

Capítulo 2 Diseño y aplicación de impermeabilizante a base de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*)

Chapter 2 Design and application of waterproofing based on cactus mucilage (*Opuntia ficus-indica*)

RODRÍGUEZ-URIBE, Juan Carlos†*, SERRANO-ARELLANO, Juan´ y VELAZQUEZ-LUCHO, Karla María´´

´División de Arquitectura, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan., Domicilio Conocido, el Saucillo Municipio de Huichapan Hgo, México.

´´División de Ingeniería en Energías Renovables, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan., Domicilio Conocido, el Saucillo Municipio de Huichapan Hgo, México.

ID 1^{er} Autor: *Juan Carlos, Rodríguez-Uribe* / **CVU CONACYT-ID:** 166235

ID 1^{er} Coautor: *Juan, Serrano-Arellano* / **Researcher ID Thomson:** F-1060-2013

ID 2^{do} Coautor: *Karla, María Velázquez-Lucho* / **CVU CONACYT ID:** 415160

DOI: 10.35429/H.2021.14.1.25.34

J. Rodríguez, J. Serrano y K. Velázquez

* jcrodriguez@iteshu.edu.mx

J. Serrano, J. Rodríguez, Z. Trejo, K. Velázquez, J. Marmolejo, D. Pineda. (AA. VV.) *Arquitectura y sustentabilidad. Handbooks-©ECORFAN-México, Hidalgo, 2021.*

Resumen

A partir del impacto de los cambios climáticos como son las lluvias intensas, se desprende nuestra preocupación ante este escenario, ya que proponemos una alternativa de solución para las cubiertas de viviendas las cuales son muy vulnerables frente a la interacción directa con el agua producto de fuertes lluvias que provoca un daño grave y progresivo, hay antecedentes de morteros tradicionales de origen natural orgánicos, los cuales su uso supone resultados eficientes en los aspectos de sustentabilidad, técnicos y económicos, presentándose como una mejor opción para el usuario, por lo tanto, nuestro planteamiento para diseñar un mortero con base a mucilago de nopal es primordial, para que con su aplicación contribuya al logro de una mayor vida útil de la cubiertas que conforman las viviendas. En este caso se realizará el diseño del estudio experimental, para lo cual a partir de la extracción de la baba de nopal (mucilago) y su caracterización se establecen diversas dosificaciones junto con otros materiales para determinar el mejor desempeño de la dosificación para impermeabilización. Una vez establecida la campaña experimental se lleva a cabo la construcción de probetas en donde se aplica el impermeabilizante y con ello se lleva a cabo un monitoreo de la filtración de agua en el elemento estructural.

Impermeabilización, Sustentabilidad, Materiales

Abstract

Based on the impact of climate changes such as heavy rains, our concern in this scenario arises, since we propose an alternative solution for the roofs of houses which are very vulnerable to direct interaction with water caused by strong rains that causes serious and progressive damage, there is a history of traditional mortars of natural organic origin, whose use implies efficient results in sustainability, technical and economic aspects, presenting itself as a better option for the user, therefore, our The approach to designing a mortar based on nopal mucilage is essential, so that with its application it contributes to the achievement of a longer useful life of the roofs that make up the homes. In this case, the design of the experimental study will be carried out, for which from the extraction of the nopal slime (mucilage) and its characterization in various dosages together with other materials to determine the best performance of the dosage for waterproofing. Once the experimental campaign is established, the construction of test tubes where the waterproofing is applied is carried out and with this a monitoring of the water seepage in the structural element is carried out.

Waterproofing, Sustainability, Materials

2.1 Introducción

Desde la antigüedad el hombre ha buscado refugio y protección contra los elementos. Sin embargo, aun hoy en día, después de siglos de avances tecnológicos en materiales y técnicas de construcción, sin embargo, el hombre todavía se enfrenta a elementos de la naturaleza que dañan sus refugios construidos. Los impermeabilizantes son sustancias que cortan el paso del agua, impidiendo su paso, y son usados para cubrir materiales que deben permanecer secos. Su funcionamiento es eliminar o reducir la porosidad del material, llenando filtraciones y aislando la humedad.

Los problemas de impermeabilización se siguen presentando debido a la creciente complejidad de los sistemas construcción, y también por la desatención por la mayoría de los principios básicos de impermeabilización, y una incapacidad para coordinar la interconexión entre la multitud de sistemas constructivos involucrados en un solo edificio.

Controlar adecuadamente las aguas subterráneas, el agua de lluvia y aguas superficiales evitan daños y evita reparaciones innecesarias a la construcción. De hecho, el agua es el agente erosionante más destructivo para los materiales de construcción. El agua continúa dañando y destruyendo por completo más edificios y estructuras que la guerra o desastres naturales. El agua y la infiltración de humedad también son responsables de la formación de moho y los problemas de salud de los usuarios de las construcciones.

La impermeabilización también implica elegir diseños y materiales adecuados para contrarrestar los efectos perjudiciales de estas naturales fuerzas. Las obras de construcción requieren la combinación de sistemas constructivos para evitar la infiltración de agua.

Las incapacidades para unir estos diversos componentes han logrado que la mayoría de los problemas de agua causen grandes problemas. Actualmente la experiencia ha demostrado que la mayoría de los problemas de infiltración de agua se producen en un tiempo relativamente pequeño y afectan el área total de la superficie expuesta de un edificio. La incapacidad para controlar los componentes de una solución de impermeabilización integral crea una multitud de problemas que enfrenta el diseño y construcción de una vivienda (Canales,2016) [1].

Los impermeabilizantes son sustancias que cortan el paso del agua, impidiendo su paso, y son usados para cubrir materiales que deben permanecer secos. Su funcionamiento es eliminar o reducir la porosidad del material, llenando filtraciones y aislando la humedad. (Kubal,2008) [2].

Hoy en día a nivel nacional y regional, no se da tanta importancia a la investigación en torno a la utilización de recursos naturales como es el mucilago de nopal entre otros, estos productos naturales que tienen propiedades muy interesantes que se pueden usar en el ámbito de la construcción que ayudarían a mejorar las propiedades físicas y químicas de los materiales que son usados en las edificaciones, estos recursos son más usados en la medicina natural, dadas las condiciones climatológicas del país y las facilidades para su cultivo (Vargas et al, 2016) [3].

Los impermeabilizantes son de origen tradicional natural o sintético. En los naturales tenemos los de mezclas con Cal y piedra alumbre y, dentro de los sintéticos, el uso de derivados del petróleo. Existen varios tipos de impermeabilizantes, pero hoy en día el más buscado es el impermeabilizante acrílico, por su perdurabilidad y por ser completamente atóxico, por lo que puede ser usado en cualquier ambiente. Existen diferentes tipos de impermeabilizantes, los más recomendados son aquellos de alta calidad, durables, y con acabado estético.

Para los habitantes de una vivienda, la decisión de aplicar algún tipo de impermeabilizante varía dependiendo de la superficie, el costo, la durabilidad, la aplicación y la garantía, ello hace que muchas veces esta misma los lleve a tomar una decisión imprecisa e inclusive el no aplicar ningún tratamiento, si no se tiene la información adecuada antes de tomar la decisión. (Simba, 2007) [4].

En México el problema del deterioro de la vivienda obedece principalmente a las siguientes causas: A. la estructura ocupacional y de ingresos de la población B. Al crecimiento demográfico C. A la especulación sobre los elementos que componen la vivienda (tierra y materiales).

A continuación, en la Tabla 1 se muestra los materiales empleados en la conformación de las cubiertas de viviendas en México de acuerdo al censo de INEGI 2015 [5].

Tabla 1 Materiales empleados en la conformación de los techos (cubiertas) en México

Material de construcción predominante en techos	Porcentaje (%)
Losa de concreto o viguetas con bovedilla	75.3
Lámina de fibrocemento ondulada (techo fijo)	0.1
Palma o paja	0.4
Madera o tejamanil	2.3
Terrado con vigería	0.5
Teja	2.2
Material de desecho	0.3
Lámina de Cartón	1.2
Lámina metálica	13.0
Lámina de asbesto	4.7

Fuente: Censo INEGI, 2015

Para los habitantes de una vivienda, la decisión de aplicar algún tipo de impermeabilizante varía dependiendo de la superficie, el costo, la durabilidad, la aplicación y la garantía, ello hace que muchas veces esta misma los lleve a tomar una decisión imprecisa e inclusive el no aplicar ningún tratamiento, si no se tiene la información adecuada antes de tomar la decisión. En la Figura 1 observamos el modelo conceptual de cubierta de vivienda con impermeabilizante.

Figura 1 Modelo conceptual de cubierta de vivienda con impermeabilizante



Fuente: Autoría propia

2.2 Metodología para desarrollar

La principal función de un impermeabilizante es su capacidad de evitar la filtración de agua y humedad a través de materiales con los que integra una edificación, así se analiza la influencia de mezclas de impermeabilizantes elaborados en laboratorio con componentes tradicionales en probetas.

La propiedad para analizar en los ensayos es la permeabilidad/filtración.

El diseño experimental se llevó a cabo con mezclas de impermeabilizantes tradicionales elaborados en laboratorio. El impermeabilizante tradicional con base a cal es el que emplearemos para el desarrollo de la presente investigación.

El proceso del diseño experimental se divide en las siguientes etapas, la primera etapa consiste en elaborar probetas de concreto ya que es el material más utilizados en los elementos estructurales que conforman la cubierta de viviendas, la siguiente etapa consiste en la elaboración y dosificación de los impermeabilizantes tradicionales (a base de cal) que emplearemos en los ensayos para continuar con el proceso de aplicar los impermeabilizantes tradicionales en las probetas previamente fabricadas con el objetivo de someterlas a ensayos de permeabilidad para identificar el impermeabilizante con mejor desempeño ante la filtración.

Etapas 1. Elaboración de probetas (concreto)

La cubierta es la parte del edificio más expuesta a las incidencias de agentes climáticos como lo es la lluvia, por ende, la trascendencia de protección de este elemento estructural por medio de la impermeabilización.

Se fabricaron en el laboratorio probetas de concreto dado que es el material más empleado para la construcción de cubiertas en viviendas. Las dimensiones de las probetas fueron elegidas por la necesidad de manejo adecuado en laboratorio. La Figura 2 muestra la elaboración de probetas de concreto.

Figura 2 Elaboración de probetas (concreto) para ensaye de impermeabilizante



Fuente: Autoría propia

Etapa 2. Dosificación de impermeabilizante tradicional con base de cal y mucilago

Para fabricar el impermeabilizante tradicional a base de cal se elaboró en laboratorio una mezcla de agua, cal, cemento blanco y con una dosificación resultante por medio de los volúmenes y pesos volumétricos de los materiales que se emplearon. En la Figura 3 identificamos el proceso de dosificación del impermeabilizante tradicional a base de cal.

Figura 3 Dosificación de impermeabilizante tradicional a base de cal



Fuente: Autoría propia

Asimismo, se estableció una dosificación del impermeabilizante tradicional con base a cal y mucilago. En la Figura 4 muestra los componentes del impermeabilizante con base a cal y mucilago.

Figura 4 Componentes de impermeabilizante tradicional con base a cal y mucilago



Fuente: Autoría propia

Extracción del mucilago de nopal. Se describe a continuación la metodología de extracción del mucilago de nopal.

Para dar comienzo con la extracción de mucilago de nopal acudimos dentro de la zona semidesértica de Huichapan Hidalgo, donde encontramos gran variedad de nopales de diferentes especies (opuntia) generalmente comestibles.

La Figura 5 muestra nopales de la clase (opuntia) de penca grande como mediana en un ambiente semidesértico dentro de la zona. Se recolectaron varias pencas con el objetivo de extraer la cantidad suficiente de mucilago que emplearemos en la etapa experimental.

Figura 5 Selección y corte de nopal



Fuente: Autoría propia

Posterior a la recolección de pencas de nopal, se limpiaron con agua y con una herramienta de corte (cuchillo) se les eliminó las espinas. Una vez que las pencas de nopal fueron cortadas en cuadros y se depositaron en un recipiente con agua durante un tiempo de 24 horas. En la Figura 6 identificamos el proceso de corte del nopal.

Figura 6 Corte del nopal en pequeñas fracciones



Fuente: Autoría propia

Después de dejar remojar los cuadros de nopal en un recipiente, con ayuda de un colador se separará el mucilago de nopal como observamos en la Figura 7.

Figura 7 Proceso de separación del mucilago de nopal



Fuente: Autoría propia

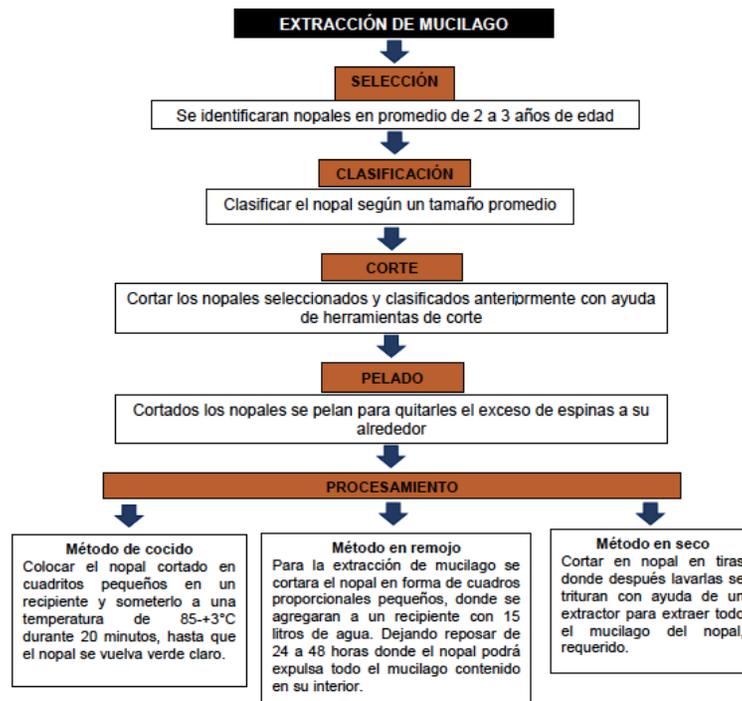
A partir de este punto separamos el mucilago de nopal el cual será almacenado por medio de recipientes. La Figura 8 muestra tanto mucilago de nopal obtenido después del proceso de colado como los recipientes con mucilago de nopal.

Figura 8 Mucilago de nopal en recipientes



Fuente: Autoría propia

La Figura 9 muestra la síntesis metodológica para la extracción del mucilago de nopal.

Figura 9 Metodología de extracción de mucilago de nopal

Fuente: Autoría propia

Etapa 3. Aplicación de los impermeabilizantes tradicionales elaborados en probetas

Se aplicaron los impermeabilizantes a las probetas previamente elaboradas. Se limpiaron previamente las probetas con el objetivo de contar con superficie homogénea para aplicar el impermeabilizante. El impermeabilizante se aplicó por medio de una brocha en tres capas. En la Figura 10 muestra el proceso de aplicación de impermeabilizante en las probetas.

Figura 10 Impermeabilizantes aplicados en las probetas

Fuente: Autoría propia

Etapa 4. Monitoreo de filtración en probetas

Con la ayuda de inyectores se aplicó una cantidad de agua sobre la superficie de las probetas con el objetivo de medir la permeabilidad del sistema. El monitoreo de la filtración consistió en monitorear en un tiempo (t) la cantidad de agua que se filtró de la cara superior de la probeta a su cara inferior. En la Figura 11 observamos la colocación de agua en las probetas por medio de los inyectores.

Figura 11 Monitoreo de filtración en probetas

Fuente: Autoría propia

2.3 Resultados

Los resultados que se obtuvieron a partir del ensaye de filtración/permeabilidad en las probetas de concreto son los siguientes:

Tabla 2 Resultados de los ensayos de filtración

Impermeabilizante	Cantidad de agua agregada	Filtración después de 6 horas	Filtración después de 12 horas	Filtración después de 24 horas	Total, de mililitros
Probeta Impermeabilizante a base de cal	50 mililitros	1.2 mililitros	1.8 mililitros	2.1 mililitros	5.1 mililitros
Probeta Impermeabilizante a base de cal + mucilago	50 mililitros	1.1 mililitros	2.0 mililitros	2.3 mililitros	5.4 mililitros
Probeta sin Impermeabilizante	50 mililitros	5 mililitros	8.3 mililitros	9.2 mililitros	22.5 mililitros

Fuente: Autoría propia

2.4 Agradecimientos

Igualmente deseo agradecer el apoyo brindado por los estudiantes del ITESHU, C. VILLEDA-VILLEDA, Susana, C. PEREZ-IRINEO, Omar & C. CRISTINO-PERALES, María Guadalupe para el desarrollo de la presente investigación.

2.5 Conclusiones

La humedad dentro de la vivienda causa un alto impacto los usuarios desde el punto de vista de salud, económico y de confort. Hoy en día identificamos en el mercado una gran variedad de impermeabilizantes industrializados que por su alto costo y su impacto negativo al ambiente se cuestiona su uso.

De la presente investigación destacamos los siguientes puntos a manera de conclusión del desempeño ante la filtración de agua/humedad del impermeabilizante a base de mucilago de nopal: muy buen comportamiento del impermeabilizante ante la filtración de agua, bajo costo, rapidez de aplicación, el secado y contribuye con el medio ambiente contaminación.

Se debe continuar fortaleciendo el escenario de investigación de los procedimientos actuales de impermeabilización el desempeño ante la filtración en distintos materiales y geometría que conforman a la cubierta.

2.6 Referencias

- [1] Espinoza Canales, A. (2016). Caracterización técnica-económica para la implementación de impermeabilizantes naturales en vivienda de autoconstrucción, popular y de interés social.
- [2] Kubal, M. T. (2008). Construction waterproofing handbook.
- [3] Vargas-Rodríguez, L., Figueroa, G. A., Méndez, C. H. H., Nieto, A. P., Vieyra, M. I. G., & Núñez, J. R. R. (2016). Propiedades físicas del mucílago de nopal. *Acta Universitaria*, 26(1), 8-11.
- [4] Simba Cumbajin, E. S. (2007). La impermeabilización en construcciones nuevas y existentes (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2007).
- [5] INEGI. 2015b. Encuesta nacional de ingresos y gastos de los hogares (2014). Módulo de condiciones socioeconómicas 2014: microdatos. Módulo de bienestar autorreportado 2014: microdatos. México: INEGI.