

**EVALUACION DEL USO DE RECUBRIMIENTOS INDUSTRIALES
BIODEGRADABLES COMO MATERIAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS
CONDICIONES BIOCLIMATICAS DE ESPACIOS HABITACIONALES.**

**RICARDO ANDRES GOMEZ CARDENAS
FABIAN CAMILO GONZALEZ CARDOZO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2020

**EVALUACION DEL USO DE RECUBRIMIENTOS INDUSTRIALES
BIODEGRADABLES COMO MATERIAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS
CONDICIONES BIOCLIMATICAS DE ESPACIOS HABITACIONALES.**

Trabajo de grado para optar título profesional en Ingeniería Civil

Autores:

RICARDO ANDRES GOMEZ CARDENAS

FABIAN CAMILO GONZALEZ CARDOZO

DIRECTOR

M.Sc. Ing. ALDEMAR REMOLINA MILLÁN

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado No. 1

Ing. Margareth Indira Viecco Marquez

Firma del Jurado No. 2

Ing. Leonardo Barón Páez

Bucaramanga, Noviembre 6 del 2020

Dedicatoria

Este proyecto de grado se encuentra dedicado principalmente a nuestros padres, hermanos y demás familiares, quienes con su paciencia, esfuerzo y amor nos apoyaron en esta etapa de nuestras vidas sin importar los obstáculos y el tiempo que nos llevó culminar este proyecto de grado.

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por habernos dado esta oportunidad, a nuestras familias por apoyarnos durante este periodo, a nuestro director de tesis El ingeniero Aldemar Remolina por enseñarnos y guiarnos en este trabajo de grado, al doctor Gilberto Gil presidente de la compañía Wide Solution por compartirnos su conocimiento y patrocinio del recubrimiento analizado, a nuestros compañeros y a las personas que nos acompañaron durante este camino. Por último, agradecemos a todos los docentes que hicieron parte de nuestro proceso de formación.

Tabla de contenido

| | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN | 13 |
| 1. OBJETIVOS | 14 |
| 1.1 OBJETIVO GENERAL | 14 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 14 |
| 2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA | 15 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 16 |
| 4. ESTADO DEL ARTE | 17 |
| 5. MARCO TEÓRICO | 19 |
| 5.1 DEFINICIÓN DE AISLANTE TÉRMICO | 19 |
| 5.2 PROPIEDADES DE LOS AISLANTES TÉRMICOS | 19 |
| 5.2.1 Transmitancia térmica (U) | 19 |
| 5.2.2 Calor específico (cp) | 20 |
| 5.2.3 Factor de la resistencia a la difusión de por de agua (μ) | 20 |
| 5.3 CALOR | 20 |
| 5.4 TIPOS DE TRASFERENCIA DE CALOR | 21 |
| 5.4.1 Conducción | 21 |
| 5.4.2 Convección | 21 |
| 5.4.3 Radiación | 22 |
| 5.5 AISLANTE TÉRMICO SUPER THERM | 23 |
| 5.5.1 Aplicación de Super Therm | 24 |
| 5.5.2 Preparación de la superficie | 25 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.5.3 | Tiempos de curado | 26 |
| 5.6 | SISTEMAS CONSTRUCTIVOS | 27 |
| 5.6.1 | Definición de ladrillo | 27 |
| 5.6.2 | Características de los ladrillos | 27 |
| 5.6.3 | Bloque de ladrillo macizo | 28 |
| 5.6.4 | Bloque de ladrillo H10 | 28 |
| 5.6.5 | Láminas de fibrocemento | 30 |
| 5.7 | FUNDAMENTOS PARA EL ANÁLISIS DE DATOS | 31 |
| 5.7.1 | Desviación estándar | 31 |
| 5.7.2 | Media aritmética | 31 |
| 5.7.3 | Diagrama de caja y bigotes | 32 |
| 5.8 | ALBEDO | 33 |
| 5.9 | ISLAS DE CALOR | 34 |
| 6. | METODOLOGÍA | 35 |
| 6.1 | DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA | 36 |
| 6.1.1 | Evaluación del uso de recubrimiento | 36 |
| 6.2 | MEDICIÓN DE TEMPERATURAS | 36 |
| 6.2.1 | Equipo usado para la medición | 37 |
| 6.3 | CONSTRUCCIÓN Y ARMADO DE LOS MÓDULOS | 37 |
| 6.3.1 | Proceso constructivo. | 37 |
| 6.3.2 | Módulos con aplicación de aislante y su módulo de control | 43 |
| 7. | ANÁLISIS RESULTADOS | 45 |
| 8. | CONCLUSIONES | 54 |

| | |
|--------------------|----|
| 9. RECOMENDACIONES | 56 |
| BIBLIOGRAFÍA | 57 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Cuñete de recubrimiento Super Therm | 23 |
| Figura 2. Aplicación de Super Therm | 24 |
| Figura 3.Preparación de superficie en módulo de Super Board | 25 |
| Figura 4. Módulos en proceso de curado expuestos a la intemperie | 26 |
| Figura 5.Dimensiones del bloque H10 | 28 |
| Figura 6.Proceso de toma de temperaturas | 34 |
| Figura 7. Medición para corte de ladrillos H10 | 36 |
| Figura 8. Inicio pega de ladrillos H10 con mortero | 36 |
| Figura 9. Módulo de ladrillo H10 terminado | 36 |
| Figura 10. Proceso de frisado ladrillos H-10 | 36 |
| Figura 11. Módulo en ladrillo H-10 finalizado con recubrimiento aplicado | 37 |
| Figura 12. Inicio de pega de ladrillos macizos. | 37 |
| Figura 13. Pega con mortero de ladrillos macizos | 37 |
| Figura 14. Limpieza de brechas | 37 |
| Figura 15. Nivelación en el proceso de pega | 38 |
| Figura 16. Verificación de niveles en el proceso de pega de ladrillo macizo | 38 |
| Figura 17. Frisado de ladrillo macizo. | 38 |

| | |
|--|----|
| Figura 18. Módulo de ladrillo macizo finalizado con recubrimiento aplicado | 38 |
| Figura 19. Corte de láminas de Super Board. | 39 |
| Figura 20. Inicio de ensamble módulo de Super Board | 39 |
| Figura 21. Finalización de ensamble de módulo de Super Board. | 39 |
| Figura 22. Proceso de estucado de módulo de Super Board | 39 |
| Figura 23. Aplicación de aislante térmico sobre módulos Súper Board. | 40 |
| Figura 24. Lijado final de módulo de Super board. | 40 |
| Figura 25. Módulos de ladrillo H10 finalizados | 41 |
| Figura 26. Módulos de Super Board finalizados | 41 |
| Figura 27. Módulos de ladrillo macizo finalizados | 42 |
| Figura 28. Diagrama de caja y bigote temperatura interna de materiales | 46 |
| Figura 29. Diagrama de caja y bigote temperatura externa de materiales | 46 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Promedio de temperatura interna de módulos. | 43 |
| Tabla 2. Promedio de temperatura externa de módulos | 44 |
| Tabla 3. Desviación estándar de datos de temperatura interna de módulos. | 44 |
| Tabla 4. Desviación estándar de datos de temperatura externa de módulos. | 45 |
| Tabla 1. ANOVA - Temperaturas | 50 |
| Tabla 2. ANOVA - Temperaturas externas | 50 |
| Tabla 3. Resumen análisis hipótesis | 51 |
| Tabla 4. Prueba de Tukey - Temperaturas internas | 51 |

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: EVALUACION DEL USO DE RECUBRIMIENTOS INDUSTRIALES BIODEGRADABLES COMO MATERIAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES BIOCLIMATICAS DE ESPACIOS HABITACIONALES.

AUTOR(ES): RICARDO ANDRES GOMEZ CARDENAS
FABIAN CAMILO GONZALEZ CARDOZO

PROGRAMA: Facultad de Ingenieria Civil

DIRECTOR(A): ALDEMAR REMOLINA MILLAN

RESUMEN

En la actualidad el efecto invernadero es una problemática en la cual la totalidad de la población se ve afectada, por lo cual en la industria de la construcción es necesario empezar a innovar con nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente las cuales ayuden con la mitigación de esta problemática. Por tal razón se evaluó el uso de un recubrimiento el cual aporte beneficios en la disminución de temperaturas, ya que es un revestimiento cerámico con una poderosa aislación térmica por radiación, rechazando la carga térmica que sea recibida. Se evaluó este recubrimiento sobre nueve módulos de diferentes materiales de mampostería convencionales en la industria de la construcción como lo son el ladrillo H10, ladrillo macizo y superboard. Dejando 3 restantes sin ningún tipo de recubrimiento aplicado para de esta manera tener un punto de referencia. Pasando 21 días de fraguado se realizó la medición de temperaturas internas y externas de cada módulo. Se evidencia que todos los materiales presentaron disminuciones de temperaturas considerables entre el 12% y el 19%, arrojando resultados más eficientes en el ladrillo H-10 en comparación con los otros dos materiales.

PALABRAS CLAVE:

recubrimientos industriales biodegradables, recubrimientos térmicos, mitigación de temperaturas, aislación térmica

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: EVALUATION OF THE USE OF BIODEGRADABLE INDUSTRIAL COATINGS AS MATERIAL FOR THE IMPROVEMENT OF BIOCLIMATIC CONDITIONS OF HOUSING SPACES.

AUTHOR(S): RICARDO ANDRES GOMEZ CARDENAS
FABIAN CAMILO GONZALEZ CARDOZO

FACULTY: Facultad de Ingenieria Civil

DIRECTOR: ALDEMAR REMOLINA MILLAN

ABSTRACT

Currently the greenhouse effect is a problem in which the entire population is affected, so in the construction industry it is necessary to start innovating with new environmentally friendly technologies that help mitigating this problem. For this reason, the use of a coating was evaluated which provides benefits in the decrease in temperatures, as it is a ceramic coating with a powerful thermal insulation by radiation, rejecting the thermal load that is received. This coating was evaluated on nine modules of different conventional masonry materials in the construction industry as they are H10 brick, solid brick and superboard. Leaving 3 remaining without any coating applied to have a reference point. After 21 days of setting, the internal and external temperatures of each module were metered. It is evident that all the materials presented considerable decreases in temperatures between 12% and 19%, yielding more efficient results in H-10 brick compared to the other two materials.

KEYWORDS:

biodegradable industrial coating, thermal coatings, temperature mitigation, thermal insulation

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

Las olas de calor junto con el cambio climático son un hecho real, el cual se ha estado incrementando con el paso de los años, en promedio se ha percibido que en el último siglo durante el verano las temperaturas han aumentado en 4.5 grados en comparación al siglo pasado; El año inmediatamente anterior se pudo evidenciar que el mundo alcanzo las temperaturas más altas registradas en el mes de Julio, Colombia no es país ajeno a esta problemática puesto que el Ideam a finales del año pasado pudo corroborar que más de 32 zonas del país registraron temperaturas de hasta 36 grados centígrados, también se presentaron irregularidades y cambios de temperatura abruptos donde en varios municipios de Boyacá se presentaron temperaturas de hasta bajo cero.

En el presente trabajo de grado se da a conocer una alternativa para la disminución de temperaturas interiores con el fin de poder obtener unas mejores condiciones bioclimáticas en espacios habitacionales, fueron construidos doce módulos de los cuales se destinaron de a cuatro módulos por material, dejando de los cuatro, uno sin ningún tipo de recubrimiento para que tuviera la función de modulo patrón y así tener un punto de partida para realizar posteriormente su respectivo análisis comparativo, el cual permite observar las diferencias en los distintos tipos de mampostería utilizados.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el uso de recubrimientos industriales biodegradables como material utilizado para la mejora de las condiciones bioclimáticas en los espacios habitacionales.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir niveles de temperatura y bioclimáticas ambientales en una serie de modelos habitacionales contruidos con tres tipos de materiales tradicionales como lo son: Ladrillo H10, Bloque de ladrillo macizo y Superboard
- Analizar el comportamiento de los materiales frente a las pérdidas de temperatura para de esta manera verificar el mejoramiento en espacios habitacionales.

2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El proyecto de grado titulado como: Factibilidad en el uso de recubrimiento industrial biodegradable para la mitigación de altas temperaturas en superficies de mampostería tradicionales utilizadas en el campo de la construcción. El cual será desarrollado en los laboratorios de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga. El lapso en el cual será realizada toda la investigación de esta tesis de grado será el primer semestre del año 2020.

Se enfocará en el análisis de los comportamientos que tienen los diferentes materiales de mampostería como lo serán el: Bloque de ladrillo macizo, ladrillo H10 y Superboard en determinadas temperaturas con y sin el aislante térmico aplicado. Un aislante térmico el cual trabaja con componentes Biodegradables, para así mejorar el confort interior de los diferentes tipos de construcciones. Los temas que se abordarán a profundidad vienen siendo: todo lo que tiene que ver con las transferencias de calor, aplicabilidad del recubrimiento y medición de temperaturas.

3. JUSTIFICACIÓN

En las industrias de materiales en la construcción principalmente se encuentran ladrillos H-10, Superboard y BTC debido a la gran demanda que tienen estos materiales por su uso en la fabricación de estructuras de vivienda, en las cuales se emplea el uso de este recubrimiento biodegradable como una alternativa para mitigar las altas temperaturas y así poder generar una mejor comodidad a quienes se encuentren al interior de estas viviendas, se basó en parámetros conocidos y de esta manera poder buscar beneficios, se realizó estudios empleando el recubrimiento “SUPER THERM” en búsqueda de la disminución de temperaturas.

4. ESTADO DEL ARTE

Desde los inicios el ser humano ha buscado resguardarse de las temperaturas extremas buscando así poder mejorar las condiciones bioclimáticas para lograr tener un confort, posterior a esto el ser humano a venido intentando evolucionar en nuevas técnicas y materiales buscando así este confort térmico, desde entonces en el mundo se habla de los aislantes térmico

Se puede afirmar que desde los orígenes hasta la actualidad aun se desconoce el origen de lo que es el cambio climático o también llamado calentamiento global, pues bien, existen teorías las cuales afirman de que el efecto invernadero inicio mucho tiempo atrás de lo que la gente lo imagina. Cuando se habla de los aislantes térmicos nos trasladamos a la época de la revolución industrial en donde fueron sus inicios, es decir hace aproximadamente 180 años. Con el inicio del siglo XX y la revolución industrial aparecieron los aislantes térmicos

El inicio de la implementación de técnicas aislamiento térmico partió con la construcción de un muro exterior el cual estaba compuesto de dos hojas de ladrillo, dejando entre cada hoja de ladrillos una cámara de aire la cual le permitía que el aire circulara y no existiera el riesgo de condensaciones. Unos años más tarde en la antigua Alemania, dos compañías fueron precursoras en la utilización de láminas de fonitram las cuales venían acompañadas de un aislante de fibra de vidrio, luego se inicio la búsqueda apasionada por la temperatura adecuada, todo esto fue gracias a que una gran parte del siglo XX la tecnología no se encontraba teniendo un buen desarrollo con todos los aislantes existentes en la época como lo eran: Las espumas de plástico, las hojas de ladrillo interior y exterior y los materiales albeorales. En diferentes ocasiones en las que se realizaron distintos tests de los materiales aislantes térmicos, los resultados que estos arrojaban no eran los que se esperaban obtener.

Por primera vez, el muro exterior se construyó con dos ladrillos, y se dejó una cámara de aire entre ellos para permitir que el aire circule sin peligro de condensación. Muchos años después, en la antigua Alemania, las dos empresas tomaron la iniciativa en el uso de paneles de fonitram con materiales aislantes de fibra de vidrio. Después de eso, comenzaron una búsqueda feroz de la temperatura adecuada o la temperatura óptima, todo porque incluso si se utilizan todos los aislantes, como : La espuma plástica, los materiales de aluminio y los ladrillos internos y externos no han desarrollado completamente la tecnología del siglo XX. A veces los resultados que producen no son óptimos porque estas soluciones

En Quito, Ecuador, se llevó a cabo una investigación y desarrollo basado en el análisis térmico natural de residuos de biomasa con el objetivo de revertir la insostenibilidad energética que sufren los países latinoamericanos de esta manera, reduciendo la demanda energética y mejorando las condiciones de vida internas. Cuando se utiliza un material compuesto de poliestireno intensificado con fibra de yute sin tratar con hidróxido de sodio al 0,5%, se puede ver una mejora considerable, y si la fibra está hecha, la eficiencia mejorará mucho.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 DEFINICIÓN DE AISLANTE TÉRMICO

Un aislante térmico se puede definir como un material que posee la capacidad de rechazar el paso de calor en los diferentes tipos de transferencia dentro de los cuales se encuentran la convección, radiación y conducción. Se puede precisar como una homogeneidad de materiales que puede ayudar al retarda el flujo de calor por radiación, conducción y conveccion cuando se aplica correctamente. Este retrasa el flujo de calor desde o hacia la zona de aplicación debido a su alta resistencia térmica. (Garza Alejandro, 2016)

Este se evalúa por la capacidad que tenga de aislar térmicamente. Gran parte de estos materiales aislantes térmicos están constituidos por cifras superiores al 90% de gas, el cual esta aglomerado en solidos que se encuentran en pequeños espacios y le obstruyen el movimiento. Las propiedades que son mas convenientes en el caso de que presenten una buena resistencia a la intemperie, formación de barreras para el paso de vapor, resistencia al fuego y presentar una resistencia mecánica considerable (Garza Alejandro, 2016).

5.2 PROPIEDADES DE LOS AISLANTES TÉRMICOS

5.2.1 Transmitancia térmica (U)

Transmitancia térmica se considera la propiedad de la física que hace referencia al flujo del calor en estado estacionario, fraccionado por el área y por la diferencia de temperaturas de los ambientes situados a cada cara del elemento que se analiza. En conclusión, es la propiedad de la física que mide la energía que fluye por unidad

de tiempo y superficie, transmitido a través de un elemento. (Quezada Vanegas, 2019)

5.2.2 Calor específico (cp)

Es la capacidad que tiene un material para conservar energía a lo largo de su conformación de masa. Calor específico puede ser positivo, negativo, nulo y puede también llegar a ser infinito, esto está sujeto al tipo de proceso que ensaye el sistema a lo largo del proceso de transferencia de calor. Se tiene un valor el cual está definido para un tipo de proceso en específico. Por ende, la suficiencia calorífica depende de tan solo 2 factores: El desarrollo particular que el sistema perciba y la naturaleza del sistema. (Fourty, Bertinetti, & Foussats, 2003)

5.2.3 Factor de resistencia a la difusión de agua (μ)

Este factor se ve concurridamente en los aislamientos que buscan resguardar una superficie con temperaturas bajas; si el aislante concede que la humedad del aire esté en contacto con la superficie que se encuentra, la superficie se condensará y mojará todo el aislamiento, provocando de esta manera pérdidas en la capacidad de aislar temperaturas (Palomo Cano, 2017)

5.3 CALOR

El calor es un término el cual es comúnmente utilizado para describir un tipo de transferencia de energía. Al momento de hablar sobre energía calorífica o calor, se hace referencia a la cantidad que se le agrega o se le quita a la energía interna total de un objeto cualquiera, gracias a la existencia de una diferencia de temperatura. (Jiménez Carballo, 2018)

El calor es un tipo de energía la cual se encuentra en tránsito y en consecuencia a esto se mide en unidades estándar de energía como por ejemplo en unidades de SI el Joule. Una unidad de calor que se utiliza frecuentemente es la caloría. Esta se define como la cuantía de calor que se necesita para aumentar la temperatura de 1 gramo de agua en 1 C°. (Jiménez Carballo, 2018)

5.4 TIPOS DE TRASFERENCIA DE CALOR

5.4.1 Conducción

Este tipo de transmisión el calor de expande tan solo si se tiene una conexión directa entre las partículas de dos cuerpos que son totalmente distintos pero que se encuentran a diferentes temperaturas o también entre zonas de un mismo cuerpo pero con diferentes temperaturas este es un proceso muy importante en los cuerpos en estado solido pero de menos importancia en líquidos y en gases en donde comúnmente existe una combinación con la convección y es básicamente encubierto por esta (Martín Domingo, 2014).

5.4.2 Convección

Por Convección la transferencia de calor consiste en dos tipos de mecanismos los cuales operan en simultánea. El primero se debe al movimiento de las moléculas, el mismo que en la transferencia debido a la conducción. El segundo mecanismo se debe a la transferencia de energía gracias al movimiento macroscópicos de los que se podrían llamar paquetes del fluido. El movimiento del fluido se debe a los paquetes de líquido, cada paquete consta de un gran número de moléculas, que se mueven a favor de una fuerza externa. Esa fuerza extraña puede ser gracias a una gradiente de densidad, como en la convección natural o debido a una diferencia de

presión generada por un ventilador o bomba también una mezcla entre las dos presiones. (Jiménez Carballo, 2018).

La convección depende de la viscosidad, densidad y velocidad del fluido, así como de sus propiedades térmicas como lo son el calor específico y conductividad térmica. Un claro ejemplo de lo que es convección forzada sería la circulación de un fluido impulsado por un ventilador o bomba, mientras que un claro ejemplo de lo que sería la convección natural es cuando un flujo es debido las diferencias de densidad causada por la expansión térmica, como el ascenso de aire caliente (Jiménez Carballo, 2018).

5.4.3 Radiación

El tipo de transferencia el cual es generado por la radiación se define como la energía que radia en forma de fotones o también en forma de onda electromagnética los cuales se deben al cambio de configuraciones en átomos. La transferencia de calor por la radiación no necesita la presencia de un intercesor, La radiación es el tipo de transferencia de calor mas rápido y no es sometida a disminuciones en un vacío, este tipo de transferencia de calor es por la cual llega la energía del sol a la tierra.

En investigación realizadas sobre la transferencia del calor la radiación térmica es bastante importante debido a que esta es el tipo de radiación que es difundida por los cuerpos gracias a la temperatura de cada cuerpo. Este tipo de transferencia es de tipo volumétrico y todos los estados de la materia lo absorben y lo expulsan a diferentes grados (Çengel, 2007)

5.5 AISLANTE TÉRMICO SUPER THERM

El Super Therm el cual se puede ver en la figura 1 es una mezcla entre aditivos de resina de alto desempeño que genera una capa de recubrimiento flexible y de buena resistencia, acrílicos y agua de uretanos. La cual se diseño con el fin de tener buena durabilidad y un excelente desempeño gracias a los cuatro cerámicos que posee lo cuales buscan rechazar hasta en un 95% el calor de sol que ingresa a las infraestructuras gracias a los rayos ultravioleta, rayos infrarrojos y la luz visual. Es un revestimiento cerámico el cual proviene de estudios de la NASA, este cuando se aplica en muros perimetrales ocasiona una gran aislación térmica por medio del tipo de transferencia de calor denominado radiación, declinando la incidencia térmica externamente la cual ataca a inmuebles o edificaciones industriales. (Consulting solutions and associates S.A. de C.V, 2015)

Figura 1. Cuñete de recubrimiento Super Therm



Fuente: Autor

5.5.1 Aplicación de Super Therm

Este producto puede ser aplicado con brocha, rodillo como se puede observar en la figura 2 o rociado; sin embargo, el método preferido es por aire o rociamiento (airless). Nunca debe ser aplicado directamente sobre óxido, y nunca debe ser diluido o adelgazado el producto. Si la aplicación es por brocha, se deberá utilizar una brocha de cerda suave. Si la aplicación es por rodillo, se deberá utilizar un rodillo de pelo de 3/4". Si la aplicación es por rociamiento, se deberá utilizar un airless estándar (2) galones/min (3,300psi) con una boquilla de 0.029-0.033" de acuerdo con la propagación del ancho del abanico de la aplicación y presión de la bomba. Para lograr el espesor adecuado, la temperatura y humedad deben ser consideradas por el aplicado. (Consulting solutions and associates S.A. de C.V, 2015)

Figura 2. Aplicación de Super Therm

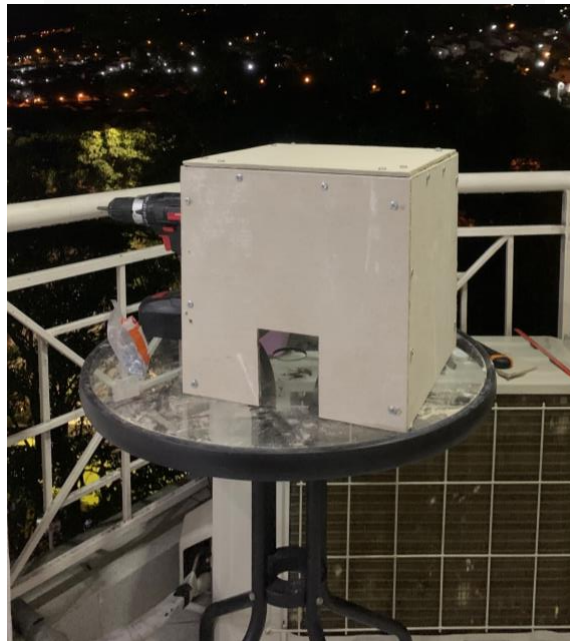


Fuente: Autor

5.5.2 Preparación de la superficie

Al momento de ser aplicado el recubrimiento la superficie debe estar limpia de aceite, brea, óxido, grasa, sales y capas. Se deberá utilizar desengrasante si la superficie a la cual será aplicado lo amerite. Al igual se deberá limpiar la superficie utilizando un limpiador cítrico para liberar tierra y residuos grasos como es el caso observado en la figura 3 sobre la superficie de super board la cual fue preparada con un limpiador cítrico para eliminar cualquier tipo de residuo en la superficie. Lavar a presión si es posible 3,500 psi. (Consulting solutions and associates S.A. de C.V, 2015).

Figura 3. Preparación de superficie en módulo de Super Board



Fuente: Autor

5.5.3 Tiempos de curado

Recién aplicado se debe dejar secar entre 30-60 minutos libre al tacto a 70°F (21°C) y para lograr un correcto curado: 21 días. (Consulting solutions and associates S.A. de C.V, 2015). En la figura 4 se puede observar los 12 módulos en el día 18 de curado.

Figura 4. Módulos en proceso de curado expuestos a la intemperie



Fuente: Autor

5.6 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

5.6.1 Definición de ladrillo

Se puede decir que un ladrillo es un material comúnmente usado en la construcción conformado por tierras arcillosas las cuales son comprimidas moldeadas y sometidas altas temperaturas que genera la cocción de la pieza. Los ladrillos gracias a su fácil manejo son normalmente utilizados en todo tipo de construcciones (Moreno, 1981 como se citó en Barranzuela Lescano, 2014)).

Asimismo definen al ladrillo como el componente básico para la construcción de la albañilería y la construcción (Barranzuela Lescano, 2014).

5.6.2 Características de los ladrillos

La utilización de los ladrillos normalmente es destinada para todo lo que tiene que ver con la construcción de suelos o muros y por esta razón las propiedades de un ladrillo deben ser lo suficientemente resistentes a la interperie al igual que ser lo suficientemente resistentes a la compresión ya que es de vital importancia que estos tengan una excelente capacidad portante

Las características primordiales para lograr ser un ladrillo de excelentes calidades son: ser un ladrillo el cual se encuentre bien moldeado, lo cual hace referencia a que todas sus caras sean planas y bordes bien definidos. Otra característica es ser un ladrillo poroso pero vale la pena resaltar de que la porosidad de este no sea en exceso para así poder absorber el mortero correctamente, también es de vital importancia de que este no contenga ningún tipo de sales solubles ya que esto podría afectar la calidad del ladrillo. Es importante también que al momento de recibir el golpe de un martillo, el sonido que este arroje sea un sonido metálico lo cual nos da la señal de que este fue un ladrillo con una correcta cocción y no presenta ningún

tipo de agrietamiento. Respecto a la geometría del ladrillo, esta deberá ser homogénea por todos los lados que este sea visto. Respecto a la cocción del ladrillo es importante que este no haya sido sometido a un horneado excesivo ya que esto primero ocasionará un cambio bastante notable en el color de este, tornándose un color violeta oscuro, con una estructura la cual sea brillante y además de esto con posibles deformaciones. Si el ladrillo fue horneado por un tiempo excesivo, este se volverá un ladrillo muy duro pero poco resistente por la cantidad de fisuras que este tendrá, pero tampoco deberá ser horneado por un poco tiempo ya que este se volverá un ladrillo frágil lo cual haría que se desmoronara con facilidad. Para concluir las características de un ladrillo en excelentes condiciones es que tenga un color uniforme, que tenga un correcto tiempo de cocción y que al momento de ser golpeado con un martillo u otro objeto similar se escuche un sonido seco. (Barranzuela Lescano, 2014).

5.6.3 Bloque de ladrillo macizo

La denominación de ladrillo macizo la reciben los de bloques de ladrillos con forma de ortoedro-poliedro que cuentan con seis caras paralelas e iguales. Las dimensiones más comunes de este tipo de ladrillos son: 24cm * 11.5cm * 5cm y 29cm * 14cm * 5cm. Los ladrillos macizos son ladrillos de fabricación industrial dentro de lo que se diferencian dos tipos: los que sin fabricador por extrusión y los fabricados por prensados. Estos dos tipos se diferencian básicamente por la densidad que cada uno tiene de su masa la cual es mayor en el caso del ladrillo macizo que es prensado (BIANUCCI, 2009)

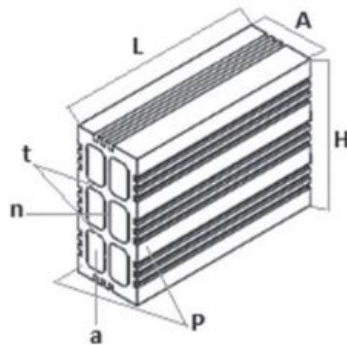
5.6.4 Bloque de ladrillo H10

El bloque de ladrillo H10 se encuentra normalmente en el comercio en dos presentaciones las cuales son: el ladrillo H10 de seis huecos cuadrados y el de ocho

huecos mixtos. Este tipo de ladrillo es usado comunmente en la mamposteria de obras civiles. Este tipo de ladrilos en un producto el cual esta expuesto a humedades internas o externas del lugar, por lo cual el indice de absorcion de agua que este deberia tener tendra que ser bajo para asi evitar todo tipo de fisuras, dilataciones o caida del mortero que se le aplique a este.

Todo material que sea utilizado en el campo de la construccion de obras civiles debera ser de la mejor calidad posible ya que cada dia son mas exigentes los estandares de calidad para poder garantizar de que todo tipo de estructura sea sismo resistente. La morfologia del bloque de ladrillo H10 se podran ver en la figura 5 (Rozo Rincón, Sánchez Molina, & Álvarez Rozo, 2014).

Figura 5. Dimensiones del bloque H10



Fuente: Asociación española de fabricantes de ladrillos y tejas de arcillas cocidas HISPALYT

Donde:

L= largo (cm)

A= ancho (cm)

H= alto (cm)

P= espesor más pequeño de las paredes (mm)

T= espesor más pequeño de los tabiques (mm)

N= espesor del nervio (mm)

5.6.5 Láminas de fibrocemento

Las laminas de fibrocemento o tambien conocidas como laminas de superboard son membranas compuestas de fibras de silice y celulosa a las cuales se les agrega un aglomerante el cual es una mezcla entre cemento y agua, luego esta es expuesta a un proceso simultaneo de compresion y fraguado. Las dimensiones estandar de laminas de superboard que es comunmente encontrar en el comercio son de 1.20 X 2.40, pero vale la pena resaltar que se pueden conseguir de menores dimensiones. Principalmente el uso de las laminas de fibrocemento es para la construccion de entresijos, cielos rasos y divisiones. Vale la pena resaltar que las lo que son las normas tecnicas ASTM y ICONTEC nos muestran una clasificacion de placas como los son las tipo A y B.

Investigaciones que ya han sido realizadas a las laminas de fibrocemento han demostrado de que estas laminas son un material inerte que no es inflamable o explosivo. El unico riesgo que presenta para la salud del ser humano simplemente la inhalación del polvillo que estas laminas arrojan al momento de ser cortadas o pulidas sin tener en cuenta ls medidas de seguridad que se deben contemplar al momento de realizar estas acciones. Al igual las investigaciones realizadas demuestran de que hasta el momento no hay ningun tipo de evidencia en las que se demuestre que estos polvos puedan llegar a ser absorbidos por la piel. (Mariscal Jiménez, 2001).

5.7 FUNDAMENTOS PARA EL ANÁLISIS DE DATOS

5.7.1 Desviación estándar

Es la medida de variabilidad que se utiliza para medir la raíz cuadrada de la varianza, dado que ocupa la unidad de medida original para resumir la distancia entre el puntaje y la media, se usa más. La desviación estándar es una medida de dispersión, que indica el grado de dispersión de información o elementos en relación con el promedio. A medida que aumenta la desviación estándar, mayor es la dispersión de los datos. (UNIVERSIDAD INTERAMERICANA PARA EL DESARROLLO, 2014)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i^n (y_1 - y_2)^2}{n - 1}}$$

Ecuación 1. Desviación estándar

Y_i=y₁, y₂... y_n: valores observados de los elementos de la muestra.

Y: Valor medio de las observaciones.

N: número de observaciones de la muestra.

5.7.2 Media aritmética

La media es un valor que se obtiene a partir de una serie de datos cuantitativos, se origina de la esperanza matemática o un valor esperado, este se calcula por medio de la sumatoria de todos los datos dividida entre el número de los mismos (UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, 2012).

$$X = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Ecuación 2: Media aritmética

X: Media aritmética.

X1, X2... Xn: valores.

n: número de valores

5.7.3 Diagrama de caja y bigotes

Se puede entender que los diagramas de caja y bigotes son una representación visual de muchas características importantes simultáneamente, como lo es la simetría y la dispersión. Para obtener dicha representación se puede ver, los tres cuartiles y los valores mínimo y máximo de los datos se representan en un rectángulo, alineados vertical u horizontalmente.(LICEO MARTA DONOSO ESPEJO, 2011)

Se podrá observar una gráfica de tipo caja rectangular, donde el recorrido intercuartilico se muestran los lados más largos. Dicho rectángulo se divide por una sección horizontal la cual indica el lugar donde se ubica la mediana y por esto su coherencia con los cuartiles primero y tercero (LICEO MARTA DONOSO ESPEJO, 2011).

5.8 ALBEDO

Se le da el nombre de albedo a la capacidad en general que tienen las diferentes superficies del planeta tierra de reflejar energía solar son rumbo a la atmosfera. Se puede decir que el albedo se define como una fracción de la energía solar que incide, la cual se refleja sobre una superficie cualquiera hacia el espacio. Diferentes superficies como lo son la arena, la nieve, el agua entre otras, tienen diferentes valores de albedo. Por ejemplo para la atmosfera y la superficie de la tierra, tienen un albedo promedio del 30% cuando se presenta una condición general de nubosidad sobre el planeta tierra. El índice es mas grande en el rango de visibilidad de las longitudes de onda.

No tan solo el sol, sino cualquier tipo de cuerpo, irradian energía en longitud de onda en el transcurso del espectro electromagnético. Los cuerpos que tienen una mayor temperatura, al momento de irradiar ondas, estas serán mas cortas y los cuerpos con temperaturas mas bajas las ondas que irradian serán mas largas. Pero el sol tiene el pico de transmisión en el rango de visibilidad. El planeta tierra tiene una emisión de radiación máxima en longitudes de onda bastante largas, las cuales se encuentran en un rango de 10 μm . A lo largo de este proyecto de grado no se tuvo en cuenta debido a que las especificaciones técnicas del aislante térmico utilizado bloquea en un 95% la radiación solar emitida. (Serrano Jareño, 2007)

5.9 ISLAS DE CALOR

Islas térmicas urbanas o también llamadas islas de calor, hacen referencia al gradiente térmico el cual se puede observar entre un espacio el cual este densamente poblado y construido y lo que es la periferia rural. El patrón clásico espacial de lo que es una isla térmica es concéntrico. Este gradiente térmico es asociado a una pérdida progresiva del entorno natural vegetal, intra y la periferia urbana, lo cual se sustituye por una superficie impermeable como lo son el asfalto, los ladrillos o el concreto y otros materiales utilizados en la construcción, los cuales alteran el radiactivo superficial y el radiactivo térmico lo cual lleva a un aumento en las temperaturas en áreas urbanas. Vale la pena resaltar de que las islas de calor no es un factor a analizar a lo largo de nuestro proyecto de grado debido a que no es el enfoque que se le quiso dar. (Cordova Saens, 2009)

6. METODOLOGÍA

En este capítulo se describe y presenta la metodología usada para la evaluación del recubrimiento industrial biodegradable. Un aislante térmico utilizado en ambientes habitacionales implementado en materiales de construcción basados en experimentos realizados anteriormente, se pudo adaptar la construcción de módulos a los cuales se le realizó mediciones de temperaturas por medio de un equipo llamado termómetro infrarrojo digital laser, este experimento se basó en la construcción de un modelos para la aplicación del recubrimiento, se utilizó la escala de 1:20 para hacer la representación real de una casa de 6 metros por 6 metros, debido a la escala anteriormente mencionada se obtuvo por equivalencia unas dimensiones de 30cm por 30cm.

Se procedió a la construcción de 12 modelos en total, realizando por completo 4 modelos de diferentes materiales entre los que se encuentran superboard, ladrillo h10 y bloque de ladrillo macizo. De esta manera se tendrá un modelo de control para así poder evaluar si hay o no una posible mejora en las condiciones bioclimáticas. Luego de terminar con el proceso de construcción de los módulos estos deberán ser frisados, cabe resaltar que también se deberá dejar cada módulo con su respectivo orificio para de esta manera realizar la toma de las temperaturas internas con el termómetro infrarrojo. Uno de los intereses de esta tesis radicó en verificar el comportamiento de los materiales frente a varias tomas de temperaturas, con el cual se puede constituir la base de estimación de las necesidades de este recubrimiento en espacios habitacionales.

6.1 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

6.1.1 Evaluación del uso de recubrimiento

Para la evaluación de este aislante térmico se decidió por tener un rango de horas específicas para la medición de temperaturas y así mismo evitar tener una dispersión de datos la cual afecte al momento del análisis de resultados. La medición de temperaturas duro alrededor de 30 días dentro de los cuales se obtuvieron 15 mediciones debido a que estas solo se tomaron cuando la temperatura ambiente de la locación era superior a los 31°C, vale la pena resaltar que los módulos estuvieron expuestos a la intemperie las 24 horas durante los 30 días que se realizaron las tomas de temperaturas.

6.2 MEDICIÓN DE TEMPERATURAS

Para llevar a cabo este proceso se utilizó el método de medición directa mediante el cual se obtuvo resultados directamente de un instrumento utilizado y se utilizó la escala de medida cuantitativa.

Figura 6. Proceso de toma de temperaturas



Fuente: Autor

6.2.1 Equipo usado para la medición

El instrumento que se utilizó para la medición de temperaturas es un termómetro infrarrojo de marca (FLUKE) con referencia (568) el cual tiene una sensibilidad de 150Mk y un rango de temperaturas infrarrojas que va desde los -40°C hasta los 800°C. El cual se posiciona el lente infrarrojo lo más paralelo posible frente a la superficie como se puede observar en la Figura 6 y así garantizar la perpendicularidad de la radiación incidente. La cual es reflejada digitalmente en números sobre la pantalla del termómetro.

6.3 CONSTRUCCIÓN Y ARMADO DE LOS MÓDULOS

Se utilizó cemento Cemex y se garantizó una relación Agua-cemento 3-1 para la aplicación de mortero de pega el cual se puede observar en la Figura 12 en la pega de bloques de ladrillo macizo y en la figura 8 para el caso del bloque de ladrillo H10 donde se garantizó las medidas mencionadas de 30 cm x 30 cm

6.3.1 Proceso constructivo.

Durante este proceso se buscó un diseño funcional el cual encajara dentro de las expectativas incluidas dentro del proyecto de acuerdo con esto se garantiza una nivelación la cual se puede ver claramente en la Figura 9 la verificación de niveles durante el proceso de pega del bloque de ladrillo H10, la dimensión de 30 cm x 30 cm para cada uno de los 12 módulos construidos la cual se puede ver en la Figura 7 en un módulo de bloque de ladrillo H10 y en la Figura 19 donde se puede observar el proceso de corte para cada una de las caras del módulo de superboard donde se garantiza las dimensiones mencionadas anteriormente y estabilidad de los módulos construidos por medio del proceso de frisado el cual se observa en la Figura 17 en donde se le aplica una capa de mortero externamente a un módulo de ladrillo macizo.

Figura 7. Medición para corte de ladrillos H10



Fuente: Autor

Figura 8. Inicio pega de ladrillos H10 con mortero



Fuente: Autor

Figura 9. Módulo de ladrillo H10 terminado



Fuente: Autor

Figura 10. Proceso de frisado ladrillos H-10



Fuente: Autor

Figura 11. Módulo en ladrillo H-10 finalizado con recubrimiento aplicado



Fuente: Autor

Figura 12. Inicio de pega de ladrillos macizos.

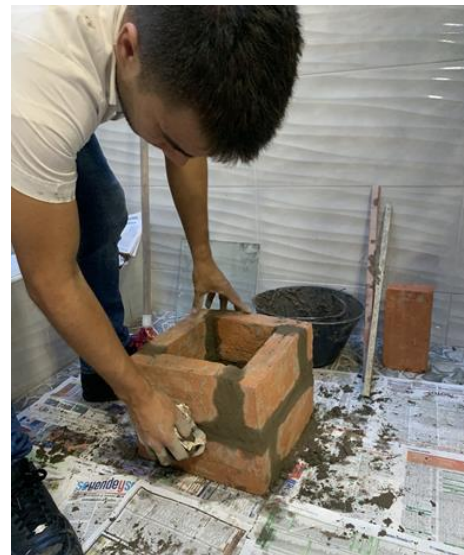


Fuente: Autor

Figura 13. Pega con mortero de ladrillos macizos



Figura 14. Limpieza de brechas



Fuente: Autor

Figura 15. Nivelación en el proceso de pega



Fuente: Autor

Figura 16. Verificación de niveles en el proceso de pega de ladrillo macizo



Fuente: Autor

Figura 17. Frisado de ladrillo macizo.



Fuente: Autor

Figura 18. Módulo de ladrillo macizo finalizado con recubrimiento aplicado



Fuente: Autor

Figura 19. Corte de láminas de Super Board.



Fuente: Autor

Figura 20. Inicio de ensamble módulo de Super Board



Fuente: Autor

Figura 21. Finalización de ensamble de módulo de Superboard.



Figura 22. Proceso de estucado de módulo de Superboard



Fuente: Autor

Figura 23. Aplicación de aislante térmico sobre módulos Súper Board.



Fuente: Autor

Figura 24. Lijado final de módulo de Super board.



Fuente: Autor

6.3.2 Módulos con aplicación de aislante y su módulo de control

Figura 25. Módulos de ladrillo H10 finalizados



Fuente: Autor

Figura 26. Módulos de Super Board finalizados



Fuente: Autor

Figura 27. Módulos de ladrillo macizo finalizados



Fuente: Autor

Figura 28. Termómetro infrarrojo digital laser



Fuente: Autor

7. ANÁLISIS RESULTADOS

La presente sección del trabajo muestra el análisis de los datos obtenidos al realizar la toma de temperatura en 12 módulos de materiales como ladrillo H10, ladrillo macizo y superboard. Las Tablas 1 y 2 muestran el promedio de temperatura registrado en los módulos en la parte interna y externa del módulo. Además, se añade un dato adicional que es el promedio del valor medio de cada uno de los datos para de esta manera contrastar con el módulo que servía como referencia.

Los datos indican que el módulo que genera una mayor disminución de calor de la parte interna es el de material de ladrillo H10, resaltando además que externamente este módulo absorbe una mayor cantidad de calor que se disipa con el aislante térmico.

Tabla 1. Promedio de temperatura interna de módulos.

| MATERIAL | REFERENCIA | PROMEDIO |
|--------------------|-------------------|-----------------|
| | A | M2 M3 M4 |
| H10 | 36,913°C | 32,607°C |
| MACIZO | 40,620°C | 33,024°C |
| SUPER BOARD | 45,400°C | 36,858°C |

Fuente: Autor

Los datos de la tabla 2 reflejan el comportamiento de temperatura de los sensores ubicados en la parte externa de los módulos para cada uno de los materiales, lo cual indica el cambio de temperatura externo respecto al interior de cada una de las construcciones con los distintos materiales.

Tabla 2. Promedio de temperatura externa de módulos

| MATERIAL | REFERENCIA | PROMEDIO M2 M3 M4 |
|------------------------|-------------------|------------------------------|
| H10 | 51,280°C | 39,416°C |
| MACIZO | 49,107°C | 38,978°C |
| SUPER BOARD | 48,247°C | 40,349°C |

Fuente: Autor

Las tablas 3 y 4, muestran el cálculo la desviación estándar de los valores registrados y se evidencia que los datos obtenidos con los módulos de ladrillo H10 son menos variantes respecto a los otros dos materiales y que el superboard es aún más variante de la temperatura lo que indica que la temperatura de los módulos fabricados con Super Board tuvo una mayor dispersión.

Tabla 3. Desviación estándar de datos de temperatura interna de módulos.

| MATERIAL | REFERENCIA | PROMEDIO M2 M3 M4 |
|------------------------|-------------------|------------------------------|
| H10 | 0,834 | 0,905 |
| MACIZO | 2,171 | 1,235 |
| SUPER BOARD | 2,288 | 1,510 |

Fuente: Autor

Tabla 4. Desviación estándar de datos de temperatura externa de módulos.

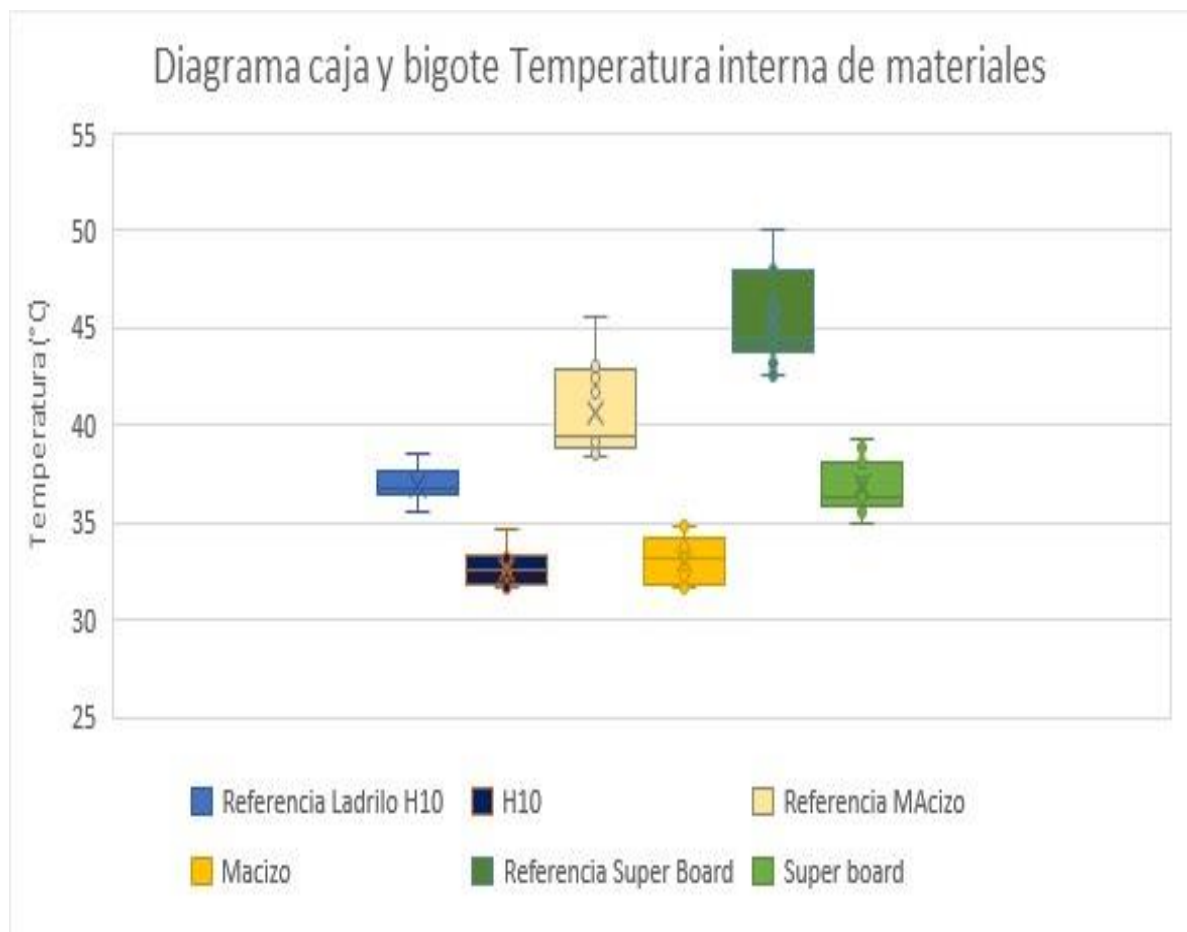
| MATERIAL | REFERENCIA | PROMEDIO M2 M3 M4 |
|------------------------|-------------------|------------------------------|
| H10 | 3,408 | 1,595 |
| MACIZO | 3,145 | 1,744 |
| SUPER BOARD | 3,720 | 1,768 |

Fuente: Autor

Se realizaron dos diagramas de caja y bigotes para las temperaturas externas e internas. En el primer diagrama, correspondiente a las temperaturas internas, se observa que los módulos de ladrillo macizo y super board al aplicar el recubrimiento cerámico tienen una mayor disminución de la temperatura interna y al realizar los cálculos respectivos se encuentra que para ambos materiales fue equivalente a 19% de disminución y para el ladrillo H10 fue del 12%, sin embargo, este último registra la menor temperatura dentro de los tres.

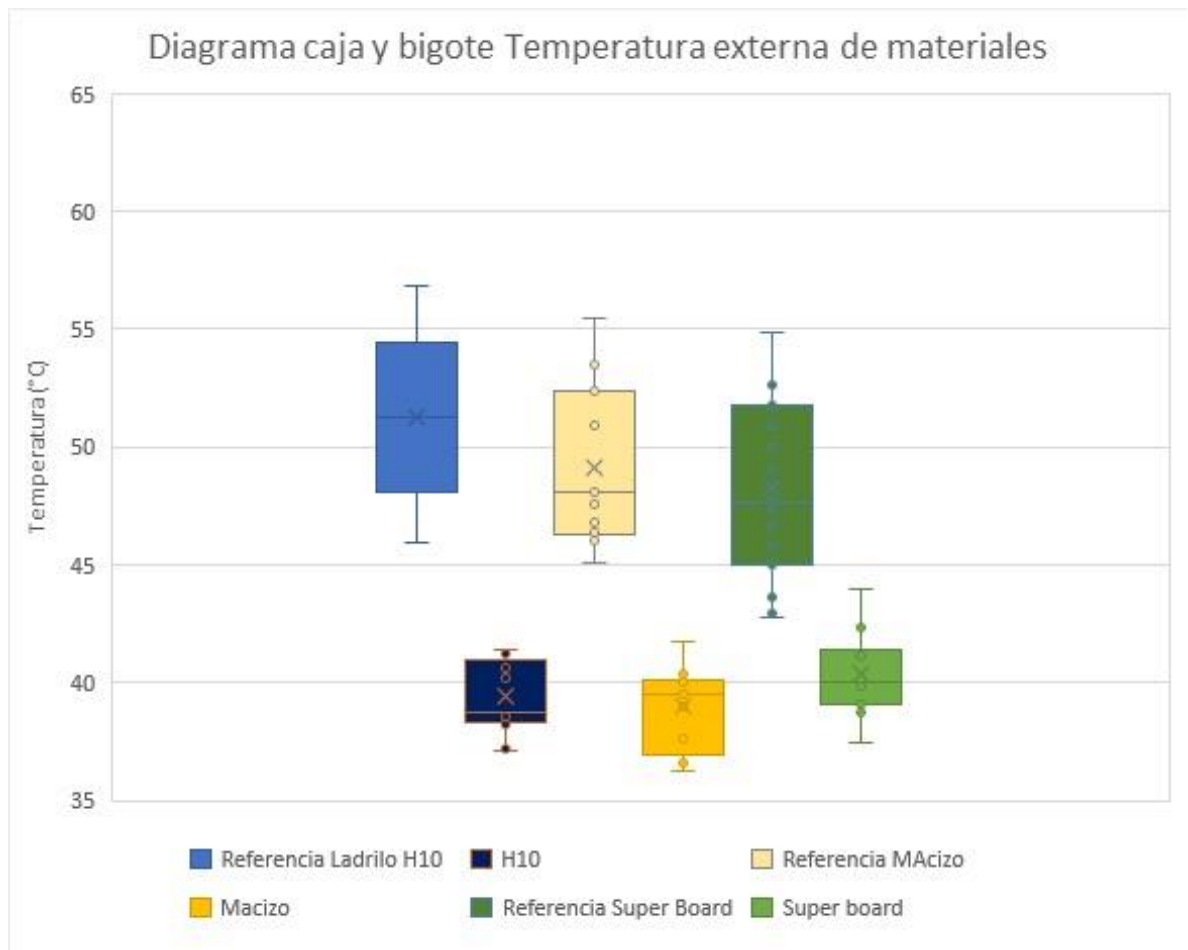
Se refleja que no existen valores atípicos en cada uno de los conjuntos de datos, que los valores de referencia de ladrillo macizo y super board tienden a ser superiores y no estar centrados hacia la media y que las temperaturas en H10 son más constantes.

Figura 28. Diagrama de caja y bigote temperatura interna de materiales



Fuente: Autor

Figura 29. Diagrama de caja y bigote temperatura externa de materiales



Fuente: Autor

Después de graficar los datos obtenidos en el experimento, se procede a realizar un análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias de los resultados respecto a las temperaturas internas y externas, esto se realiza en el programa Excel con ayuda del complemento de “Análisis de datos”. Para aplicar la técnica se establece un nivel de confianza de 95%, lo que establece un alfa de 0,05 y para su análisis se proponen las siguientes hipótesis:

H_0 = El promedio de las temperaturas en los tres materiales es igual. ($\alpha < P$)

H_1 = El promedio de las temperaturas en los tres materiales es distinto en al menos un grupo. ($\alpha > P$)

El resultado de la ANOVA para las temperaturas internas se resume en la siguiente tabla:

Tabla 5. ANOVA - Temperaturas internas

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | Probabilidad (P) |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Entre grupos | 164,704642 | 2 | 82,35232099 | 9,9271E-13 |
| Dentro de los grupos | 60,35585185 | 42 | 1,437044092 | |
| Total | 225,0604938 | 44 | | |

Fuente: Autor

El resultado de la ANOVA para las temperaturas externas se resume en la siguiente tabla:

Tabla 6. ANOVA - Temperaturas externas

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | Probabilidad (P) |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Entre grupos | 14,71353086 | 2 | 7,35676543 | 0,08290267 |
| Dentro de los grupos | 116,8742222 | 42 | 2,78271958 | |
| Total | 131,5877531 | 44 | | |

Fuente: Autor

La comprobación de las hipótesis se realiza comparando el valor P con el valor alfa, el cual se obtuvo en cada uno de los análisis realizados, estos datos se discriminan en la tabla 7.

Tabla 7. Resumen análisis hipótesis

| | Alfa | Valor P | Hipótesis aceptada |
|----------------------------|-------------|----------------|---------------------------|
| Temperatura interna | 0,05 | 9,9271E-13 | Alternativa |
| Temperatura externa | 0,05 | 0,08290267 | Nula |

Fuente: Autor

Al contrastar los valores obtenidos, se evidencia que para las medias obtenidas en los datos de temperatura externa se acepta la hipótesis nula, lo que indica que no hay diferencia significativa entre los valores obtenidos en este conjunto de datos. Respecto a las temperaturas internas, el valor P dio menor que el valor alfa, lo que sugiere que al menos una de las medias es distinta por lo que se procede a realizar una análisis con la prueba de Tukey para identificar que grupos difieren en sus medias. Los resultados obtenidos luego de aplicar la prueba de Tukey se reflejan en la Tabla 8.

Tabla 8. Prueba de Tukey - Temperaturas internas

| Grupo 1 | Grupo 2 | Media | Valor P |
|----------------|--------------------|--------------|----------------|
| H10 | MACIZO | 0,417778 | 0,609356 |
| H10 | Super Board | 4,251111 | 7,98E-12 |
| MACIZO | Super Board | 3,833333 | 1,51E-10 |

La prueba de Tukey compara las medias entre dos grupos, en este caso, entre los diferentes materiales que se utilizaron en el proyecto, para identificar que grupos difieren en sus medias se procede a comparar el valor P con el valor alfa (0.05), si el primer valor es mayor que el segundo indica que las medias no son distintas, en el caso contrario si el valor es menor indica que las medias son significativamente distintas. Como se puede observar en la tabla, el valor P para la comparación entre ladrillo H10 y macizo no difiere, a diferencia de los otros dos conjuntos de datos comparados. No obstante, para esta situación es necesario analizar nuevamente el diagrama de caja y bigote presentado en la figura 28, donde se puede evidenciar que el comportamiento de los datos de H10 es menos variable respecto al ladrillo macizo y la línea del promedio tiene un menor valor.

Además, al realizar un contraste entre las figuras 28 y 29 se observa que el ladrillo H10 sin aislante térmico absorbe mayor radiación que se refleja en una temperatura promedio mayor que supera los 50 °C y se reduce en la misma proporción que el ladrillo macizo.

Al comparar los datos de temperatura externa e interna, se observa que el ladrillo H10 reduce la temperatura entre ambos ambientes en una mayor proporción y su temperatura en el ambiente interior es menor. Se refleja que el recubrimiento térmico reduce la temperatura de en todos los materiales, pero se evidencia un mejor comportamiento en la reducción de temperatura del ladrillo H10 en comparación con los valores de referencia que corresponden al módulo 1.

Además, aunque el porcentaje de disminución de la temperatura interna es mayor en el macizo y el super board, el ladrillo H10 tiene una menor temperatura y datos más estables en el espacio habitacional, aun cuándo su temperatura promedio externa es mayor en el ambiente exterior, aunque de acuerdo con el análisis de varianza en las temperaturas externas la diferencia no es significativa.

8. CONCLUSIONES

- Se analizó las temperaturas obtenidas por los diferentes módulos, bloque de ladrillo H10, bloque de ladrillo macizo y lamina de Superboard con recubrimiento aplicado respecto a los módulos de control los cuales arrojaron resultados esperados obteniendo así una reducción de temperaturas internas para estos dos últimos con un 19% de disminución mientras que para el ladrillo H10 fue del 12%. Estas temperaturas fueron notablemente inferiores a las arrojadas por el módulo de control.
- El recubrimiento tiene un rendimiento eficiente frente al tipo de transferencia de calor como lo es la radiación, debido al análisis realizado todos los módulos evaluados presentaron una amplia disminución en las temperaturas tanto internas como externas frente a los módulos de control, Obteniendo así la máxima de las temperaturas externas para el ladrillo H10 con una diferencia de $11,86^{\circ}$ y para las temperaturas internas en el Superboard con $8,54^{\circ}$
- Se observó que no existen valores atípicos, pero sí que los valores de referencia del ladrillo macizo y el Superboard tienden a ser superiores y no estar centrados a la media, mientras que las temperaturas del ladrillo H10 son más constantes.
- El material que mejor comportamiento tuvo frente a los demás materiales fue el ladrillo H10, esto debido a presentar las temperaturas más bajas con una temperatura promedio de $32,573^{\circ}$ dentro de la toma de mediciones internas, teniendo en cuenta que se brinda un mayor confort al disminuir las temperaturas en espacios habitacionales. Cabe la pena resaltar que este fue el material que menor diferencia de temperaturas internas arrojó frente al

módulo de control, pero si el de mayor diferencia en las temperaturas externas.

- Los datos obtenidos por el ladrillo H10 son menos variantes respecto a los otros dos materiales, teniendo este una desviación estándar de 0,83 y mientras que el Superboard es el más variante en su temperatura teniendo una desviación estándar de 2,28.
- Se concluye que la implementación de este recubrimiento en espacios habitacionales presenta un comportamiento eficiente frente a las altas temperatura en el ambiente ya que entre más elevadas sean estas, mayor es la efectividad del recubrimiento y así de esta manera spoder brindar un mejoramiento en las condiciones bioclimáticas de espacios habitacionales.

9. RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar una investigación del ámbito económico sobre la implementación del aislante térmico supertherm frente a otras alternativas utilizadas como aislantes térmicos
- Se recomienda un estudio adicional para verificar el comportamiento del aislante térmico en otro tipo de material como lo es la madera
- El cemento al igual que el supertherm es un material que puede verse afectado por la humedad, por lo tanto es recomendable tener estos materiales resguardados y protegidos del agua.
- Se sugiere el uso de este recubrimiento en espacios habitacionales debido a su rendimiento y a su excelente efectividad frente a condiciones bioclimáticas altas.
- Se recomienda una investigación en la que se implementa la combinación del supertherm y otro tipo de aislante térmico con el fin de mejorar los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Barranzuela Lescano, J. (Febrero de 2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.* . Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf
- BIANUCCI, M. A. (2009). *EL LADRILLO – Orígenes y Desarrollo. [Cátedra Introducción a la Tecnología]. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.* Obtenido de <https://arquitectologicofau.files.wordpress.com/2012/02/el-ladrillo-2009.pdf>
- Çengel, Y. A. (2007). Fundamentos de la radiación térmica. En *Transferencia de Calor y Masa. Un enfoque práctico* (págs. 663-665). Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- Fourty, A., Bertinetti, M., & Foussats, A. (2003). *Calor específico. Calorimetría.* Obtenido de <http://www.15dejuniomnr.com.ar/blog/apunteca/Ciclo%20Basico/Fisica%20I/Termodinamica/Calor%20especifico%20y%20Calorimetria.pdf>
- Garza Alejandro, V. J. (mayo de 2016). *ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE AISLANTES TÉRMICOS PARA LA APLICACIÓN EN EDIFICACIONES (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.* Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/14146/1/1080237848.pdf>
- Jiménez Carballo, C. A. (04 de diciembre de 2018). *CALOR Y CALORIMETRÍA. [Diapositiva de Power Point]. Instituto Tecnológico de Costa Rica.* Obtenido de

<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10196/Calor%20y%20calorimetr%C3%ADa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LICEO MARTA DONOSO ESPEJO. (10 de Diciembre de 2011). *Diagrama de Caja y Bigotes*. Obtenido de INSTITUTO DE MATEMÁTICAS (INSTMAT): http://inst-mat.usalca.cl/tem/sitiolmde/primero/guias-liceo/recuperacion/Diagrama_de_Caja_y_Bigotes-2.pdf

Mariscal Jiménez, J. (Noviembre de 2001). *ANÁLISIS DE PLACAS PLANAS DE FIBROCEMENTO EN SECCIÓN MIXTA CON PERFILES DE ACERO. [Trabajo de Especialización]*. Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/962/1/02598010.2001.pdf>

Martín Domingo, A. (Septiembre de 2014). *Apuntes de transmisión del Calor*. Departamento de Física e Instalaciones, Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido de <http://oa.upm.es/6935/1/amd-apuntes-transmision-calor.pdf>

Morales, A. E. (2012). *Estadística y probablilidades*.

Rozo Rincón, S. M., Sánchez Molina, J., & Álvarez Rozo, D. C. (2014). PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE BLOQUES H10 FABRICADOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CÚCUTA. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 67-78. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v24n1/v24n1a04.pdf>

Sesion 5. (s.f.). *Curso de estadística basica, teorema de chebyshev regla empirica*.

UNIVERSIDAD INTERAMERICANA PARA EL DESARROLLO. (12 de Mayo de 2014). *Estadística Descriptiva. Medidas de dispersión. [Diapositiva de power point]*. Obtenido de Moodle UNID:

https://moodle2.unid.edu.mx/dts_cursos_md1/ejec/AE/ED/S11/ED11_Visual.pdf

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO. (Mayo de 2012). *Capítulo 3: MEDIDAS DE CENTRALIZACION.* Obtenido de https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/IF_JUNIO_2012/IF_CALDERON%20OTOYA_FCA/capitulo%2003.pdf