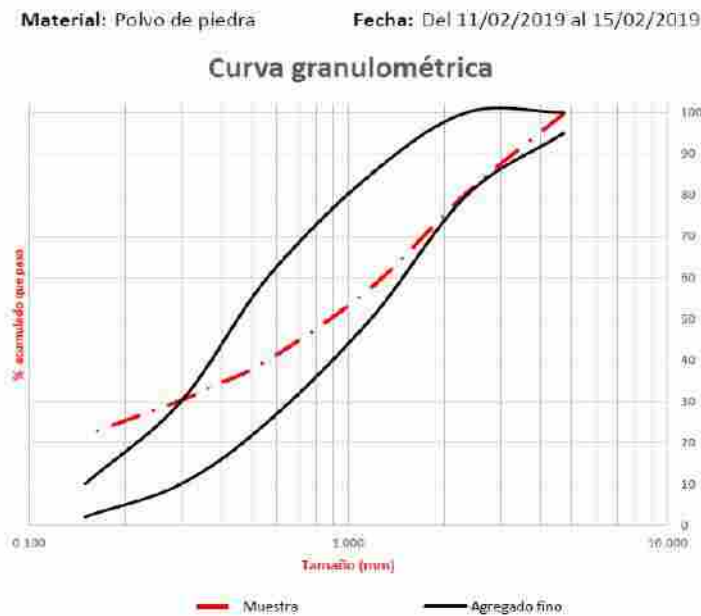
Resultados y discusión

En la Gráfica 1, se puede observar la curva granulométrica del agregado pétreo fino después de su proceso granulométrico, se observó que el módulo de finura fue de 3.36, sobrepasando el límite permitido por la norma NMX-C-329-ONNCCE como se muestra en la Tabla 1, por lo tanto, esto demanda más cemento y agua en el diseño de la mezcla, elevando así la resistencia de las muestras testigo y con aditivo.

Tabla 1. Módulo de finura del agregado fino para morteros.

TIPO DE AGREGADO	MÓDULO DE FINURA
Gruesa (concreto)	2.90 – 3.20
Media (morteros de pega)	2.20 – 2.90
Fina (aplanados)	1.50 – 2.20
Muy fina	1.50

Fuente: Norma ASTM C-33



Gráfica 1. Curva granulométrica del agregado pétreo fino

Diseño y ajustes de la mezcla de mortero

Se realizaron los ajustes de los contenidos de agua y Chukum para las diferentes proporciones de las mezclas testigo y con aditivo, mediante la prueba de fluidez, teniendo para el mortero testigo un porcentaje de fluidez de 110.40%, para el 5% un porcentaje de fluidez de 111.75%, para 10% un porcentaje de fluidez de 113.10% y para el 20% 114.40%. los resultados cumplen con el rango establecido de 110 ± 5 según la norma NMX-C-061-ONNCCE-2010. Se puede observar que, de acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a la fluidez de la consistencia normal de la mezcla, las muestras con resina tuvieron una consistencia más fluida, tal es el caso del mortero con 20% teniendo una fluidez de 114.40% por lo que la mezcla de mortero testigo tuvo una fluidez de 110.40%, lo cual indica que el aditivo provocó que la mezcla fuera más trabajable.

Determinación de la resistencia a la compresión

Ensayo efectuado bajo los lineamientos de la norma NMX-C-061-ONNCCE a los 7,14 y 28 días al mortero testigo y a los morteros con sustitución de agregado. Fueron sometidas una por una la muestras a una prueba de carga axial en

una prensa mecánica, previamente cabeceados con azufre, dando así la carga resistente de cada cilindro como se muestra en la Tabla 2 y la Grafica 2.



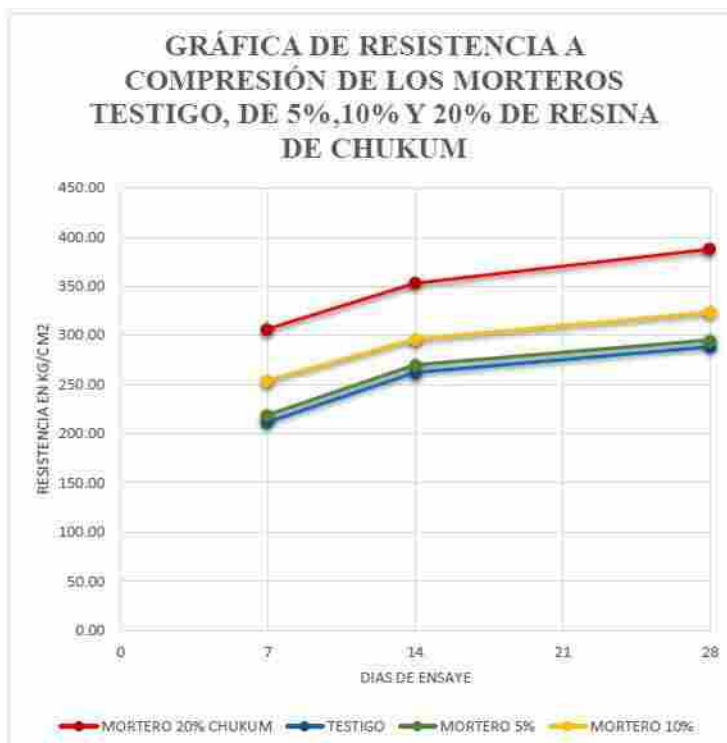
Figura 1. Muestras después de la prueba a compresión.



Figura 2. Cilindro en la prensa mecánica.

Tabla 2. Resistencia promedio a compresión de 7,14 y 28 días.

RESISTENCIA PROMEDIO A COMPRESIÓN EN KG/CM ²				
DÍAS	TESTIGO	5% CHUKUM	10% CHUKUM	20% CHUKUM
7	211.74	218.94	253.99	306.41
14	262.43	270.10	296.20	352.93
28	288.21	295.23	323.26	387.55



Grafica 2. Gráfica comparativa de las resistencias de los morteros a diferentes edades.

En cuanto a la normativa ONNCCE, en relación a las especificaciones técnicas para construcción de obras, delimitan un rango mínimo de resistencia a compresión para morteros y aplanados de 40 kg/cm² a los siete días y de 65 kg/cm² a la edad de 28 días. Los resultados obtenidos en comparación a lo mencionado anteriormente y lo estipulado por la

norma NMX-061-ONCCEE-2010 sobrepasaron el mínimo permitido, teniendo como respuesta a la prueba de compresión a una edad de 28 días para el mortero testigo una $f'c$ de 288.21 kg/cm², para 5% de resina $f'c$ 295.23 kg/cm², de 10% $f'c$ 323.26 kg/cm² y 20% con un $f'c$ de 387.55 kg/cm², todas las muestras superaron la mínima $f'c$ 40 kg/cm², sin embargo las muestras con aditivo superaron al mortero testigo, de tal manera que se puede observar que con el paso del tiempo la resistencia de fue aumentando pero sobre todo que la muestra de 20% resulto ser más resistente a comparación de las otras muestras.

Esfuerzo cortante

Con base a la fórmula de resistencia, se determinó la adherencia o el esfuerzo cortante del mortero testigo y con sustitución, como una prueba alternativa o método indirecto, debido a que el cortante se presentara en las zonas de contacto del adoquín - mortero – adoquín, y mide la fuerza con la que el mortero mantiene unido a los adoquines, es decir, la tensión cortante es aquella que fijado a un plano actúa tangencialmente sobre el mismo.



Figura 3. Adoquines unidos con mortero testigo y sustituidos.



Figura 4. Ensaye de prueba de esfuerzo cortante

Tabla 3. Resultado de la adherencia de los morteros

ESFUERZO CORTANTE KG/CM ²			
TESTIGO	5% CHUKUM	10% CHUKUM	20% CHUKUM
9.84	10.85	11.49	14.08



Grafica 3. Resistencia promedio a cortante.

La adherencia es una característica propia de los morteros, para adherirse a los materiales con los cuales está en contacto. Ésta es para muchos la propiedad fundamental que deben cumplir los morteros, y son pocos los que han realizado una investigación para determinar los valores que deben alcanzar.

Puesto que no existen parámetros establecidos para delimitar la adherencia del mortero, los estudios realizados para ello solo comparan sus resultados obtenidos en base a la prueba testigo contra sus pruebas de ensaye, lo que hace difícil tener una resistencia a la adherencia mínima permisible. Al momento de la fractura en los adoquines con mortero testigo y el de 5% de resina no se notó un desprendimiento del adoquín, sino fractura del mortero; por lo tanto, los adoquines con 10% y 20 % fue desprendimiento del adoquín.

Gama de colores

Como se observa en la figura 5, se realizó la última prueba utilizando colorantes en polvo en tono amarillo y rojo cobre en diferentes porciones, lo cual da como resultado distintas tonalidades que benefician al mortero ya que además del pigmento neutro que proporciona la resina del Chukum también le da un realce con los colorantes haciéndolo más armónico y estético tanto en fachadas, como en interiores.

El color es necesario en la arquitectura y más allá del interiorismo o de esa función por el afán de embellecer y singularizar el resultado o por marcar las diferencias de éste con convecinos a partir de su frescura, capacidad de sorpresa, refinamiento, originalidad, etc. Se debe entender que el color es una variable destacada del diseño edificatorio. (OVACEN, 2016)



Figura 5. Gama de colores en mortero testigo y con aditivo.

Conclusiones y recomendaciones

El mortero con aditivo de resina se presentó como una posible solución a la demanda constante de un recubrimiento para aplanados de casas habitación que carezcan de éste. Así mismo se estudió las propiedades mecánicas del mortero, esfuerzo a compresión y cortante.

Con el análisis granulométrico se observó que el agregado pétreo fino no fue el adecuado, ya que mediante la curva granulométrica se determinó que el módulo de finura de 3.36, el cual la norma NMX-C-329-ONNCCE establece parámetros de 1.5 (aplanados) a 3-20 (concreto), el agregado pétreo sobrepasa el límite permitido por la normativa debido a que presenta una gran cantidad de finos por lo que incremento la dosificación utilizada al momento de realizar el diseño de la mezcla del mortero demandando más agua y cemento.

El mortero testigo presentó características poco favorables de un recubrimiento para aplanado, adherencia, fluidez y trabajabilidad. La relación agua/cemento del mortero testigo fue de 0.611, por lo que la resistencia obtenida de la muestra fue de $f'c = 288.21 \text{ kg/cm}^2$ a una edad de 28 días, tomando en cuenta una fluidez de 110 ± 5 según la norma NMX-C-061-ONNCCE-2010, sin embargo, la mezcla tuvo una fluidez de 110.40% y en la prueba de esfuerzo cortante se obtuvo un resultado de 9.84 kg/cm^2 .

Se recomienda para fines más específicos de la investigación realizar un graduado del agregado pétreo fino o en su caso conseguir éste mismo de tal manera que cumpla con las condiciones del módulo de finura para así evitar problemas en este tipo de ajustes.

El mortero de 5% de Chukum presentó tendencias casi similares en la mezcla al del mortero testigo, teniendo una relación $a/c = 0.612$, por lo que su resistencia fue de $f'c = 295.23 \text{ kg/cm}^2$ a 28 días con un aumento de resistencia del 2.44% y en la adherencia un 10.25% valores mayores en comparación al testigo, además de tener una fluidez de 111.75%. En cuanto al mortero con el 10% de aditivo, se obtuvieron datos más altos al testigo y 5%, teniendo una resistencia de $f'c = 323.26 \text{ kg/cm}^2$ a 28 días con un aumento de 12.16% y en resistencia cortante con 11.49 kg/cm^2 aumentando un 16.77% a comparación del mortero testigo, tomando en cuenta que la mezcla tuvo una fluidez de 113.10%.

Por último, con el mortero de 20% se obtuvieron datos favorables, ya que presentó una resistencia y adherencia satisfactoria, a pesar de que en materia de normativa pasa el mínimo permitido a los 28 días, presentando una relación $a/c = 0.520$, con una resistencia de $f'c = 387.55 \text{ kg/cm}^2$ aumentando un 34.47% con relación al testigo y una adherencia de 14.08 kg/cm^2 , teniendo una fluidez en la mezcla de 114.40%.

De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a la fluidez de la consistencia normal de la pasta, se observó que las muestras con resina tuvieron una consistencia más fluida que la mezcla del mortero testigo, lo cual indica que el aditivo provocó que la mezcla fuera más trabajable. Cabe mencionar que el mortero a base de resina es eficiente ya que físicamente presenta distintas características al mortero testigo, tal es el caso que no genera poros por lo que no tiende a absorber agua de más y presenta propiedades impermeables, además de que aparentemente brinda un tono neutro. Se considera que este tipo de mortero a base de resina es factible, económico, de fácil aplicación y resistente, por lo que se recomienda llevar a cabo su aplicación en muros para comprobar lo dicho anteriormente, además del tiempo de vida que genere. También se recomienda realizar un estudio químico de éste y del aditivo para conocer su composición más a fondo.

Con relación a la gama de colores, se concluye que el Chukum hace que los pigmentos tengan una tonalidad más elevada, y estas muestras sean una opción para la arquitectura en aplanados. El color en la arquitectura es importante y necesario, no solo para embellecer el espacio, sino también para la sensación de una persona ya que puede tener incidencia directa a ciertas actitudes de las personas, algo a lo que se le conoce como psicología del color. El Chukum posee un tono natural el cual brindaría una tendencia minimalista en construcciones.

Bibliografía

- Alvarez, J. I. (2015). *Historia de los morteros*. Navarra: Departamento de Química y Edafología, Facultad de Ciencias. Obtenido de:
http://www.researchgate.net/profile/Jose_Alvarez37/publication/273110688_Historia_de_los_morteros
- Bizzotto, M. B. (Junio de 1998). *Minihormigones con cascarilla de arroz natural y tratada como agregado granular*. Primer Congreso Internacional de Tecnología del Hormigón, 11. Recuperado el 15 de Octubre de 2019, Obtenido de http://ing.unne.edu.ar/revista/noviembre/ARANDU_BIZZOTTO.PDF
- Botero, J. C. (2005). *Uso del licor de plantas agavaceas como aditivo en morteros y hormigones de cementos portland*. Colombia. Recuperado el 13 de Octubre de 2019, Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/4543/>
- Cabrera, J. L. (1995). *La adherencia en los morteros de albañilería*. Materiales de construcción .Obtenido de:
<http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/546>
- CEMEX. (2014). *Catálogo Soluciones Cemex. Colombia*. Obtenido de:
<http://www.cemexcolombia.com/documents/45752949/45757403/catalogo-soluciones.pdf>
- Cetzal-Ix, E. N. (2018). *Plantas tintóreas y su uso en las artesanías de palma jipijapa*. Campeche: Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Obtenido de:
https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2018/2018-02-01-WCetzal-Plantas-tintoreas.pdf
- Correa, R. S. (2000). *Aplicación del Cemento Portland y los Cementos Adicionados*. Obtenido de Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina: Obtenido de: <https://es.scribd.com/document/362600346/Dialnet-AplicacionDelCementoPortlandYLosCementosAdicionado-5314014>
- Duno, R. (2014). *La Endémica del mes: Patrón de distribución y conservación de Harvardia Albicans (Chukum)*. Mérida, Yucatán: Herbario CICY, Unidad de Recursos Naturales. Obtenido de:
https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2014/2014-03-06-Duno.pdf
- Ferrándiz Mas, V. ., (01 de Marzo de 2012). *Caracterización física y mecánica de morteros de cemento Portland fabricados con adición de partículas de poliestireno expandido (EPS)*. (I. d. Torroja, Ed.) Materiales de

- Construcción, 547-566. Obtenido de
<http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/747/798>
- Fortaleza, C. (2016). *Cemento Portland Compuesto CPC 30 R*. Obtenido de
https://www.cementosfortaleza.com/cpc_30/
- GOVEA, R. P. (2009). *Estudio y caracterización de morteros para la restauración arquitectónica*. Obtenido de:
<http://hdl.handle.net/10045/12207>
- I. Vegas, I. A. (2009). *Diseño y prestaciones de morteros de albañilería elaborados con áridos reciclados procedentes de escombros de hormigón*. *Materiales de Construcción*, 5-18. Obtenido de:
<http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/142/183>
- Rivera, A. S. (2018). *Especies nativas con potencial forrajero y multipropósito*. Mérida, Yucatán: Biodiversidad Yucatán. Obtenido de: http://sds.yucatan.gob.mx/biodiversidad-yucatan/04Parte3_Usos_Biodiversidad/Capitulo7/10Especies_nativas_potencial.pdf
- Seguí, P. S. (2016). *OVACEAN*. Recuperado el 09 de Octubre de 2019, de *¿Cómo afecta el color en la Arquitectura?*, Obtenido de: <https://ovacen.com/como-afecta-color-en-la-arquitectura/>
- Torres, M. d. (2008). *Desempeño de morteros adicionados con Metacaolín frente a la acción de sulfatos*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64328113>
- UH, E. J. (2013). *Evaluación de las resistencias mecánicas (compresión y cortante) de un mortero para aplanados con la sustitución parcial del agregado fino por PET*. Chetumal, Quintana Roo.
- UMACON. (2017). *Materiales innovadores en la construcción. ¿Qué beneficios nos aportan?* 18/09/2019, Obtenido de: <http://www.umacon.com/noticia.php/es/materiales-innovadores-para-construccion/431>
- Zaragoza, H. (2008). *Mejoramiento de morteros a través de Nopal*. (U. A. Querétaro, Ed.) *J.PACD*, 7. Obtenido de: <http://www.jpacd.org/downloads/Vol10/V10P126-132.pdf>