

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE
GUANAJUATO



PROPIEDADES FUNCIONALES DE
IMPERMEABILIZANTE ECOLOGICO CON GRASA
ANIMAL. CASO DE ESTUDIO EN ABSORCIÓN Y
FLEXIBILIDAD.

Opción 2: Titulación Integral – Tesis Profesional

Elaborada por:

Yannira Reyes García.

Que presenta para obtener el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Asesor:

Dr. Edgar Guadalupe Blanco Díaz.

“Propiedades funcionales de impermeabilizante ecológico con grasa animal. Caso de estudio en absorción y flexibilidad”

Elaborada por:

Yannira Reyes García.

Aprobado por.

Dr. Edgar Guadalupe Blanco Díaz
Jefe de División de la carrera de Ingeniería Ambiental
Asesor de Tesis Profesional

Revisado por.

Ing. José Luis Rocha Pérez
Docente de la carrera de Ingeniería Ambiental
Revisor de Tesis Profesional

Revisado por.

M.C. Susana Ramírez Guizar
Docente de la carrera de Ingeniería Ambiental
Revisor de Tesis Profesional



LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Uriangato, Gto., 27/04/2023

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral

M.C. José Gabriel Aguilera González
Director Académico
ITSUR
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre de estudiante y/o egresado(a): Yannira Reyes García	
Carrera: Ingeniería Ambiental	Núm. de control: A17120285
Nombre del proyecto: Propiedades funcionales de impermeabilizante ecológico con grasa animal. Caso de estudio en absorción y flexibilidad.	
Producto: Tesis Profesional	

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestras y nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Edgar Guadalupe Blanco Díaz
Jefe de División de Ingeniería Ambiental
ITSUR

La comisión revisora ha tenido a bien aprobar la reproducción de este trabajo.

Dr. Edgar Guadalupe Blanco Díaz	Ing. José Luis Rocha Pérez	M.C. Susana Ramírez Guizar

c.c.p.- Expediente



Resumen:

El objetivo principal de este documento es la realización de una serie de pruebas de funcionalidad en el impermeabilizante ecológico de acuerdo con lo establecido de la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019, con esto se busca solucionar la problemática de goteras y humedad a causa del deterioro de los inmuebles a lo cual se enfrentan las personas en temporada de lluvias para así mismo reducir el impacto negativo al medio ambiente.

Algunas de las pruebas que se le aplicaron al impermeabilizante fue la de absorción de agua, la cual se realizaron una serie de probetas, estas se sometieron en inmersión por distintos días, a lo que dio como resultado pequeñas cantidades de porcentaje de absorción en volumen lo que significa que los resultados están por debajo del límite máximo establecidos en la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019, al menos en un orden de magnitud.

En base en el análisis de resultados, se llegó a la conclusión de que el impermeabilizante ecológico cumple con dos de tres lineamientos acorde a lo que dicta la norma, esto de acuerdo a los datos obtenidos de las pruebas que se le realizaron.

Abstract:

The main objective of this document is to carry out a series of functionality tests on the ecological waterproofing in accordance with the provisions of the NMX-C-450-ONNCCE-2019 standard, with this it seeks to solve the problem of leaks and humidity at cause of the deterioration of the properties that people face in the rainy season in order to reduce the negative impact on the environment.

Some of the tests that were applied to the waterproofing was the absorption of water, which a series of test tubes was carried out, these were subjected to immersion for different days, which resulted in small amounts of percentage of absorption in volume, which means that the results are below the maximum limit established in the NMX-C-450-0NNCCE-2019 standard, at least by one order of magnitude.

Based on the analysis of results, it was concluded that the ecological waterproofing complies with two out of three guidelines according to what the norm dictates, this according to the data obtained from the tests that were carried out.

Palabras claves (keywords)

- Impermeabilizante, Ecológico

Agradecimientos

El principal agradecimiento es para mis padres por darme la oportunidad de estudiar y brindarme todo tipo de apoyo en todo este tiempo al igual que a mis hermanos que estuvieron conmigo motivándome.

También a todos mis profesores por darme todas las herramientas para poder concluir con mi carrera universitaria, principalmente a mi asesor el Dr. Edgar Guadalupe Blanco Diaz el cual estuvo pendiente en mi tiempo de residencias dentro de la ITSUR brindándome su apoyo.

Por otra parte, también quiero agradecer a mis compañeros que formaron parte en esta trayectoria y siempre pude contar con su apoyo lo cual hicimos este tiempo una amistad verdadera.

Índice de figuras

Figura 1. Representación grafica del comportamiento del porcentaje de absorción de agua a diferentes días. A7, A7, A8, A14, A20 y A22 representan la cantidad de días que se sumergió en agua.	34
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Índice de tablas.

Tabla 1. Materiales y equipos para la realización del impermeabilizante.	18
Tabla 2. Materiales y equipos para la obtención de la película base.....	20
Tabla 3. Materiales y equipos para la realización de la prueba de la absorción del agua.	21
Tabla 4. Materiales y equipos para la realización de la prueba de flexibilidad a baja temperatura.	23
Tabla 5. Descripción del proceso del impermeabilizante.....	24
Tabla 6. Descripción del proceso de obtención de la película base.	28
Tabla 7. Descripción del proceso de la prueba de la absorción del agua.....	29
Tabla 8. Datos experimentales de la primera prueba de absorción.	31
Tabla 9. Datos experimentales de la segunda prueba de absorción.	32
Tabla 10. Datos experimentales de la tercera prueba de absorción.....	32
Tabla 11. Datos experimentales de la cuarta prueba de absorción.	33
Tabla 12. Datos experimentales con diferente volumen.	33
Tabla 13. Descripción del proceso de la prueba de flexibilidad a baja temperatura.	35

Tabla de contenido

Capítulo 1	3
Introducción	3
Capítulo 2	4
Marco teórico.....	4
Capítulo 3	15
Planteamiento del problema	15
Capítulo 4	17
Objetivos	17
Capítulo 5	18
Metodología.....	18
Capítulo 6	24
Resultados	24
Capítulo 7	38
Análisis de Resultados.....	38
Capítulo 8	42
Referencias Bibliográficas	43

Capítulo 1

Introducción

Uno de los problemas más recurrentes en la temporada de lluvia son las goteras y humedad, para ello se requiere el uso de impermeabilizantes para combatir este problema. El caucho de etileno propileno dieno (EPDM) es uno de los materiales más usados en la impermeabilización, sin embargo, los aditivos, gases y compuestos orgánicos volátiles en este material presentan una gran contaminación ambiental en su fabricación, manipulación y posterior permanencia en la edificación [1].

Por esta razón, es importante generar impermeabilizantes ecológicos que causen los menores efectos agresivos al ambiente y se evite la utilización de contaminantes o acciones que agredan a la naturaleza.

En este proyecto se contempla desarrollar un impermeabilizante ecológico el cual cumpla con las pruebas de funcionalidad de la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019 [2]. Lo anterior se realizará con la finalidad de revisar si las características del impermeabilizante se cumplen en los casos prácticos y reales.

Capítulo 2

Marco teórico

¿Qué es un impermeabilizante?

La impermeabilización es el sistema aislante hidrófugo que se coloca a la vivienda para evitar el paso de agua hacia el interior. Puede estar compuesto por uno o varios elementos que lograrán anular las filtraciones. Se realizan en el exterior e interior de paredes, pisos y techos.

Cuando una vivienda no tiene una suficiente impermeabilización, puede correr el riesgo de crear una vivienda insegura e insalubre. Por un lado, la humedad en el interior de la casa puede provocar graves enfermedades respiratorias.

Por otro lado, las filtraciones en el techo y en el muro, pueden dañar la estructura, provocando una debilidad en la misma. Puesto que el agua corroe y oxida los metales y pudre la madera.

Un hogar insalubre y una estructura débil afectarán negativamente al valor de la propiedad.

Entonces, impermeabilizar una vivienda nos brinda las siguientes ventajas:

- Aumenta el valor de la propiedad.
- Vivienda más segura.
- Protege la estructura.
- Hogar más saludable.
- Protege los cimientos, logrando una estructura sólida.

Cada una de estas estructuras necesita un tipo de impermeabilización para que sea más efectiva [3].

2.1 Tipos de impermeabilizantes

2.1.1 Acrílicos o líquidos

Son una mezcla de polímeros, pigmentos, polvos y diversos aditivos. Visualmente, son muy parecidos a una pintura para exteriores.

Para este tipo de impermeabilizante, necesitas sellador, resanador y cepillo de ixtle como herramientas. El primero tapa la porosidad de la superficie a impermeabilizar, el resanador cubre las grietas y el cepillo garantiza una aplicación uniforme.

En casos donde exista la formación de grietas en la superficie y movimientos estructurales importantes, se recomienda el uso de una tela de refuerzo que se coloca entre cada capa de impermeabilizante.

2.1.2 Asfáltico

Estos se componen de asfalto disuelto en solvente o emulsionado con agua, fibras de vidrio, polvos y resinas hidrocarbonadas.

Si la superficie que va a impermeabilizar está en contacto eventual con el agua, un impermeabilizante de este tipo probablemente sea la mejor solución.

Además de impermeabilizante asfáltico necesitas un sellador y un cepillo de ixtle. El primero tapa la porosidad de la superficie a impermeabilizar, el resanador cubre la grieta y el cepillo garantiza una aplicación uniforme.

También en este caso se recomienda el uso de una tela, para la formación de grietas y movimientos estructurales importantes.

Todo impermeabilizante asfáltico, por su olor y naturaleza, tiende a degradarse muy rápidamente. Para evitarlo, se recomienda el uso de una pintura o

recubrimiento reflectivo el cual (como su nombre lo indica) recubre y refleja los rayos del sol, aumentando la vida útil del impermeabilizante.

2.1.3 Cementosos

Como su nombre lo sugiere, están hechos a base de cemento; es decir, de cal, silicatos y óxido de hierro.

Este tipo de impermeabilizante es muy resistente a la intemperie, va bien con climas templados y fríos, brinda una gran durabilidad y impide la aparición del salitre, una sustancia salada blancuzca y algodonosa que se acumula generalmente en las paredes.

Esencialmente, este tipo de impermeabilizantes se ocupa en cisternas, diques, tanques de almacenamiento de agua o muros de contención.

2.1.4 Mantos prefabricados

Son impermeabilizantes listos para aplicarse por medio de un pegamento o calor (termofusión). Pueden ser de naturaleza asfáltica, PVC o TPO. Estos se forman por medio de polímeros obtenidos por la combinación de dos o más moléculas idénticas.

La principal característica de los impermeabilizantes prefabricados es que tienen una gran capacidad impermeable y resistencia a la contracción y dilatación.

2.1.5 Poliuretanos

Están hechos a base de resinas de poliuretano, ya sea disueltas en agua o 100% solidas.

Los impermeabilizantes de poliuretano tienen un enorme flexibilidad y excelentes propiedades de durabilidad [4].

El CTE (Código Técnico de la Edificación) expone como impermeabilizantes los compuestos bituminosos, láminas de poli (cloruro de vinilo), PVC plastificado, etileno propileno dieno (EPDM) monómero y poliolefinas.

Si bien el betún contiene un gas extremadamente tóxico e inflamable (sulfuro de hidrógeno, H₂S, el PVC (cloruro de vinilo), debido a sus incuestionables efectos cancerígenos y a su gran persistencia, no se queda atrás, (véase problemas del PVC. También son contaminantes los EPDM o las poliolefinas obtenidas al añadir gran cantidad de etileno (solventes naftas o gas natural).

Estos aditivos, gases y compuestos orgánicos volátiles presentan una gran contaminación ambiental en su fabricación, manipulación y posterior permanencia en la edificación. Su permanencia en la edificación resulta peligrosa al (Rodríguez Prieto & Peña Guzmán, 2019) desprender de la película dichos productos volátiles en el transcurso de los años y de manera permanente, pudiendo producir todo un rosario de contraindicaciones, mareos, daños permanentes en el hígado, reacciones del sistema inmunitario, alteración en el sistema nervioso, cáncer del hígado, etc. [5].

2.2 Impermeabilizante ecológico

Debe ser aquel material que desde su fabricación y/o aplicación causen los menores efectos agresivos al ambiente y evite la utilización de contaminantes o acciones que agredan a la naturaleza. Esta clase de impermeabilizantes no tienen dentro plomo, y otras sustancias contaminantes, asisten a la reducción de la contaminación de la cubierta de ozono.

2.3 Pintura ecológica para muros de tapia pisada

La tapia pisada es una antigua técnica en tierra armada, poco tecnificada y investigada que a perdurado por años como sistema constructivo.

Pintura impermeabilizante ecológica para el mejoramiento de muros y exteriores de tapia pisada.

Este trabajo busca analizar y brindar una solución que minimice las patologías por humedades como son eflorescencias y fisuras, esto en base a los estudios y laboratorios realizados e investigados en el ámbito de la tapia pisada.

Actualmente las pinturas convencionales que son comercializadas en el país se caracterizan por ser altamente tóxicas y contaminantes debido a la alta cantidad de metales pesados que contienen en sus componentes lo que puede ser dañino para la salud de las personas que habiten en estas edificaciones.

Por tal razón se realiza una pintura sin aditivos tóxicos que contaminen el medio ambiente, preserve edificaciones en tierra y permitan protegerla de bacterias y hongos, ya que estas dañan y afectan la estabilidad de la misma produciendo desplome en ocasiones por no tener un tratamiento a factores de humedad.

Su objetivo general es implementar una pintura a base de sábila y cal que busque impermeabilizar y minimizar consecuencias de humedades como eflorescencias en fachadas de tapia pisada.

En la construcción y en especial en la Cal, la pintura brinda una ventaja esencial y es su bajo costo, pero se encuentra un gran problema debido a que para interiores no es adecuada por la toxicidad y los componentes de metales pesados que esta contiene, esta es antiséptica y ayuda a eliminar bacterias e insectos. La gran solidez que da para muros exteriores es el dióxido de carbono. En cuanto a lo que refiere a humedad es excelente ya que en baños es muy utilizada, ya que permite el pasaje de vapores gracias a eso permite que espacios como cocinas y baños puedan “respirar” con esto hongos y bacterias no se forman en estos espacios [1].

2.4 Protección e impermeabilización con cal en la restauración de edificio de albañilería

Mapei [6] ha desarrollado un revestimiento elástico bicomponente a base de cal y EcoPuzolana, resistente a las sales y libre de cemento. Mape-Antique Ecolastic se emplea para la impermeabilización y protección de superficies con formas irregulares o geometrías complejas, bóvedas de fábrica, soleras, albardillas, depósitos, fuentes y elementos constructivos en general, tales como: cornisas, impostas, columnas e incluso estructuras existentes de valor histórico-artístico o bajo la dirección de las autoridades de patrimonio.

Este revestimiento puede incluso ser pintado con pinturas elastoméricas o pigmentado con óxidos o tierras naturales.

La mezcla de sus dos componentes da como resultado un mortero de consistencia plástica que se aplica fácilmente con brocha, rodillo o mediante proyección, en superficies horizontales y verticales. El elevado contenido en resinas sintéticas de alta calidad, confieren a la membrana seca de una insigne elasticidad, que se mantiene inalterable en todas las condiciones ambientales.

Es impermeable al agua a presión positiva y a presión hidrostática negativa de hasta 2 atmósferas (igual a una columna de agua de 20 m). Una vez completada su maduración es resistente a las sales solubles en general. Su adherencia es excelente tanto en superficies revocadas como sobre albañilerías de ladrillo o de materiales pétreos, siempre que sean sólidas y sin partes en fase de desprendimiento.

“La puzolana es una especie de arena que parece provenir de los pedazos de piedras pómez y lavas porosas expulsadas por el Vesubio, y otros volcanes, en sus erupciones, y dispersados por el viento a distancias considerables. Esta materia ha tomado el nombre de la ciudad de Pozzuoli, de donde parece que los Romanos la extrajeron la primera vez que la utilizaron.”

El uso conjunto de la cal y la Eco-Puzolana ha permitido la formulación de una línea específica de productos denominados Mape-Antique®, dedicados a la consolidación y al saneamiento de los muros y otros elementos de los edificios, i

ncluso de valor histórico y artístico, realizados con ladrillos, piedra, tufo o albañilería mixta. Poseen características físico-mecánicas totalmente similares a las de los morteros de albañilería o de revoque utilizados en el pasado y, por tanto, resultan ser compatibles con cualquier tipo de estructura original. Además, presentan elevadas resistencias químico-físicas ante las acciones agresivas tanto ambientales, como por ejemplo las lluvias ácidas, los ciclos hielo-deshielo y los gases contaminantes, como internas de los muros producidas por agentes como las sales solubles y la humedad.

Al mismo tiempo, poseen elevados valores de transpirabilidad, siendo capaces de permitir la evaporación del agua presente en el muro, de manera muy superior en comparación con los morteros tradicionales de revoque con base cementosa de cal-cemento. Dicho proceso permite el secado de la estructura sujeta a la humedad, independientemente de que se trate de humedad meteórica o de remonte capilar, permitiendo alcanzar un mayor confort en el espacio habitado.

Atendiendo a la finalidad que se perseguía, la de crear una membrana elástica impermeabilizante y protectora en base cal, se eligieron aquellas normas europeas orientadas al cumplimiento de tales funciones en los soportes más habituales.

Como, por ejemplo:

- EN 15824: Especificaciones para revocos exteriores y enlucidos interiores basados en ligantes orgánicos.
- EN 1504-2: Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 2: Sistemas de protección superficial para el hormigón.
- EN 14891: Membranas líquidas de impermeabilización para su uso bajo baldosas cerámicas. Requisitos, métodos de ensayo, evaluación de la conformidad, clasificación y designación [6].

2.5 Cal

La cal es un material económico, eficaz, durable y amigable con el ambiente, tiene múltiples posibilidades técnicas y constructivas en la arquitectura.

La cal ha sido utilizada durante siglos por su excelente desempeño en tareas de albañilería tales como las mamposterías, repellados, enlucidos, pinturas, impermeabilizantes y demás. Es un producto de origen natural que ofrece grandes beneficios a un costo razonable y lo mejor de todo, es que fue, es y promete ser una alternativa de construcción a largo plazo; que se integra al ambiente de forma respetuosa y coadyuvando de muchas formas a combatir el deterioro del medio circundante.

La caliza (materia prima), es una roca sedimentaria; un carbonato de calcio, que al ser calcinado a una temperatura elevada, se convierte en un óxido de calcio que es lo que comúnmente se conoce como cal viva y ésta al contacto con el agua, se hidrata formando el polvo blanco denominado hidróxido de calcio o cal hidratada. Éste es el producto que se comercializa envasado y que se utiliza en construcción [7].

Ventajas de la cal:

- Protección de bacteria.
- Hidratación y flexibilidad.
- Biodegradación y gran impermeabilizante.
- Brindan mayor resistencia a los tapiales.
- Dependiendo del tipo de cal su fijación y resistencia al agua es mayor.
- Ayuda a estabilizar muros.
- Mayor resistencia mecánica en muros.
- En lechadas brinda mayor fijación en muros exteriores.

Hasta el momento se han visto los beneficios de un impermeabilizante ecológico a base de cal y otros componentes, sin embargo, es importante que se sigan haciendo innovaciones en este producto, haciendo uso de otros compuestos que tengan propiedades que beneficien a la impermeabilización. Uno de esos compuestos que podría mejorar el efecto impermeabilizante es el sebo de toro debido a sus propiedades.

2.6 Sebo de toro

El sebo es una grasa de origen animal, está compuesta por aceite y también por carbono, este comúnmente se obtiene de los bovinos, pero también se puede sacar de otros animales como los corderos o los bueyes. El sebo sirve como combustible y también como material para trabajar a nivel industrial.

Las propiedades del sebo hacen que este sea usado desde hace muchos años atrás en la industria, pues tiene una dureza especial y también con un buen tratamiento se logra cremosidad [8].

Uno de las principales propiedades que posee el sebo de toro es el ácido esteárico el cual es un compuesto de color blancuzco, inoloro y sólido cuando se encuentra a temperatura ambiente. Presente en lípidos de origen animal y vegetal, se trata de una de las grasas de mayor consumo humano. Su composición química es de 18 átomos de carbono, 36 de hidrógeno y 2 de oxígeno ($C_{18}H_{36}O_2$), las cuales conforman cadenas hidrofóbicas que lo hacen lucir parecido a la cera. Gracias a que se trata de un compuesto inocuo con propiedades tensioactivas o emulsificantes que permite que dos sustancias insolubles puedan mezclarse en cierta medida es muy apreciado en la industria farmacéutica, alimenticia, e incluso industrial, como lubricante [9].

Otra propiedad importante del sebo es el ácido oleico, al ser un compuesto estable, inocuo y con propiedades emulsificantes, es decir, que permite mezclar componentes insolubles entre sí, es apreciado por varias industrias [10].

Ventajas del sebo de toro.

- Sebo sirve como combustible.
- Sirve como material para trabajar a nivel industrial.
- Tiene dentro de su composición química carbono, hidrógeno y oxígeno, la proporción de carbono es alta, pues corresponde al 70%, mientras que tiene un 11% de hidrógeno y el restante, 19% es oxígeno.
- Produce menos energía que los combustibles comunes.
- Industrialmente el sebo se debe mantener empacado al vacío, de lo contrario va a ser víctima de la oxidación y puede empezar un proceso de descomposición.
- Por su dureza se usa en la fabricación de jabones.
- Las propiedades del sebo hacen que éste sea usado desde hace muchos años atrás en la industria, pues tiene una dureza especial y también con un buen tratamiento se logra cremosidad [11].

2.8 Propiedades de los lípidos o grasas

Las grasas son un conjunto heterogéneo de moléculas, algunas de ellas muy complejas, que tienen en común su insolubilidad en agua [12].

2.8.1 Moléculas polares

Están formadas por átomos que tienen diferente electronegatividad. Los electrones se desplazan hacia el átomo más electronegativo, lo que genera una densidad de carga negativa sobre él y una positiva sobre el otro átomo. Esta separación de cargas sobre la molécula resulta en la formación de un dipolo eléctrico, es decir, la molécula queda con cierta carga eléctrica. Por ejemplo, el agua.

2.8.2 Moléculas apolares

Sus átomos tienen una idéntica electronegatividad, sin desigualdades respecto a la atracción de los electrones por los núcleos atómicos. Estas moléculas no tienen una

carga eléctrica asociada a la desigual distribución de sus electrones. Por ejemplo, el oxígeno molecular (O₂) [13].

2.9 Emulsión

Llamamos emulsión a la asociación más o menos duradera de dos líquidos que no se mezclan, como agua y aceite.

Preparar una emulsión, entonces, significa mezclar lo que no se mezcla y lograr que se mantenga así por lo menos hasta que lo utilicemos. En la práctica, se trata de conseguir que pequeñas gotas de uno de los líquidos queden dispersas en el otro durante el mayor tiempo posible.

Para conseguir que gotas de aceite se mezclen con agua y no se separen de ella en cuanto dejemos de agitar el conjunto es posible tomar dos caminos: crear un medio con poca fluidez, en el cual el aceite no pueda moverse con facilidad ni juntarse sus moléculas, o agregar una sustancia cuyas moléculas tengan una parte polar y una no polar [14].

Capítulo 3

Planteamiento del problema

3.1 Identificación

Uno de los problemas más comunes en la temporada de lluvia son las goteras y humedad. Para ello se requiere el uso de impermeabilizantes industriales para combatir este problema, los cuales, a partir de sus componentes tóxicos, como el plomo, generan un impacto ambiental en la atmósfera por el constante aumento de las concentraciones.

3.2 Justificación

Los impermeabilizantes industriales comunes se ha comprobado que generan un impacto negativo al medio ambiente como al ser humano por los componentes tóxicos que estos contienen, por lo cual, es prioritario otra alternativa la cual son los impermeabilizantes ecológicos que no causen daño alguno y cubran el problema de las goteras y humedad los cuales han sido una opción eficaz.

Se plantea que el desarrollo de este proyecto cumpla con los criterios establecidos de la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019 para lograr la sustitución de un impermeabilizante industrial y así poder brindar una solución que minimice el impacto negativo al medio ambiente.

Se empleará la norma para revisar los parámetros que se requieren en un impermeabilizante comercial como lo son: absorción de agua, flexibilidad a baja temperatura. Se empleo esta norma debido a que es la única presente en México que revisa los parámetros necesarios para considerar la calidad de un impermeabilizante. Además, no hay una normativa para impermeabilizantes de los componentes que se utilizaron en este proyecto.

3.3. Alcance

Este proyecto contempla realizar una serie de pruebas de funcionalidad en el impermeabilizante. Lo anterior se realizará con la finalidad de obtener un impermeabilizante ecológico que brinde las mejores características en casos prácticos y reales, así contribuyendo al ecosistema de buena manera y disminuir el impacto ambiental negativo de los últimos años.

Capítulo 4

Objetivos

4.1. Objetivos generales

4.1.1 Realizar pruebas de funcionalidad en el impermeabilizante de acuerdo con la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019.

4.2. Objetivos específicos

4.2.1 Obtención de mezcla correcta del impermeabilizante.

4.2.2 Realizar pruebas de efectividad del impermeabilizante.

4.2.3 Realizar pruebas de absorción del agua.

4.2.4 Realizar pruebas de flexibilidad a baja temperatura.

4.2.5 Obtención de resultados.

4.2.6 Análisis de resultados.

Capítulo 5

Metodología

Las pruebas que fueron realizadas y aplicadas al presente impermeabilizante de acuerdo a como lo dicta la presente norma NMX-C-450-ONNCCE-2019 se llevaron a cabo en el laboratorio instalación del Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato.

5.1 Elaboración del impermeabilizante

Para la realización de las pruebas primero se llevó a cabo la elaboración del impermeabilizante el cual se realizó una serie de pruebas necesarias hasta encontrar la mezcla correcta para poder llevar a cabo las presentes pruebas como lo marca la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019.

Para la elaboración del impermeabilizante se utilizaron algunos materiales y equipos como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Materiales y equipos para la realización del impermeabilizante.

Material	Equipo
Sebo de toro	Bacula
Cal hidratada	Parrilla eléctrica
Mechero	
Tripie	
Malla	
Recipiente para baño maría	
Cristalizador	
Vasos de precipitado de 500 ml	
Agitador de cristal	
Espátula	
Colador	

5.1.1 Obtención de los ingredientes

- El sebo de toro se sometió a una temperatura hasta conseguir una consistencia líquida.
- Se pesó la cal y el sebo en una báscula para obtener las cantidades correspondientes.
- Se pasó la cal a un cristalizador a través de un colador para quitar las impurezas que esta pudiera tener y lograr tener un componente más fino.

5.1.2 Obtención de la mezcla

- Poco a poco se agregaron los ingredientes y con la ayuda de una espátula se mezclaron en el cristalizador.
- Se puso el cristalizador con la mezcla en la parrilla eléctrica a una temperatura correspondiente hasta lograr que se obtuviera una mezcla homogénea.

5.1.3 Obtención de las cantidades correctas de los ingredientes

- Se realizó una serie de pruebas del impermeabilizante con distintas cantidades de cada uno de los ingredientes.
- Se realizó el impermeabilizante las veces necesarias hasta obtener la consistencia de la mezcla correcta.
- Una vez obtenida la mezcla deseada, se dejó reposar el impermeabilizante por un día.

5.1.4 Realización de las pruebas

- Posteriormente se llevó a cabo la realización de las películas bases correspondientes para la realización de las pruebas.

5.2 Obtención de las Películas Base

Este método es para la realización de las películas bases que se necesitan para la obtención de las probetas correspondientes para llevar a cabo algunas de las pruebas mencionadas y conforme lo dicta la presente norma.

Para la elaboración de las películas base se utilizaron los materiales y equipos como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Materiales y equipos para la obtención de la película base.

Materiales	Equipos
Espátula Hojas desmoldables de un material tipo papel siliconizado Impermeabilizante Cinta	Calibrador de vernier

5.2.2 Primera capa

- Se colocó una hoja desmoldable con unas medidas correspondientes como base para la aplicación de la mezcla la cual se verificó que este limpia.
- Se sujetó la hoja con la cinta para facilitar la aplicación del impermeabilizante.
- Con la ayuda de una espátula se colocó poco a poco el impermeabilizante desplazándolo a lo largo de la hoja desmoldable cuidando que este quedara sin imperfecciones.
- Se dejó secar por un cierto periodo.

5.2.2 Segunda capa

- Una vez que transcurrió el tiempo de secado de la primera capa se agregó la segunda capa del impermeabilizante hasta obtener el espesor conforme a lo descrito en el 8.2.4.2 de la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019.
- Se dejó secar por otro periodo bajo las condiciones del laboratorio.
- Ya secado se desmoldo la película de la hoja se volteo y se dejó secar por otro espacio con las mismas condiciones.
- Una vez realizado esto se cortaron las probetas adecuadas y con las medidas correspondientes para cada prueba a realizar de acuerdo a la norma.

5.3 Prueba de Absorción del Agua

Esta prueba es para obtener la medición del porcentaje de absorción en volumen de agua de acuerdo a la norma.

Para la elaboración de la prueba de absorción del agua se utilizaron los equipos y materiales como se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Materiales y equipos para la realización de la prueba de la absorción del agua.

Material	Equipo
Agua destilada	Balanza analítica
Papel absorbente	Calibrador de vernier
Cristalizadores (200 ml)	
Exacto	
Película base	

5.3.1 Obtención de las probetas

- Se recorto de una de las películas base 3 probetas con las medidas correspondientes conforme lo marca la norma en el apartado 8.7.5.

5.3.2 Preparación de las probetas

- Se pesó cada una de las probetas recortadas y se registraron los resultados de cada una marcando, así como el primer dato.
- Se agrego 100 ml de agua destilada a cada cristalizador marcándolos.
- Se sometieron a inversión las probetas en los cristalizadores con el agua destilada por un cierto tiempo manteniendo el volumen del agua destilada constante.

5.3.3 Obtención de resultados

- Una vez transcurrido el periodo de inmersión se sacaron de los cristalizadores las probetas y se secaron con papel absorbente sin frotar.
- Se peso cada una de las muestras en una báscula analítica registrando el peso de cada una marcándolos como el segundo dato.
- Ya una vez que se obtuvieron todos los datos correspondientes se determinó el porcentaje de absorción de agua en volumen conforme lo dice la norma NMX-C-450-0NNCCE-2019 en el apartado 8.7.6.
- Se reportaron los resultados.

5.4 Prueba de Flexibilidad a Baja Temperatura

Esta prueba sirve para evaluar los posibles cambios que pudiera presentar el impermeabilizante tanto a baja y alta temperatura y posteriormente su flexibilidad.

Para la elaboración de esta prueba se utilizaron los siguientes materiales y equipos que se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Materiales y equipos para la realización de la prueba de flexibilidad a baja temperatura.

Material	Equipo
Placa de aluminio	Termómetro
Película base	Congelador
	Incubadora
	Mandril cilíndrico

5.4.1 Obtención de la probeta

- Se cortó una probeta con las dimensiones correspondientes.
- Una vez obtenida la probeta adecuada se colocó en una placa de aluminio y se colocó en la incubadora sometiéndola a una temperatura por un cierto tiempo de acuerdo a la norma.
- Ya concluido el tiempo se sacó de la incubadora y se dejó reposar a temperatura ambiente por un tiempo establecido observando y registrando cualquier cambio o alteración que tuviera.
- Ya una vez pasado ese tiempo, se sometió al congelador a una temperatura mínima por otro tiempo determinado.
- Se observó y se reportaron los datos.


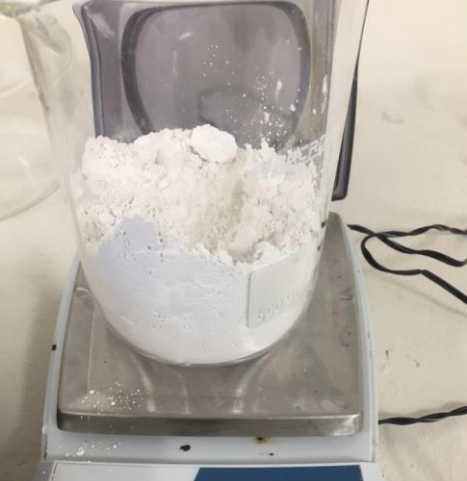
Capítulo 6

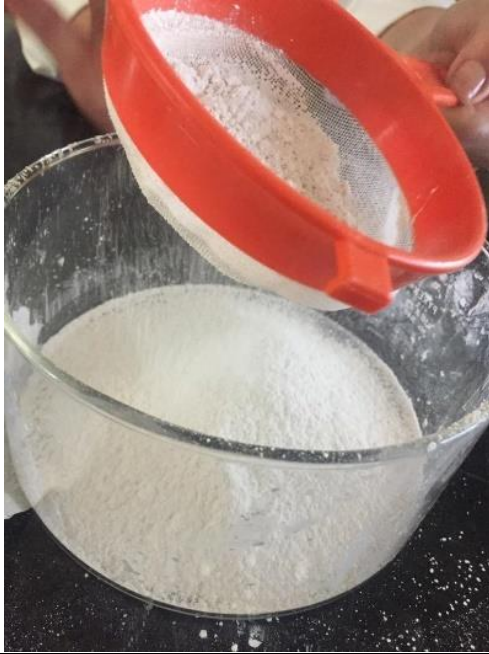
Resultados

6.1 Realización del impermeabilizante

El proceso de la elaboración del impermeabilizante se describe como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Descripción del proceso del impermeabilizante.

Imagen	Descripción
	<p>Preparación del sebo de toro en su consistencia sólida y aplicación de calor para lograr su consistencia líquida.</p>
	<p>Medición de la cal en una báscula para la obtención del peso adecuado para la realización del impermeabilizante.</p>



Filtración de la cal para la eliminación de impurezas que pudiera tener.



Medición del volumen del sebo de toro en su consistencia líquida y filtración para la eliminación de impurezas.



Realización de la mezcla del sebo de toro y la cal para obtener el impermeabilizante.



Aplicación de calor a la mezcla para obtener una mezcla homogénea



Obtención de la mezcla homogénea libre de grumos lista para obtener las probetas y llevar a cabo las pruebas.


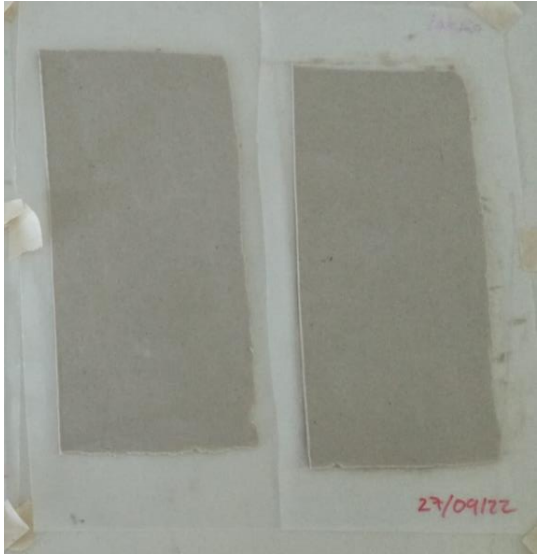


Realización de pruebas en moldes desechables y obtención de la mezcla correcta para la aplicación de pruebas establecidas por la norma.

6.2 Realización de las películas base

En la Tabla 6 se muestra la descripción de la elaboración de la película base conforme lo marca la norma en el apartado 8.2.4.1.


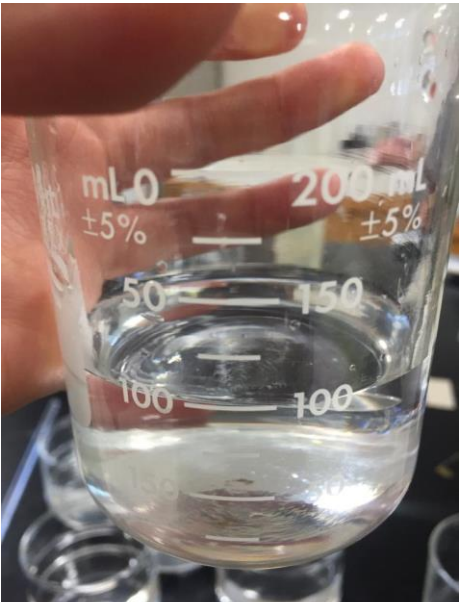
Tabla 6. Descripción del proceso de obtención de la película base.

Imagen	Descripción
	<p>Aplicación del impermeabilizante en papel desmoldable para obtener las películas base</p>
	<p>Obtención de las películas base con el espesor correspondiente conforme a lo marca la norma.</p>

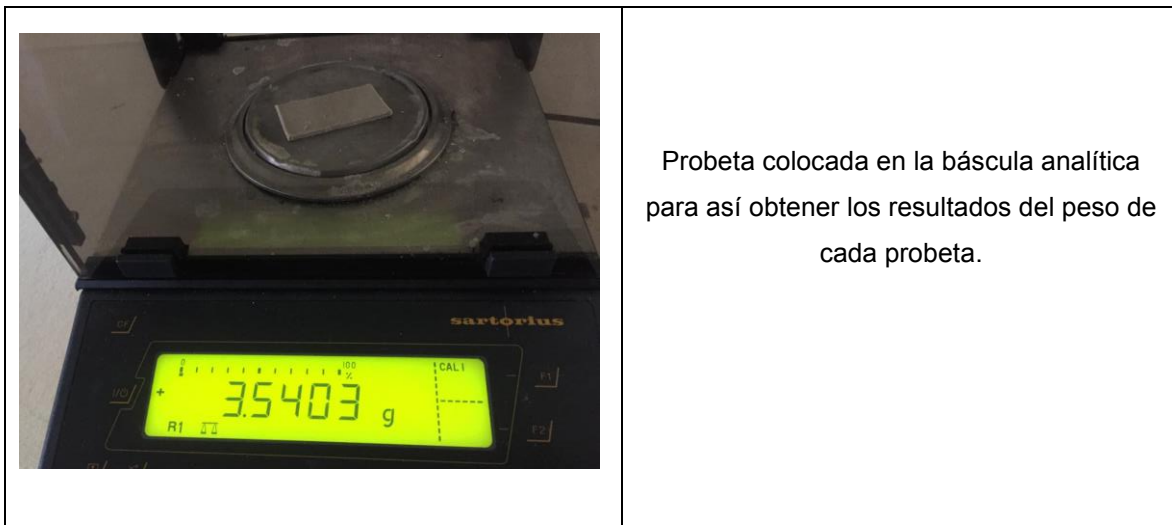
6.3 Realización de la Prueba de Absorción del agua

El proceso de la prueba de absorción del agua se describe en la Tabla 7 conforme lo marca la norma.

Tabla 7. Descripción del proceso de la prueba de la absorción del agua.

Imagen	Descripción
	<p>Medición y corte de las probetas en las películas base de acuerdo como lo marca la norma.</p>
	<p>Cálculo del volumen de agua destilada en un vaso de precipitado de acuerdo como lo marca la norma.</p>

	<p>Colocación de las probetas en los cristalizadores con agua destilada.</p>
	<p>Etiquetación de cada cristalizador. Probetas en inmersión de acuerdo a la norma.</p>
	<p>Secado de las probetas con papel absorbente una vez transcurrido el tiempo correspondiente que estuvieron en inmersión.</p>



A esta prueba se le realizó una serie de varias muestras para así obtener mejores resultados y más concretos. La obtención de los datos experimentales de cada una de las ellas al igual que su porcentaje de absorción de agua se muestra a continuación:

Datos experimentales de la primera prueba.

Tabla 8. Datos experimentales de la primera prueba de absorción.

Peso antes de la inmersión	3.4799	3.121164	3.7116	3.234	3.445	3.195
Peso después de la inmersión	3.5403	3.2806	3.7748	3.302	3.514	3.2575
Porcentaje de absorción de cada probeta	A%1= 2.416	A%2= 2.568	A%3= 2.528	A%4= 2.72	A%5= 2.76	A%6= 2.5
Promedio de absorción en volumen %	2.582%					

Capítulo 6. Resultados.

Datos experimentales de la segunda prueba.

Tabla 9. Datos experimentales de la segunda prueba de absorción.

Peso antes de la inmersión	3.8194	3.6747	3.8483	3.855	3.802	3.9428
Peso después de la inmersión	3.9391	3.7533	3.9313	3.9556	3.9116	4.027
Porcentaje de absorción de cada probeta	A%1= 4.788	A%2= 3.144	A%3= 3.32	A%4= 4.024	A%5= 4.384	A%6= 3.208
Promedio de absorción en volumen %	3.8113%					

Datos experimentales de la tercera prueba.

Tabla 10. Datos experimentales de la tercera prueba de absorción.

Peso antes de la inmersión	3.7586	3.6305	3.4841	3.253	3.899	3.4694
Peso después de la inmersión	3.8874	3.796	3.6092	3.3846	4.01	3.593
Porcentaje de absorción de cada probeta	A%1= 5.152	A%2= 4.644	A%3= 5.004	A%4= 5.264	A%5= 4.44	A%6= 4.944
Promedio de absorción en volumen %	4.9075%					

Capítulo 6. Resultados.

Datos experimentales de la cuarta prueba.

Tabla 11. Datos experimentales de la cuarta prueba de absorción.

Peso antes de la inmersión	4.4083	4.2575	4.2199	4.4626	4.2669	4.7279
Peso después de la inmersión	4.5878	4.333	4.3869	4.4279	4.4141	4.935
Porcentaje de absorción de cada probeta	A%1= 7.18	A%2= 7.032	A%3= 6.68	A%4= 6.532	A%5= 5.88	A%6= 8.284
Promedio de absorción en volumen %	6.93%					

Datos experimentales con diferente volumen.

Tabla 12. Datos experimentales con diferente volumen.

Peso antes de la inmersión	7.4524	5.1858	7.749	5.245	7.7009	5.5945
Peso después de la inmersión	7.5128	5.2499	7.773	5.36	7.8326	5.6618
Porcentaje de absorción de cada probeta	A%1= 1.208	A%2= 1.282	A%3= 0.48	A%4= 2.3	A%4= 2.634	A%5= 1.346
Promedio de absorción en volumen %	1.54%					

A continuación, en la Figura 1 se muestra el diagrama con los datos experimentales del porcentaje de absorción de cada una de las pruebas que se sometieron los cuales a través de las cajas los datos están distribuidos en rango.

Esto nos muestra que los resultados están por debajo del rango el cual marca la norma NMX-C-450-0NNCCE-201.

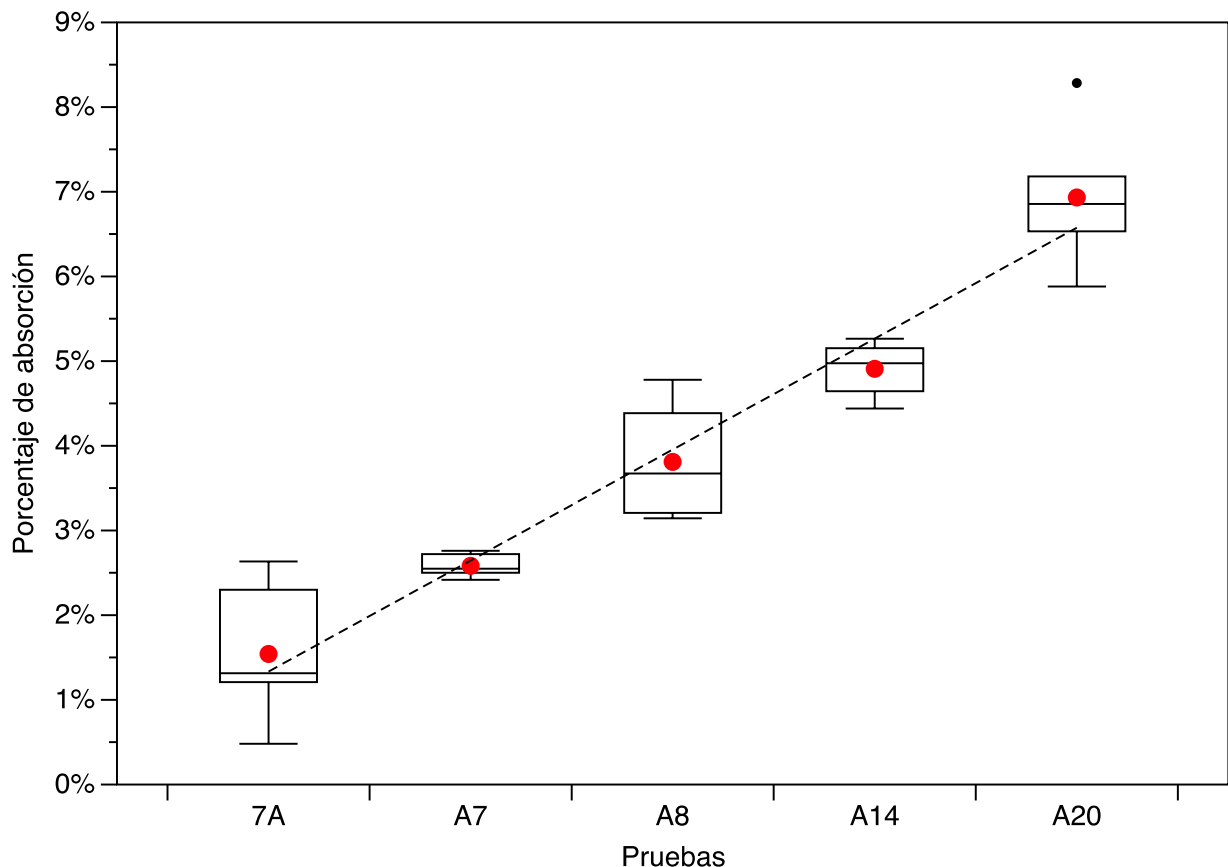


Figura 1. Representación gráfica del comportamiento del porcentaje de absorción de agua a diferentes días. 7A, A7, A8, A14, A20 y A22 representan la cantidad de días que se sumergió en agua. Los puntos rojos representan los valores promedio en cada prueba.

6.4 Realización de la Prueba de Flexibilidad a Baja Temperatura

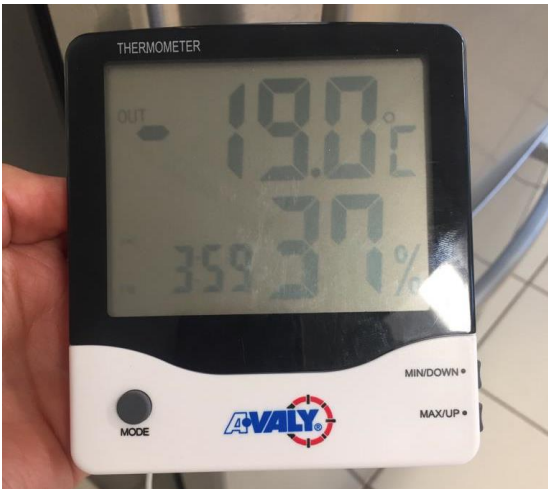
El proceso de la prueba de flexibilidad a baja temperatura se describe como se muestra en la Tabla 13 conforme lo marca la norma NMX-C-450-0NNCCE-2019.

Tabla 13. Descripción del proceso de la prueba de flexibilidad a baja temperatura.

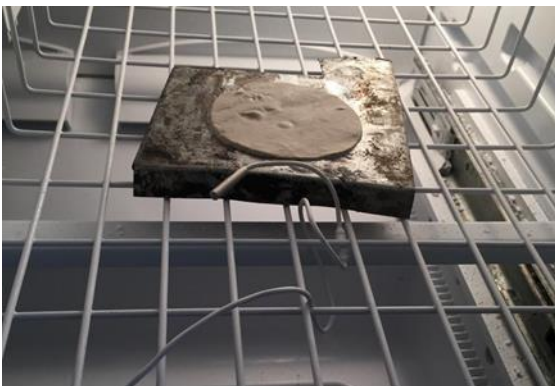
Imagen	Descripción
 A photograph showing a circular, light-colored specimen with a central indentation, resting on a dark, textured aluminum plate. A person's hand is visible at the bottom left, holding the plate.	<p>Probeta cortada con las dimensiones correspondientes y colocada en una placa de aluminio para someterla a las temperaturas indicadas.</p>
 A photograph showing the specimen and aluminum plate inside an incubator. The incubator has a metal mesh door, and the interior is illuminated with a warm, yellowish light.	<p>Colocación de la probeta con la placa de aluminio en la incubadora</p>



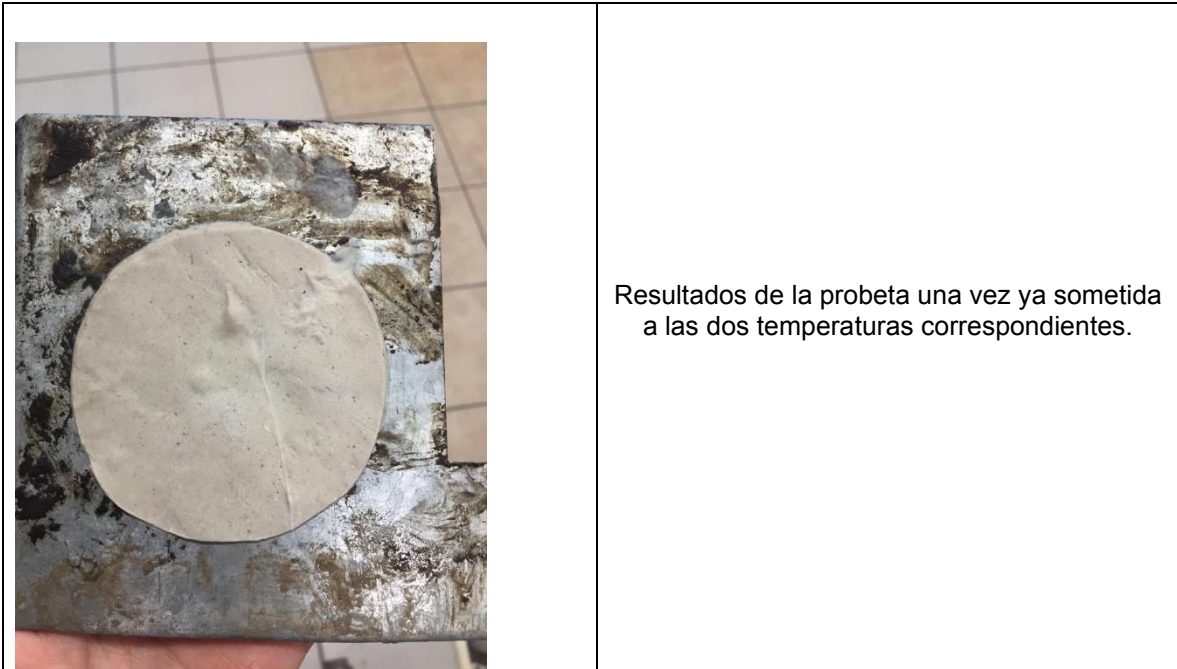
Horno listo con la temperatura correspondiente para someter la probeta.



Una vez transcurrido el tiempo de exposición en la incubadora se preparará el congelador con un termómetro listo a la temperatura correspondiente para someter la probeta a un periodo determinado.



Probeta expuesta en el congelador con la temperatura correspondiente.



Nota: una vez que se realizó todo el proceso anterior se requería poner a prueba la probeta y realizar el doblamiento con un mandril cilíndrico de acuerdo a lo que dice en el apartado 8.10.5 de la norma para verificar su flexibilidad, pero por condiciones de la probeta del impermeabilizante no se pudo llevar a cabo.

Capítulo 7

Análisis de Resultados

Una vez concluidas todas las pruebas y obtenido todos los resultados de los experimentales se realizó un análisis de los datos.

7.1 Obtención de la mezcla del impermeabilizante

Una vez realizado repetidamente muestras de la mezcla del impermeabilizante con distintas cantidades de los materiales y dejándolas secar por un par de días, se observó cada una de ellas con el fin de poder descartar cualquiera que tuviera agrietamiento o fracturas que pudieran impedir o afectar al momento de la elaboración de las películas bases para realizar las presentes pruebas.

Ya obtenida esa información se logró obtener la muestra con la formula correcta y adecuada para poder llevar a cabo la realización de las pruebas correspondientes de acuerdo a lo que dicta la norma NMX-C450-ONNCCE-2019, a lo cual se siguió con la obtención de las películas bases para sacar las probetas correspondientes y poder proseguir con la realización de las pruebas.

7.2 Obtención de las películas bases

Ya que se obtuvo la mezcla correcta se llevó a cabo la elaboración de las películas bases correspondientes las cuales se realizaron conforme lo dice la norma.

Se observó que al momento de aplicar cada capa del impermeabilizante se secó rápido, ya que cada vez que se aplicaba el producto este tenía una consistencia espesa lo que ayudo a obtener las películas en un periodo de tiempo corto.

7.3 Prueba de Absorción del agua

Al analizar los datos de cada una de las pruebas de absorción del agua que se le realizó al impermeabilizante y al obtener los resultados con ayuda de las ecuaciones que establece la norma se obtuvo que cada una de ellas alcanzo un bajo porcentaje de absorción de agua a lo que nos indica que su porcentaje de cada una entra en el rango establecido dentro de la presente norma, al menos en un orden de magnitud.

Se realizó una serie de pruebas bajo las condiciones indicadas por la norma, algunas de ellas se efectuaron a diferentes condiciones, una de ellas (7A) se llevó a cabo con medidas diferentes a como lo dicta la norma con el fin de observar que esta pudiera tener diferentes resultados. Las pruebas se dejaron en inmersión por un periodo de diferentes días: A7, A8, A14, A20, A22 a lo cual el numero indica los días de inmersión, esto se muestra en la Figura 1.

En la Figura 1 muestra que en la prueba A20 un dato esta fuera lo cual indica que sobresale del rango de los datos de esta prueba.

También se observó que a lo largo en que transcurrían los días el nivel del agua que contenían los cristalizadores la cual las probetas estaban sometidas bajaba rápido en un tiempo corto a lo que nos indica que tenían una absorción acelerada.

Ya como final, al analizar los datos de todas las pruebas, se observó que mientras las probetas estuvieran más tiempo en inmersión con agua destilada más alto era su porcentaje de absorción como se puede mostrar en la Figura 1 pero se observó que entre cada una tienen una pequeña diferencia y las cuales no sobrepasaron el límite del rango de porcentaje de absorción indicado por la norma a lo que se puede decir que está en una buena categoría esta prueba.

También se puede observar que al momento de aumentar las dimensiones de la probeta era más bajo su porcentaje de absorción, esto puede indicar que en una cantidad grande de impermeabilizante aplicado sería más bajo su porcentaje de absorción.

Esta prueba como conclusión indica que el presente impermeabilizante entra en una categoría aceptable ya que se puede decir que tiene un excelente porcentaje de absorción lo cual es muy importante para un impermeabilizante comercial cumpla con este término ya que es un parámetro el cual un impermeabilizante busca obtener para su funcionalidad.

La ecuación lineal que representa los valores promedios de cada prueba que se obtuvo en la representación grafica como se muestra en la Figura 1 es la siguiente:

$$y = 0.023001 + 1.3105 * x$$

Para tener un mejor entendimiento de las variables dentro de la ecuación, se considera a y como el porcentaje de absorción de agua y x como el número de días. Así se logra obtener una función lineal para la estimación del porcentaje de agua absorbido en el impermeabilizante ecológico.

$$\% \text{ de absorción} = \frac{(0.023001 + 1.3105 * (\# \text{ de dias}))}{100}$$

7.4 Flexibilidad a Baja Temperatura

Al analizar los resultados de esta prueba, se observó que cada una de las probetas sometidas no presentaron ningún estado negativo indicado por la norma agrietamiento o fractura, pero no se pudo concluir esta prueba por condiciones de algunos de los materiales del impermeabilizante.

Para que se pudiera llevara a cabo completa esta prueba sería conveniente el agregar un agente elastómero natural para que el impermeabilizante para no alterar la parte de ecológico el cual permitiría que este producto tuviera una elasticidad y así lograr concluir con la prueba.

Pero con los resultados que se obtuvieron se afirmó que al estar expuesto el impermeabilizante a una alta temperatura por un largo tiempo (horas) este si llega a cambiar su textura ya que uno de los materiales que contiene es una grasa que a altas temperaturas este cambia de estado pero en esta situación no se obtuvo su estado líquido en un 100% y al momento que se dejó en reposo y se sometió a bajas temperaturas este cambio por completo a su estado sólido pero sin presentar ningún agrietamiento u alguna otra alteración.

Esto también indica como resultado que este impermeabilizante no podría aplicarse en todo aquel lugar que rebase cierta temperatura, pero por lo contrario da como resultado que sería una opción apropiada para aquel lugar que no la rebase

Capítulo 8

Conclusión y trabajo a futuro

Al finalizar cada una de las pruebas que se le realizaron al impermeabilizante, obteniendo los resultados de ellas y logrando el objetivo general, se llegó a la conclusión que el presente impermeabilizante ecológico cumple con dos de los tres lineamientos que se analizaron acorde a la NMX-C450-ONNCCE-2019.

Conforme a cada uno de los datos obtenidos sobre todo en la prueba de absorción de agua el impermeabilizante indica que tiene un excelente promedio de absorción de agua lo cual es un lineamiento muy importante que tienen que cumplir los impermeabilizantes comerciales. Es importante recalcar que esta prueba es de suma importancia que un impermeabilizante comercial la cumpla ya que es lo que se busca para combatir el problema de goteras y esté presente producto ecológico sobresalió en esta prueba lo que significa que entra en una categoría apropiada.

Por condiciones del producto no se pudieron concluir algunas pruebas a lo que se hubieran recolectado más datos y los resultados serían más precisos.

Es necesario que se le sigan haciendo mejoras para que en un futuro este proyecto logre alcanzar lo esperado y así mismo poder llegar a cumplir con todos los parámetros establecidos para poder sustituir a un impermeabilizante industrial y pueda ser adquirido por todo aquel que tenga problemas de goteras, al igual reducir el impacto negativo al medio ambiente causado por los impermeabilizantes comunes lo cual es lo que se pretende alcanzar con este proyecto.

Para finalizar y de acuerdo con lo anterior se puede decir que este impermeabilizante es viable y puede ser implementado en algunos casos con las medidas mencionadas en los análisis de resultados y así mismo puede llegar a sustituir a los comerciales ya una vez realizándole las mejoras correspondientes.

Referencias Bibliográficas

- [1] Rodríguez Prieto, C. A., & Peña Guzmán, J. A. (2019). *Pintura ecológica para mejoramiento de muros exteriores de tapia pisada*. Bogotá D. C.
- [2] Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. (15 de Noviembre de 2019). Obtenido de www.onncce.org.mx
- [3] *Home Solution*. (24 de Septiembre de 2020). Obtenido de Home Solution:
<https://homesolution.net>
- [4] Squinzi, R. (2021 de Septiembre de 2021). *Mapei*. Obtenido de Mapei:
<https://www.mapei.com>
- [5] Vilamala, I. J. (14 de Diciembre de 2007). *Canales Sectoriales*. Obtenido de Canales Sectoriales:
<https://www.interempresas.net>
- [6] Ortín, G., Lleal, J., Valdivieso, E., & Sala, D. (2020). *Protección e impermeabilización con cal en la restauración de albañilería*. España.
- [7] Tovar Alcázar, R. (2009). *La cal en la arquitectura bioclimática*. Tamaulipas
- [8] *conama10.es*. (17 de Septiembre de 2015). *conama10.es*. Obtenido de *conama10.es*:
<https://www.conama10.es>
- [9] México, C. L. (15 de Enero de 2020). *Cuidado con la piel*. Obtenido de ¿Que es y para que sirve el acido estéarico?: <https://www.conjuntolar.com>
- [10] México, C. L. (28 de Enero de 2020). *Cuidado de la piel*. Obtenido de ¿Que es el acido oleico y cuales son sus usos?: <https://www.conjuntolar.com>
- [11] *conama10.es*. (17 de Septiembre de 2015). *conama10.es*. Obtenido de *conama10.es*:
<https://www.conama10.es>
- [12] Fernandez, C. U. (25 de Septiembre de 2010). *Las grasas o lipidos*. Obtenido de Las grasas o lipidos: <https://zonahospitalaria.com>
- [13] Uriarte, J. M. (29 de Septiembre de 2022). *Moléculas*. Obtenido de Humanidades:
<https://humanidades.com>
- [14] Koppmann, M. (Junio-Julio de 2013). *Emulsiones*. Obtenido de Emulsiones:
https://cienciahoy.org.ar/wp-content/uploads/Revista_133_Emulsiones.pdf

