CAPÍTULO 1

MARCO GENERAL

CAPÍTULO 1.- MARCO GENERAL

1.1. METODOLOGÍA

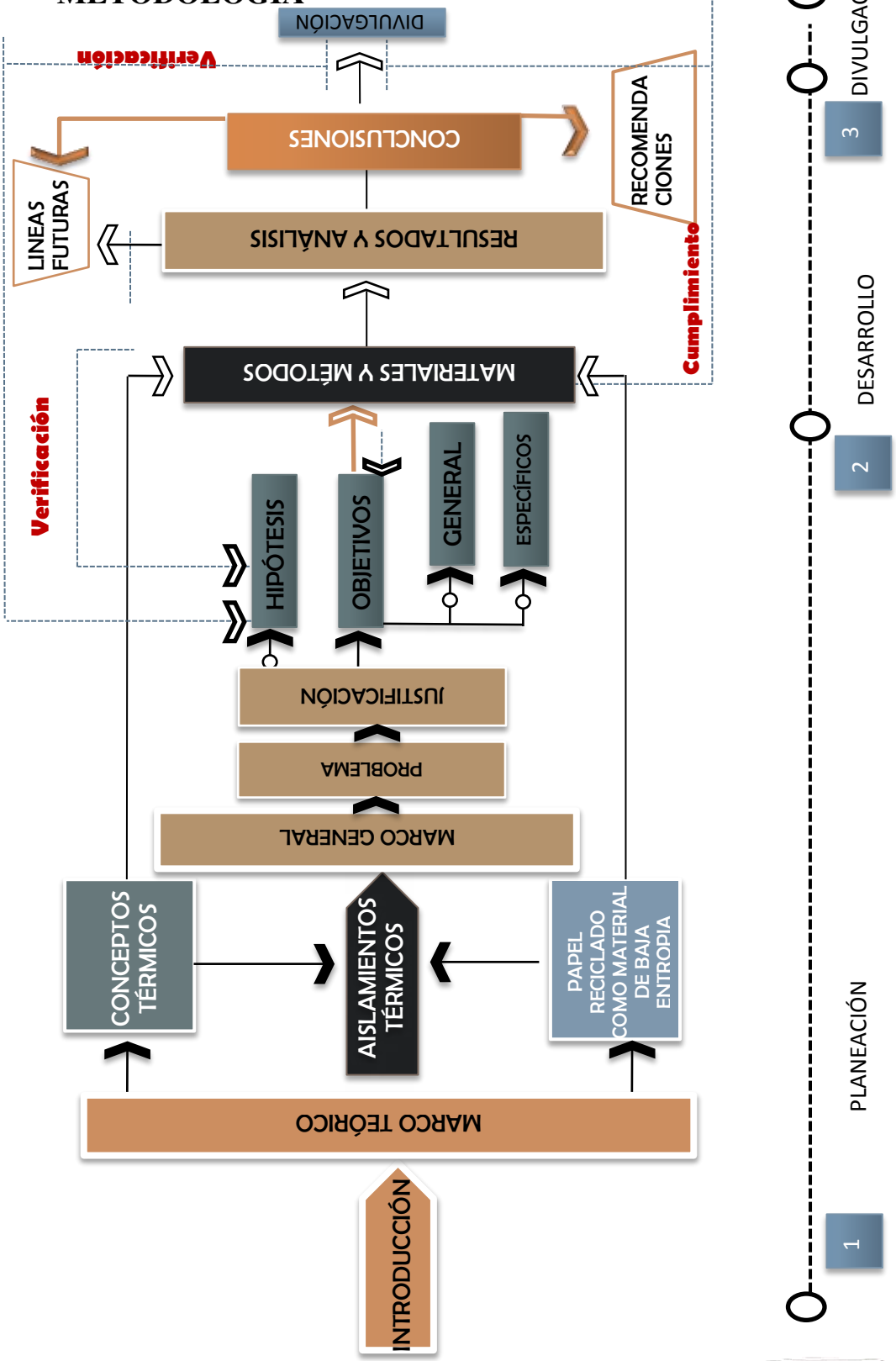


Gráfico. 3.1. Metodología. Elaboración propia

1.2. INTRODUCCIÓN

Los aislamientos juegan un papel importante en la construcción de edificaciones sostenibles. Un aislamiento contribuye de manera muy importante a la reducción en el consumo de energía en nuestros hogares y puestos de trabajo, así como también una disminución de los gases con efecto invernadero producto de la combustión.
Sin embargo, en muchos casos los materiales usados en las edificaciones corresponden a exigencias del mercado, que no llegan a ser la respuesta exacta para las condiciones climáticas del lugar, que deben ser disipadas con medios electromecánicos a través de fuertes consumos de energía como es el caso de los sistemas de acondicionamiento de aire y otros.

Para reducir el consumo en climatización, la forma más eficiente y económica es la mejora de la envolvente de la vivienda, ya que es por la piel de la vivienda por donde se dan las mayores pérdidas energéticas.

Mientras se realiza este tipo de actividad; consumiendo a la vez los recursos no renovables, en las ciudades se generan grandes cantidades de materiales que pueden ser aprovechados fácilmente, sin embargo, son considerados como ´´basura´´, este es un recurso muy importante y/o insignificante para algunas personas, ya que este se puede convertir en riqueza. A través de exploraciones transitorias se observó que existe una gran cantidad de desechos que se pueden utilizar como materiales de construcción, tal es el caso del papel que deja de ser residuo cuando podemos emplearlo como materia prima en la elaboración de un material alternativo.

En la ciudad de Tarija se generan en promedio más de 30 toneladas de papel y cartón al mes, una persona genera 0.128kg de papel/día. Por este motivo es importante buscar un uso alternativo y adecuado para el desecho del papel y el reciclaje es un buen comienzo.



Esta investigación pretende desarrollar distintas fórmulas utilizando papel reciclado para elaborar material con buena aislación térmica, de bajo peso, económico y durable. Se espera que estos materiales aislantes térmicos puedan ser utilizados para planes de vivienda social y generación de empleo, contribuyendo a la eficiencia energética producida por el uso de equipos climatizadores, creando nuevos conocimientos y expandiendo la conciencia del cuidado medioambiental.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Vivimos en un mundo en el que por un lado cada vez hay más elementos que consumen energía y por otro lado tenemos un déficit en la producción de la misma; esto hace necesario contemplar medidas que reduzcan el consumo de energía sin perder ninguna de las comodidades actuales.

La ausencia del uso de aislamientos térmicos en el momento de construir viviendas (con paredes escasamente aisladas o sin ninguna aislación) es uno de los principales problemas que provoca el uso ineficiente de energías para aclimatar la vivienda. En Tarija, al igual que en el resto del mundo el cambio climático ha motivado que las condiciones climáticas varíen por lo que se presentan inviernos muy fríos o veranos muy calurosos, lo cual hace necesario utilizar equipos climatizadores para evitar las consecuencias de un frío extremo o calor excesivo.

La mayoría de los habitantes en la actualidad ya optan por usar equipos climatizadores sin tomar en cuenta el alto consumo de energía eléctrica que éstos consumen, lo que hace subir la demanda energética por encima de lo habitual.

El problema surge directamente de la orientación de la vivienda, la mayoría de las viviendas en Tarija no son adecuadamente orientadas, no toman en cuenta el factor clima y esto a la larga trae consigo una demanda energética ineficiente. Lo más preocupante es que al hacer uso de estos equipos climatizadores se consume gas, energía eléctrica y ambos pertenecen a los recursos no renovables, con lo cual estamos perjudicando con su uso desmedido el futuro de las próximas generaciones.



Paralelamente a esta actividad, en la ciudad de Tarija se generan grandes cantidades de residuos, 26% pertenecen al papel, los cuales no son aprovechados y son considerados como ´´basura´´. Este proyecto de investigación tiene como finalidad reciclar papel para así realizar aislantes térmicos contribuyendo así al confort de la vivienda y al uso eficiente de energía.

1.4. DELIMITACIÓN DEL TEMA

La propuesta del presente trabajo está dirigida a plantear una alternativa que enfrente el problema de pérdida de energía de las viviendas que se da a través de las fachadas (muros). Por lo que estará abocado a realizar un material aislante térmico a base de papel reciclado con características que respondan a las propiedades físicas de un material aislante térmico contribuyendo así a ser amigables con el medio ambiente y aplicar el reciclaje. Para esto se recolectará papel, se elaborará paneles de 30 x 30 con diferentes proporciones de papel, mediciones de cada panel de acuerdo a su espesor, análisis comparativo de los resultados, aplicación en muros.

1.5. JUSTIFICACIÓN

Los aislamientos juegan un papel importante en la construcción de edificaciones sostenibles. Un aislamiento no sólo nos resguarda de los agentes externos (calor, frío, ruidos), sino que además contribuye de manera muy importante a la reducción en el consumo de energía en nuestros hogares y puestos de trabajo, así como también una disminución de los gases con efecto invernadero producto de la combustión.

Sin embargo, en muchos casos los materiales usados en las edificaciones corresponden a exigencias del mercado, que no llegan a ser la respuesta exacta para las condiciones climáticas del lugar, generando por tanto ganancias de calor hacia el interior de los inmuebles, que deben ser disipadas con medios electromecánicos a



través de fuertes consumos de energía como es el caso de los sistemas de acondicionamiento de aire y otros.

Para reducir el consumo en climatización, la forma más eficiente y económica es la mejora de la envolvente de la vivienda, ya que es por la piel de la vivienda por donde se dan las mayores pérdidas energéticas.

Mientras se realiza este tipo de actividad; consumiendo a la vez los recursos no renovables, en las ciudades se generan grandes cantidades de materiales que pueden ser aprovechados fácilmente, sin embargo son considerados como ´´basura´´, este es un recurso muy importante y/o insignificante para algunas personas, ya que este se puede convertir en riqueza. A través de exploraciones transitorias se observó que existe una gran cantidad de desechos que se pueden utilizar como materiales de construcción, tal es el caso del papel que deja de ser residuo cuando podemos emplearlo como materia prima en la elaboración de un material alternativo.

En la ciudad de Tarija se generan en promedio más de 62,166 toneladas de papel y cartón al mes, lo que equivale al 26% del total de material residual generado, una persona genera 0.128kg de papel/día. Por este motivo es importante buscar un uso alternativo y adecuado para el desecho del papel y el reciclaje es un buen comienzo.
Al igual que todo material reciclado empleado en la construcción, éste se convertirá en un elemento importante para la evolución de un sistema constructivo que vaya acorde al mundo en que vivimos, en donde es necesario cuidar el medioambiente. Las prácticas de reciclaje y reutilización son eficientes desde el punto de vista ecológico, pero también desde el punto de vista económico, ya que la recuperación de materiales puede ser el punto de partida para generar un mercado alternativo de productos, que por haber sido utilizados anteriormente resulten más económicos.
Esta investigación pretende desarrollar distintas fórmulas utilizando papel reciclado para elaborar materiales con buena aislación térmica, de bajo peso, económico y durable. Se espera que estos materiales aislantes térmicos puedan ser utilizados para planes de vivienda social y generación de empleo, contribuyendo a la eficiencia



energética producida por el uso de equipos climatizadores, creando nuevos conocimientos y expandiendo la conciencia del cuidado medioambiental.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo personal.

- Aplicar y desarrollar los principios filosóficos para un mejor desempeño laboral futuro en el área de la tecnología, especialmente en el área de aislamientos térmicos.

1.6.2. Objetivo académico.

- Desarrollar un tema en base a una problemática actual que sirva de base referencial para futuras investigaciones en el área de tecnología y profundizar en el área ambiental con el reciclaje. Que el proyecto sea un aporte, un referente para la U.A.J.M.S. en un futuro, y genere el sentido de pertenencia en nuestra carrera y facultad.

1.6.3. Objetivo General

- Elaborar paneles a base de papel reciclado que cumplan las propiedades de un material aislante térmico, baja conductividad y alta resistencia térmica para su aplicación en muros de viviendas.

1.6.4. Objetivos Específicos

- Elaborar con las fibras de papel reciclado paneles que se comporten como aislantes térmicos.
- Determinar la variación de la conductividad térmica por efecto de su composición de material y espesor.
- Medir el índice de transmitancia y resistencia térmica de paneles a base de papel reciclado en función al espesor y composición interna para aplicar en muros y que de esta manera contribuyan a la eficiencia energética.



1.7. PREGUNTAS ORIENTADORAS

En el planteamiento de este trabajo surgen las siguientes preguntas como punto de partida de la investigación:

- ¿De qué manera las fibras de papel reciclado se aplicarán como aislante térmico?

- ¿Qué efectos ocasionan las variaciones de proporción de las materias primas que componen el panel?

- ¿Qué efectos ocasionan las variaciones de espesor de las materias primas que componen el panel?

- ¿Cómo determino el índice de transmitancia térmica y resistencia térmica?

1.8. HIPÓTESIS

Con la elaboración de paneles a base de papel reciclado se obtendrá un material con características físicas propias de un material aislante térmico que podrán ser aplicadas en muros exteriores de construcciones arquitectónicas



CAPITULO 2

MARCO CONCEPTUAL

CAPÍTULO 2 . MARCO CONCEPTUAL

2.1. ANTECEDENTES

Desde tiempos inmemoriales, el hombre ha tratado de adaptar sus necesidades al entorno donde vivía. Una de sus necesidades primarias ha sido siempre la de tener un lugar para guarecerse del sol o del frío, del viento o de la lluvia. La forma de protegerse de los agentes atmosféricos; la obtención y transformación de los materiales constructivos constituye una simbiosis con el medio natural, en el cual el hombre desarrolla su habilidad y su inteligencia.

La evolución del hombre, sin duda, ha ido aparejada a la de la construcción. Ya desde los tiempos prehistóricos, en los que el hombre vivía en las cavernas y más tarde en las chozas, para conseguir su aislamiento del exterior interponía entre él y el medio un elemento o material constructivo, más o menos perfecto. Este aislamiento tenía, en principio, la intención de guarecerse de las condiciones climáticas, pero hay otras razones para aislarse: descansar, trabajar, relacionarse socialmente, etc.

El material constructivo fue evolucionando a lo largo de la historia. Desde los grandes bloques de piedra de los templos egipcios, se pasó a los gruesos muros de tres hojas de la arquitectura romana, hasta llegar a la construcción medieval.

Ésta se caracteriza por las grandes moles que constituían sus castillos y catedrales. A pesar de la transparencia de los muros góticos, éstos tenían un gran espesor. En dichos muros, se producía la inversión térmica, fenómeno por el que se mantiene el calor en el interior, a pesar de los cambios estacionales, precisamente por la acumulación de material con la que aquéllos se construían. Estas "moles" cumplían una función estructural de equilibrio de los esfuerzos de las bóvedas interiores. En los períodos siguientes (renacimiento, barroco y neoclásico), el hombre, poco a poco, comienza a ahorrar material en sus construcciones, ahorro éste que llega al máximo en nuestros días. Este principio economicista nos obliga a cambiar nuestra ancestral idea del aislamiento. La gran masa de material se sustituye por soluciones



tecnológicas más ventajosas que tenían que compensar la disminución de aquélla. Se obtienen mejores condiciones de confort y de ahorro energético

2.1.1. Historia de Aislamientos de Papel

La celulosa es el material de aislamiento de los edificios más antiguos. Se han utilizado muchos tipos de materiales celulósicos, incluyendo periódicos, cartón, algodón, paja, serrín, mazorca de maíz y cáñamo.

Se inició en la década de 1950 y entró en uso general en los EE.UU. durante la década de 1970 el aislamiento de celulosa, hecha con papel de periódico reciclado, mediante molienda y la adición de un retardante de fuego.

El mercado para el aislamiento aumentó tras el embargo petrolero de 1973 a 1974. El embargo causó que los costos de energía para la calefacción subieran por las nubes en todo el país, lo que llevó a un mayor interés en las medidas de conservación de energía. El aislamiento ganó la atención nacional significativa como una tecnología barata y disponible para aumentar la eficiencia energética de las viviendas. El gobierno de EE.UU. decidió incentivar la instalación de aislamientos de fibra de celulosa en 1977, después de un invierno particularmente severo, para lo cual proporcionó créditos fiscales a los propietarios que lo hicieran.

Mientras que en 1976 había aproximadamente 100 empresas de aislamiento de celulosa con 125 plantas, en 1978 había más de 350 empresas con más de 500 plantas. El aislamiento de celulosa fue producido localmente por pequeños fabricantes que han comprado plantas listas para operar máquinas y ofrecieron un proceso de producción de baja tecnología barata y fácil. Aparte de algunas limitaciones creadas por la escasez de ácido bórico para su uso como retardante de fuego, la celulosa capturó una mayor participación en el mercado debido a menores costos y su idoneidad para las modernizaciones. Mientras tanto, los productores de fibra de vidrio y lana de roca tenían dificultades para mantenerse al día con la demanda para el aislamiento de sus clientes.



Debido a las quejas de los comerciantes, contratistas y consumidores acerca de los problemas de control de calidad precio y la seguridad, el gobierno federal comenzó a promulgar normas de aislamiento a partir de 1978. Hubo una gran preocupación de que el crecimiento de la fábrica de celulosa motivó un insuficientemente tratamiento de aislamiento contra la amenaza de fuego, a pesar de que no existen estadísticas fiables sobre una base nacional. Esto llevó a la Comisión Federal de Productos del Consumidor Seguridad a fijar normas de seguridad que abarcan cuatro atributos del producto para el aislamiento de celulosa: densidad, corrosividad, flujo radiante crítico y la combustión ardiendo.

El efecto de las regulaciones de la CPSC puso a la mayor parte de los pequeños productores de aislamiento de celulosa al borde de la quiebra. Los gastos efectuados por el aumento de las pruebas de fuego hechas de celulosa eran más caros, esto sumado a la mala publicidad ayudó a disminuir la demanda. Eran incapaces de cumplir con los requisitos de prueba o se fusionaron con otros fabricantes pequeños. En 1985, la CPSC pidió al Congreso la derogación de la norma de inflamabilidad después de nuevos estudios. En 1991 sólo 61 productores de celulosa permanecían aún en los EE.UU.

La industria de la fibra de vidrio, por su parte se benefició de la mayor parte de la normativa aprobada por el gobierno federal. La fuerte presión ejercida por los productores de fibra de vidrio y los fabricantes de aislamiento mineral ayudó a aprobar las normas contra incendios difíciles de aislamiento de celulosa.

Actualmente, el aislamiento de celulosa se ha incrementado de nuevo en uso en los Estados Unidos. Parte de la razón para este crecimiento son estudios que sugieren que la celulosa puede en realidad proteger un edificio de los daños en un incendio mejor que la fibra de vidrio, porque la celulosa es más densa que la fibra de vidrio y no permite que el oxígeno necesario para quemar los miembros estructurales. Varios estudios nacionales de investigación del Consejo de Canadá han respaldado estas afirmaciones. Otra razón importante para el regreso de la celulosa podría ser debido al creciente interés en la construcción verde. La celulosa tiene el más alto contenido



de reciclado que cualquier material de aislamiento y también menos energía incorporada que la fibra de vidrio y otros aislamientos minerales producidos.

2.2. CONCEPTOS TÉRMICOS

2.2.1. Concepto de eficiencia energética

Un edificio energéticamente eficiente es aquel que minimiza el uso de las energías convencionales, a fin de ahorrar y hacer un uso racional de la misma. La eficiencia energética o rendimiento energético surge del cociente entre la energía útil o utilizada por un sistema y la energía total consumida:

$$\eta = \frac{E \text{ util}}{E \text{ total}}$$

En la medida que el consumo de energía por unidad de producto producido o de servicio prestado sea cada vez menor, aumenta la eficiencia energética. Tanto la tecnología disponible, como los hábitos responsables, hacen posible un menor consumo de energía, mejorando la competitividad de las empresas y la calidad de vida

2.2.2. Concepto de aislamiento térmico

Un aislante térmico es un material capaz de oponerse al paso de energía entre dos ambientes o cuerpos. En la construcción, son todos aquellos materiales o elementos constructivos que evitan el flujo de calor entre el ambiente interior de la vivienda, o edificación, y el exterior.

La transferencia de calor entre dos cuerpos puede darse por radiación, a través de ondas electromagnéticas; por convección, a través de un fluido como el aire; y por conducción, cuando los cuerpos están en contacto directo.

Los mejores aislantes se caracterizan por ser materiales porosos o fibrosos debido a que en su interior cuentan con celdas que al momento de su fabricación atrapan



generalmente aire. Este fluido al poseer un bajo coeficiente de conductividad térmica mejora las propiedades de aislamiento del material del cual forma parte.

2.2.3. Concepto de Confort térmico

La vivienda al ser un espacio de resguardo y habitación para las personas debe ser un lugar seguro y confortable. Siguiendo esta línea, las condiciones de temperatura interior se convierten en aspectos importantes en una vivienda ya que se busca que sus ocupantes residan en un ambiente con confort térmico.

El confort térmico se define como la sensación subjetiva de satisfacción o bienestar ante ciertas características térmicas. Se dice que es subjetiva pues si se expone a un grupo de personas a las mismas condiciones higrotérmicas algunas manifestarán sentirse en un espacio confortable térmicamente, mientras que existe la posibilidad que otras tengan una sensación contraria. En palabras sencillas, puede establecerse que el confort térmico se basa en el hecho de no tener frío o calor.

El confort térmico no es sólo un rango de temperaturas del aire sino que depende de todas las variables nombradas anteriormente. Sin embargo, en la mayoría de los casos que se evalúan, la temperatura del aire al interior de la vivienda es el único parámetro que puede ser modificado y controlado mediante diversas soluciones técnicas.

En ese sentido, para establecer una condición de confort térmico son usados algunos rangos de temperatura interior, tales como entre 17 y 27° para trabajos sedentarios, entre 14 y 25° para trabajos ligeros, con una humedad relativa entre 30 a 70%2. Estos son pensados en ambientes de trabajo pero que sirven de referencia para viviendas; de forma similar al confort convencional de una temperatura de 20°C y una humedad relativa de 50%.



2.3. TERMINOLOGÍA TÉRMICA

2.3.1. Conductividad térmica

Propiedad física de los materiales que mide su capacidad de conducción de calor, es decir, mide como de fácil es el paso de calor a través de ellos. Determina a un aislante térmico

Notación: ʎ

Unidades: W/mK

Formula: $ʎ=\frac{ø.e}{2A.(T2-T1)}$

Utilidad: Permite comparar de forma rápida el comportamiento térmico de los materiales y concretamente de los aislantes térmicos.

Observaciones: La conductividad térmica de un material es independiente de su espesor.

Cuando menor es su valor mejor es su comportamiento como aislante debido a que es mejor conductor. Representa la velocidad del calor a través de una masa de material de geometría definida.

2.3.2. Inercia térmica

Es la capacidad de un material de almacenar calor para luego emitirlo. Depende de la masa, del calor específico de sus materiales y del coeficiente de conductividad térmica de éstos... Esta propiedad se utiliza en construcción para conservar la temperatura del interior de los locales habitables más estable a lo largo del día, mediante muros de gran masa. Durante el día se calientan, y por la noche, más fría, van cediendo el calor al ambiente del local. En verano, durante el día, absorben el calor del aire de ventilación y por la noche se vuelven a enfriar con una ventilación adecuada, para prepararlos para el día siguiente. Un adecuado uso de esta propiedad puede evitar el uso de artificiales sistemas de climatización interior

Notación: I



2.3.3. Resistencia térmica

Propiedad física de los materiales que mide su capacidad de oponerse a un flujo de calor. Depende directamente de su conductividad térmica e inversamente de su espesor. La resistencia térmica total de un elemento es la sumatoria de todas las resistencias térmicas superficiales y la resistencia térmica de las diferentes capas que lo componen.

Notación: R

Unidades: m2 K/W

Formula: materiales homogéneos $R= \frac{e(m)}{\Lambda(\frac{W}{mK})}$

Resistencia térmica total de un elemento con diferentes capas: $R_t = R_{si} + R_1 + .. + R_n + R_{se}$

Utilidad: Es útil para poder comparar dos materiales aislantes con diferente espesor y diferente conductividad.

Observaciones: Cuanto mayor es el valor, mejor es su comportamiento como aislamiento térmico, al ofrecer más resistencia al paso del calor.

2.3.4. Transmitancia térmica

La propiedad física de los materiales que mide la cantidad de energía que atraviesa un elemento en una unidad de tiempo, es decir mide el calor que se pierde o se gana a través de un elemento.

Notación: U

Unidades: W/m2.k

Formula: $U = \frac{1}{\mathrm{Rt(m2.K/W)}}$

Utilidad: La transmitancia térmica se usa en construcción para el cálculo de las pérdidas o ganancias de calor a través de la envolvente térmica.



Observaciones: Corresponde a la inversa de la resistencia térmica total.

Un aislante térmico se caracteriza por poseer una baja conductividad térmica o una alta resistencia térmica. La ventaja de usar aislantes térmicos en una vivienda es que permiten establecer en su ambiente interior temperaturas más adecuadas que las existentes en el exterior, almacenando calor y llegando a alcanzar un confort térmico.

2.3.5. Densidad

Se expresa en kg/m3. Es un indicador muy importante para saber si los materiales pueden almacenar energía. De modo general, cuando los materiales tienen mucha densidad, pueden almacenar energía (se dice que cuando los materiales pueden almacenar mucha energía tienen mucha inercia térmica). Esto es muy importante en el sentido de que esta capacidad de almacenar energías permite gestionar los flujos del calor y del frío dentro de las viviendas. Además, los materiales que tienen una buena inercia térmica pueden también devolver la energía algunas horas después. Esto se llama "desfase".

2.4. TIPOS DE AISLAMIENTOS

Existen diferentes soluciones para aislar la envolvente de un edificio, las cuales se pueden clasificar según la ubicación del aislante en la envolvente. Cada configuración, en cuanto a la ubicación de la aislación, tiene ventajas y desventajas, las cuales variarán de acuerdo a las características propias del edificio, al uso que se le dé, a la ubicación física del edificio, al clima del lugar, etc.

2.4.1. Cómo funciona el aislamiento térmico

Reduciendo intensamente la Transmisión Térmica (valor U, antiguo coeficiente K) a través de la superficie envolvente del edificio. Se puede ver desde la inversa, la Resistencia Térmica, que es, así, aumentada todo lo posible:

$$R = \frac{1}{U} = \frac{\text{espesor (m)}}{\text{conductividad } (\frac{\text{W}}{m\ x\ k})} = \frac{m^2\ x\ k}{W}$$



Si decimos "intensamente" es porque hay que diferenciar las prestaciones térmicas ofrecidas por un aislamiento térmico como tal, de las ofrecidas por cualquier otro material de construcción. El valor que define dichas prestaciones es la conductividad térmica, λ (lambda), y en la fórmula anterior se puede obtener una R para cualquier material, puesto que no hay ninguno tan superconductor del calor como para tener una conductividad infinita. Del mismo modo no existe ningún súper aislante que corte absolutamente el flujo de calor con una conductividad nula (= 0).

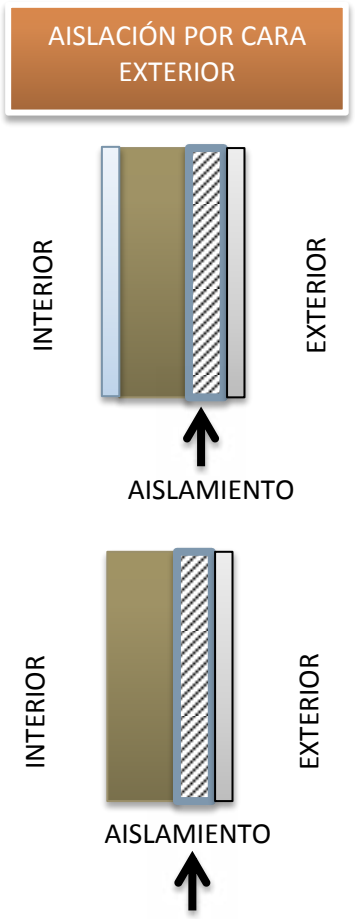


Fig. 2.1. Ubicación de aislamientos en muros

Fuente: autor

2.4.2. Aislación por la cara exterior de la envolvente

El aislamiento en los muros puede aplicarse por la cara exterior o por la interior. Tradicionalmente se aplica por la cara interior por su comodidad de montaje. Sin embargo, el aislamiento por el exterior en la mayoría de los casos es la mejor opción, porque se reviste homogéneamente la fachada evitando las discontinuidades térmicas, evitando los puentes térmicos y manteniendo la inercia del cerramiento.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

Intervenir por el exterior del cerramiento soporte presenta las siguientes particularidades:

• En todos los casos, la obra de rehabilitación se ejecuta con la mínima interferencia para los usuarios del edificio.



• Instalado el aislamiento sobre las fachadas, no se reduce la superficie útil del edificio o vivienda.

• Se aprovecha la inercia térmica del edificio que queda al interior y estabiliza las temperaturas interiores, consiguiendo mayores ahorros de energía.

• Envuelve completamente el edificio con aislante con lo que se evita puentes térmicos y condensaciones.

• Las capas de acabado situadas por fuera del aislamiento estarán sometidas a grandes cambios de temperatura que pueden producir esfuerzo térmico y desplazamientos.

• Normalmente, al ejecutarse la intervención por el exterior, afectará a la totalidad del inmueble, no sólo a una vivienda o local en particular.

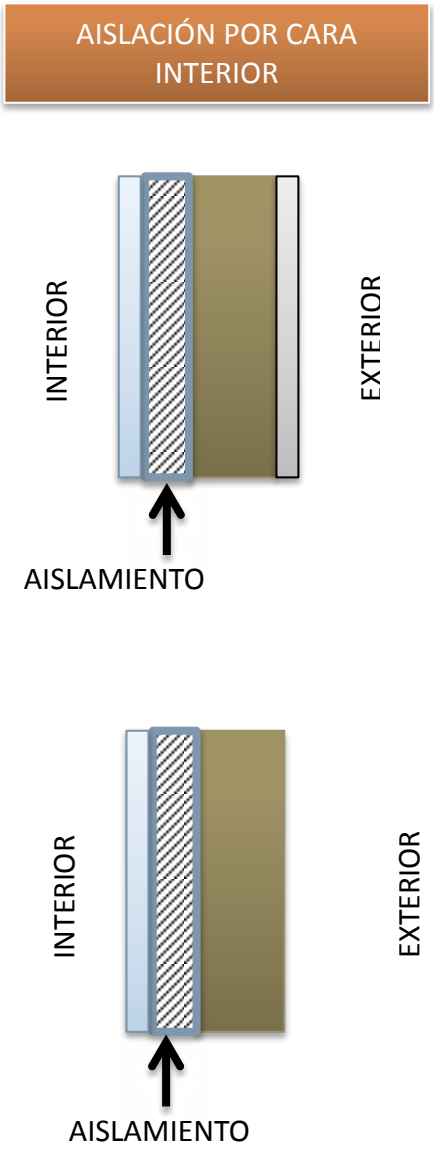


Fig. 2.2. Ubicación de aislamientos en muros
Fuente autor

2.4.3. Aislación por la cara interna de la envolvente

El sistema de aislamiento térmico por el interior consiste en el cerramiento de fachada compuesto de hoja principal exterior, aislamiento y trasdosado interior de tabiquería húmeda o seca. Se realiza en muros de una hoja o con cámara de aire no accesible y manteniendo la estética exterior de la fachada. Es la solución más habitual para la ejecución de fachadas de obra nueva y rehabilitaciones térmicas.



El aislamiento interior separa la masa térmica de los muros del espacio habitado y reduce tanto el tiempo de respuesta como la energía que se requiere para alcanzar el confort térmico.

Debe tenerse en cuenta que con esta opción, sino se presta especial cuidado en las soluciones constructivas, se generan puentes térmicos que ocuparán una proporción significativa de la fachada, hasta un 20%, y que debe evaluarse su admisibilidad por un técnico competente.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

Es la opción más económica pero el aislamiento queda interrumpido en los techos y encuentros de muros, por lo que hay que prestar atención a los puentes térmicos que se pueden producir.

VENTAJAS

Algunas de las ventajas del aislamiento interior de muros son:

• Incremento del aislamiento térmico del muro soporte. Aporta aislamiento al espacio interior sin actuar en la fachada; al estar la capa de aislamiento ubicada en el interior nos aportará una rápida consecución de la temperatura requerida

• Si el sistema de construcción es “seco” el proceso de instalación es rápido y sin tiempos de espera para secado de morteros o yesos

• Aplicable a la mayoría de tipos de fachada (incluso fachadas de ladrillo visto o históricas)

• Si existe una cámara intermedia, permite alojar fácilmente instalaciones entre la placa y el propio aislante

• Resuelve los puentes térmicos integrados en la fachada (pilares, contornos de huecos, etc.). Sin embargo, no resuelve los puentes térmicos lineales “de contorno” (frentes de forjado, intersección de muros de fábrica).



INCONVENIENTES

• En el sistema de aislamiento por el interior pueden generarse puentes térmicos que pueden llegar a ocupar una proporción significativa de la fachada, hasta un 20%. Si no se atiende a la solución de las condensaciones intersticiales y superficiales, la probabilidad de formación de condensaciones y moho puede ser elevada.

• Por otro lado, si se plantean estrategias de captación solar, se pierde la capacidad de almacenamiento de calor o inercia térmica de los muros exteriores. Sólo se aprovecha la poca inercia proporcionada por el acabado interior.

• Instalado el aislamiento sobre las fachadas, puede que se reduzca la superficie útil del edificio o vivienda.

• En todos los casos, la obra de rehabilitación se ejecuta con interferencia para los usuarios del edificio. En la mayoría de casos, obligará a desalojar la vivienda o edificio.

2.4.4. Aislación al interior del cerramiento

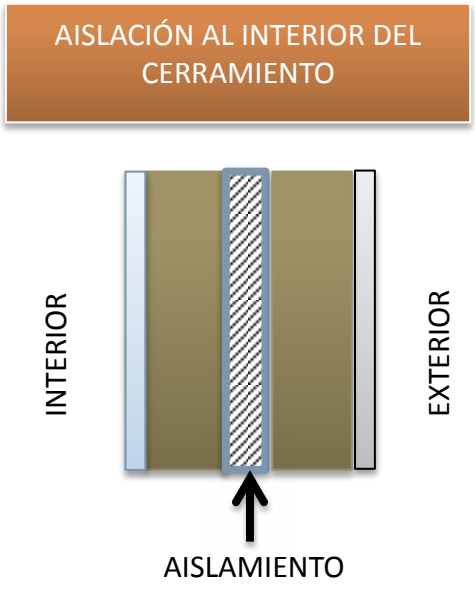


Fig. 2.3 ubicación interna aislamientos en muros Fuente autor

2.5. MATERIALES PARA AISLAMIENTO

Existe una variedad de materiales para aislamientos térmicos.

A continuación mencionamos:

2.5.1. Materiales inorgánicos

2.5.1.1. Perlita expandida

Material que se obtiene de la perlita, una roca volcánica, la cual, al aplicarle calor se expande, aumentando su volumen un 20%. Se obtiene así un producto de grano muy ligero, formado por micro- celdas cerradas y vacías, evitando el intercambio térmico por conducción y radiación. Además, los granos de perlita inmovilizan el aire presente evitando la transmisión térmica por convección.



Fig. 2.4 perlita expandida

2.5.1.2. Lana de roca

Es un producto constituido por un entrelazado de filamentos de materiales pétreos que forman un fieltro que mantiene entre ellos aire en estado inmóvil. Se fabrica a partir de roca basáltica, transformada mediante un proceso de producción industrial.



Fig. 2.5 lana de roca



2.5.1.3. Vidrio celular

El material se obtiene mezclando feldespato y reciclado de vidrio. Esta mezcla se enfría y se muele hasta obtener un finísimo polvo de vidrio. Posteriormente se añade carbono y se introduce en un horno a altas temperaturas. En el proceso de cocción el carbono se oxida y crea burbujas gaseosas provocando un proceso de expansión de la masa.



Fig. 2.4 vidrio celular

2.5.2. Materiales orgánicos

2.5.2.1. Corcho

El corcho se extrae de la corteza del alcornoque cuando esta cambia de forma natural cada 10 años. El granulado de corcho se hornea de manera que las células de corcho se expanden entre un 20-30% y la resina natural que se segrega hace las veces de aglutinante. Finalmente el producto resultante se prensa para formar planchas rígidas y ligeras.



Fig. 2.5 corcho

2.5.2.2. Fibras de celulosa

Se fabrica a base de papel reciclado. Durante el proceso de fabricación se le añaden productos aglutinantes e impermeabilizantes como el sulfato de aluminio que le dan al producto final las propiedades térmicas e higrométricas apropiadas.



Fig. 2.6 fibras de celulosa



2.5.2.3. Poli estireno extruido

El compuesto base es el estireno, que es un subproducto del procesado del gas natural y del petróleo. El estireno monómero se transforma en poli estireno expandido gracias a un proceso de polimerización. Posteriormente, la resina resultante sufre una serie de procesos químicos cambiando su estado de sólido a espumoso, consiguiendo una estructura celular cerrada, es decir, sin conexiones entre las distintas celdas, con forma

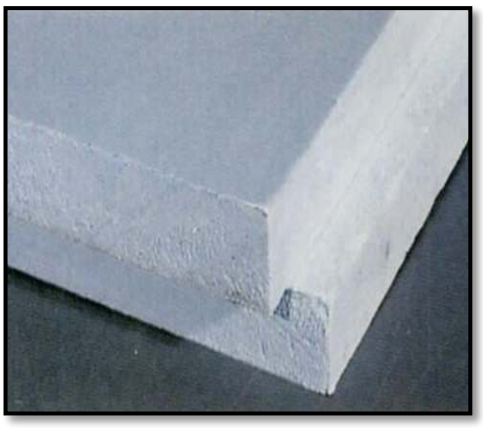


Fig. 2.7 poli estireno extruido



CAPITULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO 3 . MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se describe el proceso experimental que se llevó a cabo para cumplir con los objetivos planteados en el proyecto de investigación. Primero se explica las técnicas de investigación que se usaron. Posteriormente se presenta un resumen que muestra en qué consistió el desarrollo del experimento. En esta etapa se trata también el proceso de preparación de la materia prima utilizada; en el apartado sobre el diseño de mezclas se describe el proceso que se siguió para llegar a la definición de las mezclas con que se trabajaría; en la parte de elaboración de las mezclas se describe el proceso y observaciones derivadas del mismo; en la parte de pruebas aplicadas se describe el proceso que se siguió para cada tipo de muestra.

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

- **Explicativo (Experimental).**

Método explicativo porque centra su interés en determinar por qué causas, orígenes o principios, se producen determinados fenómenos físicos en los materiales aislantes. Es el paradigma de la investigación científica y requieren de hipótesis que ayudan, en principio, al intento de dar una explicación que posteriormente será corroborada.

Es experimental porque permitirá la observación de fenómenos, que en un primer momento es sensorial. Con el pensamiento abstracto se elaboran las hipótesis y se diseña el experimento, con el fin de reproducir el objeto de estudio, controlando el fenómeno para probar la validez de las hipótesis.

El tema, en la ciudad de Tarija, es poco estudiado a diferencia de otros países, esto nos permitirá explorar, experimentar y mostrar un material aislante térmico, tema que ha sido olvidado.

.



3.1.1. Técnicas de Investigación

El proyecto de investigación utiliza la técnica teórica y práctico:

Teórico: La información adquirida es por medios de libros, revisión de tesis, internet, etc.

Práctico:

- Toma de muestreo mediante la medición con el aparato infrarrojo Testo-830T4 y relevamiento visual, fotografías de viviendas.
- Recolección de papeles para el reciclaje.

3.1.2. Cronograma de actividades

	Revisión	Fecha	Tema	Actividad Planeada	Metodología	Lugar
1ra ETAPA	1	Mayo Semana 1 y 2	Definición del tema, alcances y delimitación	Presentación de la delimitación del tema.	Presentación en Word	Sala de docentes
	2	Mayo semana 2y 3	Marco General y Metodología.	Presentación de la problemática, justificación, objetivos, hipótesis y metodología.	Presentación en Word	Sala de docentes
	3	Junio Semana 1	Marco teórico	Investigación del tema, conceptos y antecedentes.	Presentación en Word	Sala de docentes
	4	Junio Semana 2	Conocimiento de conceptos térmicos.	Presentación conceptos estudiados	Presentación el Word y gráficos	Sala de docentes
	5	Junio Semana 3	Materiales y métodos	Presentación de materiales a usar, inicio de experimentos.	Presentación de tablas	Sala de docentes
	6	Junio Semana 4	Desarrollo del Experimento	Presentación de las 1ras pruebas realizadas.	Presentación de experimentos.	Sala de docentes
	7	Julio Semana	Defensa de la primera fase	Fecha tentativa de defensa de la primera fase	Cuadros, esquemas, tablas, paneles y presentación digital .	Aula a definir



	REVISIÓN	FECHA	TEMA	ACTIVIDAD PLANEADA	METODOLOGÍA	LUGAR
2da ETAPA	1	8/08/2014	Cronograma de actividades	Presentación del cronograma .	Presentación en Word	Sala de docentes
	2	14/08/2014 Mañana	Medición # 1 y 2	Panel	Medición, instrumentos	Laboratorio
		15/08/2014 Mañana	Medición # 3 y 4	Panel	Medición, instrumentos	Laboratorio
		17/08/2014 Mañana	Seguimiento 2da etapa	Presentación resultados	Presentación en Word	Sala de docentes
	3	15/08/2014 Tarde	Medición # 5 y 6	Panel	Medición, instrumentos	Laboratorio
		17/08/2014 Tarde	Medición # 7 y 8	Panel	Medición	Domicilio
		19/08/2014 Mañana	Medición # 9 y 10	Panel	Medición, instrumentos	Laboratorio
		21/08/2014 Mañana	Medición # 11 y 12	Panel	Medición, instrumentos	Laboratorio
		22/08/2014 Mañana	Seguimiento 2da etapa	Presentación resultados	Presentación en Word	Sala de docentes
	4	22/08/2014 Tarde	Medición # 13 y 14	Panel	Medición, instrumentos	Laboratorio
		24/08/2014 Tarde	Medición # 15 y 16	Panel	Medición	Domicilio
		26/08/2014 Mañana	Medición # 17 y 18	Panel	Medición, instrumentos	Laboratorio
		03/09/2014 Mañana	Medición #	Panel	Medición	Domicilio
		10/09/2014 Mañana	Seguimiento 2da etapa	Presentación resultados	Presentación en Word	Sala de docentes
	5	17/09/2014 Tarde	Medición #	Panel	Medición	Laboratorio
		24/09/2014 Tarde	Medición #	Panel	Medición, instrumentos	Domicilio
		3/10/2014 Mañana	Seguimiento 2da etapa	Presentación resultados INFORME	Presentación en Word	Sala de docentes

Tab. 3.1. Cronología de actividades. Fuente Elaboración propia



3.2. DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

Diagrama resumen del experimento en el cual se contempla de manera general las etapas en que se realizó para llegar al resultado.



Gráfico. 3.1. Resumen del experimento. Elaboración propia

3.2.1. Materiales a utilizar

Para la elaboración de los paneles se utilizaron:

- Papel (periódico, papel de oficinas, cartón)
- Agua
- Ácido Bórico
- Cernidor
- Balanza
- Contenedores para la mezcla
- Moldes 30x30 para formar paneles
- Badilejo
- Prensa metálica
- Mezcladora
- Licuadora



3.2.2. Recolección de papel.

La materia prima base a utilizar fue el papel, periódico y cartón, se adquirió de una recolección meses previos del desarrollo del experimento. Los puntos donde se recolectaron más fueron en el campus universitario, después de las ferias, centros de salud y en casa.



Fig. 3.1. Recolección en feria campesino. Fuente autor.



Fig. 3.2. Recolección en U.A.J.M.S. Fuente autor.



Fig. 3.3. Recolección en el hogar. Fuente autor.



Fig. 3.4. Recolección en U.A.J.M.S. Fuente autor.



Fig. 3.5. Recolección en feria de sábados. Fuente autor.



Fig. 3.6. Recolección. Fuente autor.



Esquema 3.1. Recolección de papel. Fuente. Elaboración propia.



3.2.3. Preparación de materias primas

Para incorporar las materias primas fue necesario realizar varios procesos para su preparación. Se realizaron tratamientos preliminares para la unificación de cualidades en cada uno de los experimentos a emplear, tal como triturado para el caso del papel periódico, cartón. El triturado del papel se realiza mediante la técnica de molido húmedo con aspas convencionales de acero inoxidable. Previamente a esto se realizó el remojado de papel en contenedores durante 1 semana, de tal forma que el papel se encuentre totalmente saturado de agua.





Terminado el tiempo de saturación, se procedió a elaborar la pulpa de papel. Se utilizó como equipo de desfibrado, una licuadora pero no fue suficiente para desfibrar en grandes cantidades es por eso que se utilizó una mezcladora con aspas .Se colocó en un contenedor de 10 litros papel saturado de agua, se agitó el papel por un espacio de 30 min con intervalos de 5 min a velocidad nominal del equipo.


Fig. 3.10. Triturado de papel. Fuente autor


Fig. 3.11. Triturado de papel. Fuente autor


Fig. 3.12. Triturado de papel. Fuente autor



Se retiró el exceso de agua mediante el exprimido con ayuda de una malla milimetrada, también se puede usar un cernidor.

Una vez exprimido, se procedió a desmoronar el material. El paso siguiente en el proceso fue el mineralizado; este procedimiento tiene el objetivo de evitar el ataque de microorganismos a la materia orgánica, al hacer inerte a las fibras de celulosa por medio del ácido bórico.



Fig. 3.13. Remojado de papel. Fuente autor



Fig. 3.14. Materiales. Fuente autor



Fig. 3.15. Papel sin saturación de agua. Fuente autor



Fig. 3.16. Papel saturado. Fuente autor



Esquema 3.2. Picado y saturación del papel. Fuente. Elaboración propia.

3.2.3.1. Pulpa de papel

Posterior a ello, se colocó el material sobre los moldes de madera de 30 x 30 cm. Se calculó y pesó previamente la cantidad de papel que iba a entrar en cada molde. Tomando en cuenta la saturación de agua que contiene la pulpa de papel.

Para determinar la cantidad de papel se tomó el volumen aparente como base para los otros experimentos, el cual en la M2 fue un volumen aparente de 1800 lts, lo cual varió en el momento del vaciado, ya que no era el volumen exacto para esto se añadió 2700 lts más al molde.

Se esparció las fibras de papel mineralizadas por toda la base de forma uniforme. Con ayuda de una prensa metálica se exprimió el agua del resto de la masa logrando así una masa homogénea



Fig. 3.17. Pulpa de papel saturado. Fuente autor.



Fig. 3.18. Masa de papel/espesor 2cm. Fuente autor.



Fig. 3.19. Prensa. Fuente autor.



Fig. 3.20. Papel en molde. Fuente autor.



Fig. 3.21. Panel con papel de e=6cm. Fuente autor.



Fig. 3.22. Panel secando. Fuente autor.

Una vez vaciado, se procedió al escurrimiento de agua con la ayuda de una prensa metálica, se quitó el exceso de agua y se volvió a sacar la masa para sacar el volumen real necesario para cada molde.

De las pruebas realizadas en este apartado se concluyó con la cantidad necesaria para cada molde respecto a la saturación de agua y peso que se muestra en la tabla 3.2.

Espesor	(A*B)*h	Rendimiento de papel Litros. APARENTE	Rendimiento de papel Litros. REAL	Lo que se aumentó.
M2	30*30*2	1 800	4 500	2 700
M4	30*30*4	3 600	6 250	2 650
M6	30*30*6	5 400	9 000	3 600

Tabla. 3.2. Rendimientos de papel. Fuente. Elaboración propia.



3.2.4. Diseño de mezclas

El diseño de mezclas está de acuerdo a los espesores más utilizados en aislamientos térmicos, de tal forma que puedan ser aplicados en mampostería de ladrillo de 6h.

Se elaborarán 19 muestras de espesores de 2 cm, 4 cm y 6 cm; tomando en cuenta las diferentes combinaciones: papel, cartón y papel-cartón. En base a estas muestras elaboradas se realizarán mediciones para demostrar la conductividad térmica de cada material para así comprobar si tienen las propiedades físicas que tenemos como objetivo

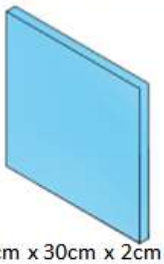
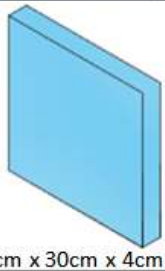
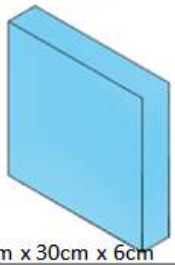
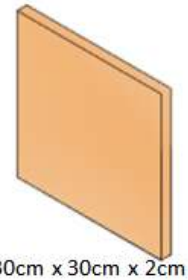
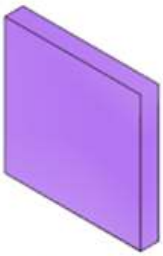
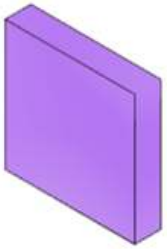
PANELES	e= 2 CM	e= 4 CM	e= 6 CM
PAPEL (P)	2  30cm x 30cm x 2cm	2  30cm x 30cm x 4cm	2  30cm x 30cm x 6cm
CARTÓN (C)	2  30cm x 30cm x 2cm	2  30cm x 30cm x 4cm	2  30cm x 30cm x 6cm
PAPEL Y CARTÓN (PC)	2  30cm x 30cm x 2cm	2  30cm x 30cm x 4cm	2  30cm x 30cm x 6cm
TOTAL	18 MUESTRAS		

Tabla. 3.3. Diseño de las muestras. Fuente. Elaboración propia



3.2.5. Elaboración de las muestras

Una vez diseñadas las muestras se empezó a elaborar con los primeros paneles, dónde se comprobó el volumen real que se necesita para cada espesor, se hicieron pruebas compuestas por papel, otras por solo cartón y otras por papel y cartón.

El secado varía según cada espesor y material, los espesores de 2cm secan en 6 días, los de espesor 4cm secan en 8 días y los de 6 cm secan en 10 días. Tambien se observó que el material que seca mas rapido es el cartón.

Acontinuación, la elaboración del primer panel de de 2 cm.



Esquema 3.3.Primer Prueba. Fuente. Elaboración propia



La segunda prueba está compuesta únicamente de cartón, de espesor 2cm.Se pudo observar que el cartón a comparación del papel es menos retractable, 2mm al perímetro del molde.



Esquema 3.4.Segunda Prueba. Fuente. Elaboración propia

La tercera prueba fue realizada a base de papel y cartón de espesores 2 y 4 cm. De los cuales ambos varían en sus días de secado al sol y su retracción.



Esquema 3.5.Tercer Prueba. Fuente. Elaboración propia

3.2.6. Muestras secas.

Nº	M	E (CM)	COMPOSICIÓN	PESO (G)	A	B	C
1	1C2	2	cartón	562	29.30	29.30	2.00
2	2C2	2	cartón	542	29.30	28.90	2.00
3	1C4	4	cartón	828	29.00	29.00	4.00
4	1C6	6	cartón	1366	28.50	28.50	6.00
5	2C6	6	cartón	1322	28.50	28.50	6.00
6	1P2	2	papel	540	28.10	28.30	2.00
7	2P2	2	papel	524	28.20	28.10	2.00
8	3P2	2	papel	444	28.10	28.00	2.00
9	4P2	2	papel	400	28.10	28.00	2.00
10	1P4	4	papel	810	28.00	28.00	4.00
11	2P4	4	papel	912	28.00	28.00	4.00
12	1P6	6	papel	898	28.30	28.10	5.50
13	2P6	6	papel	1262	28.20	28.30	5.80
14	1PC2	2	papel y cartón	482	28.50	28.50	2.00
15	2PC2	2	papel y cartón	568	28.50	29.00	2.00
16	1PC4	4	papel y cartón	844	28.10	28.10	4.30
17	2PC4	4	papel y cartón	840	28.40	28.30	4.00
18	1PC6	6	papel y cartón	1300	28.50	28.20	5.60
19	2PC6	6	papel y cartón	1294	28.80	28.20	5.80

Tabla. 3.4. Pesaje de Muestras Secas. Fuente. Elaboración propia.



Esquema 3.6.Pesaje de muestras en Laboratorio de Arquitectura. Fuente.



3.2.7. Medición de pruebas

3.2.7.1. Conductividad Térmica

Las pruebas de conductividad térmica se realizaron con el método de prueba estándar para medir el flujo de calor en estado estacionario. El equipo utilizado para este ensayo fue un conductímetro, una caja con fuente de calor.

Es un aparato primario que utiliza la técnica de transferencia de calor por conducción en estado permanente y permite determinar la conductividad térmica mediante la Ec. De Fourier modificada según la norma ASTM 518 (1): $\lambda = Q\ e/\ (A*\Delta T*t)$, (1) donde Q es la rapidez del flujo de calor a través de la muestra en W, λ es la conductividad térmica de la muestra en W/m K, ΔT es la diferencia de temperatura a través de la muestra en K o ºC, *e* es el espesor de la muestra en metros y A es el área de la sección transversal en m^2.

La fuente de calor está compuesta por un panel de 0.30m x 0.30m al cual se empotraron 4 luminarias incandescentes de 100 watts cada una y fueron conectadas en serie como se muestra en la figura (3.23).

Se tomó en cuenta la siguiente información: corriente y voltaje suministrados, temperaturas de ambas caras y dimensiones del espécimen; con lo que se estimó la conductividad térmica.

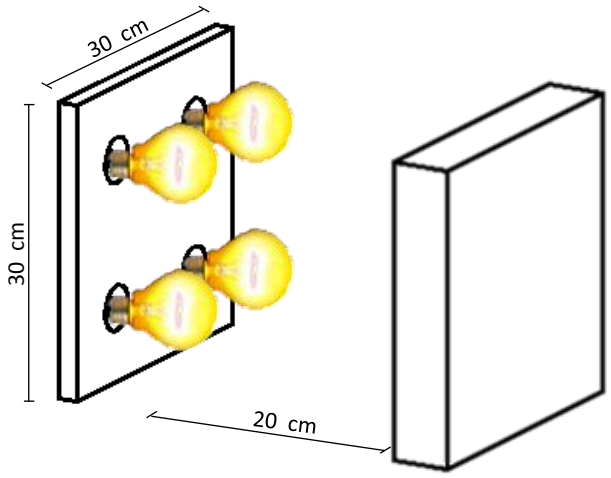


Fig. 3.23. Esquema de la fuente de calor. Fuente autor.

3.2.7.2. Metodología

3.2.7.2.1. Procedimiento para Realizar las Mediciones

El procedimiento para realizar las mediciones se puede resumir en las siguientes etapas:

a) Selección de la muestra,
b) Preparación de la muestra e instalación en el aparato,
c) Establecer el estado permanente térmico,
d) Adquisición de datos.

a) Selección de la Muestra.-

Los factores más importantes en la selección de la muestra son el tamaño; área y espesor, paralelismo y planicidad de la muestra. El espesor es importante para mantener el error dentro del máximo permitido. Las superficies de la muestra deben ser planas para obtener un buen contacto térmico.

b) Preparación de la Muestra.-

En general, es necesario preparar las superficies de la muestra para asegurar un buen contacto térmico, es preciso que este seca la muestra para que no altere las mediciones.

c) Establecimiento del Estado Permanente Térmico.-

Esta etapa se inicia después de la instalación de la muestra en el área de medición, el material de la guarda y el aislante necesario para minimizar la influencia de las condiciones ambientales. El aparato se pone en operación para alcanzar las condiciones de temperatura a la que se realizará la prueba. El tiempo que se requiere para alcanzar el estado permanente en una muestra espesor x y homogénea de material es de aproximadamente 2 h.

Se utilizaron para esta prueba muestras de 0.30x0.30x0.02 m, 0.30x0.30x0.04 m, 0.30x0.30x0.06 m. Cada panel se colocó verticalmente a 20 cm frente a la fuente de calor.



d) Adquisición de Datos.-

Los datos que se requieren son la potencia eléctrica, la temperatura superficial, el área de medición y el espesor de la muestra. De estas variables sólo el espesor se mide directamente, los otros datos se calculan a partir de las mediciones. El flujo de calor se calcula por medio de las mediciones de intensidad de corriente eléctrica que circula por la resistencia calefactora y la caída de tensión en la misma.

Los datos de diferencia de temperatura y temperatura de la placa caliente se grafican en función del tiempo para conocer si se ha alcanzado el estado permanente. Los datos almacenados en la PC que corresponden al estado permanente son analizaos para obtener el valor de la conductividad térmica.

Para el registro de los datos, se midió la temperatura de ambas caras con un termómetro infrarrojo TESTO 830 T1, 14 mediciones consecutivas con espacios de 10 min durante 2 horas.

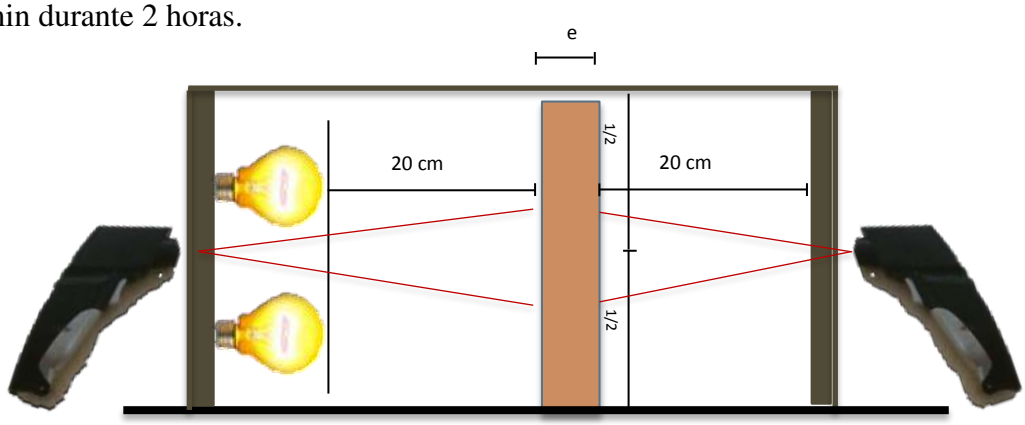


Fig. 3.24. Componentes de la fuente de calor. Fuente autor.

CAPITULO 4

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CAPÍTULO 4 . RESULTADOS Y ANÁLISIS.

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos en las diferentes mediciones realizadas a las muestras elaboradas. Se toma en cuenta variables como: el flujo de calor, la temperatura de la placa fría, la temperatura de la placa caliente, la temperatura media de la muestra, la diferencia de temperaturas a través de la muestra, y el espesor de cada muestra, son variables con las que se calcula la conductividad y resistencia térmica.

Los resultados son presentados por tipo de prueba realizada, donde se muestra los datos obtenidos y la información generada a partir de los mismos.

4.1. DATOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES, RESULTADOS.

MUESTRA # 1

En la Gráfica 1 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de cartón. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

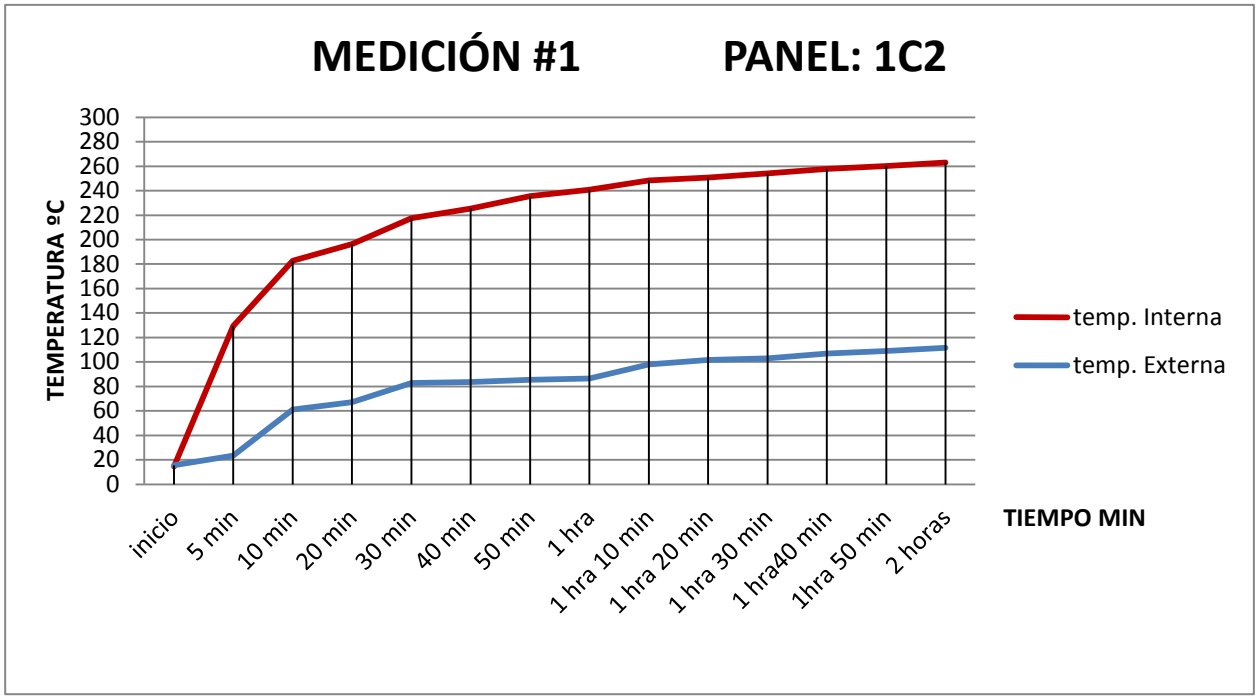
De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 141.6615 ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo así una conductividad de 0.0397 (w/mk) con una densidad de $\mathbf{0.1249\ kg/m^3}$.

Panel 1 =Panel de Cartón.

Tiempo de captura: 8 am – 10 am (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.





Esquema 4.1. Diferencias de temperatura panel 1C2. Fuente. Elaboración propia.

composición cartón
e= 2 cm
watts= 200

TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	$\lambda(W/mk)$	R (m2/w.k)	U (w/m2.k)
inicio	14.6	15.5	-0.9	200	0.09	0.02			
5 min	129.4	23.4	106	200	0.09	0.02	0.0524	0.3816	2.6205
10 min	182.6	61.1	121.5	200	0.09	0.02	0.0457	0.4374	2.2862
20 min	196.2	67.2	129	200	0.09	0.02	0.0431	0.4644	2.1533
30 min	217.6	82.8	134.8	200	0.09	0.02	0.0412	0.4853	2.0607
40 min	225.3	83.6	141.7	200	0.09	0.02	0.0392	0.5101	1.9603
50 min	235.6	85.3	150.3	200	0.09	0.02	0.0370	0.5411	1.8482
1 hra	240.9	86.5	154.4	200	0.09	0.02	0.0360	0.5558	1.7991
1 hra 10 min	248.5	98.1	150.4	200	0.09	0.02	0.0369	0.5414	1.8469
1 hra 20 min	250.7	101.6	149.1	200	0.09	0.02	0.0373	0.5368	1.8630
1 hra 30 min	254.1	103	151.1	200	0.09	0.02	0.0368	0.5440	1.8384
1 hra40 min	257.7	107	150.7	200	0.09	0.02	0.0369	0.5425	1.8433
1hra 50 min	260.1	109	151.1	200	0.09	0.02	0.0368	0.5440	1.8384
2 horas	263	111.5	151.5	200	0.09	0.02	0.0367	0.5454	1.8335
TOTAL	2976.3	1135.6	141.6615				0.0397	0.5100	1.9840

Tab. 4.1. Datos de temperatura panel 1C2. Fuente. Elaboración propia.



CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{Q\ x\ e\ x\ 0.25}{2\ x\ S\ x\ \Delta T}$$

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.02\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 141.6615}$$

$$= \frac{1}{25.4991} = 0.0397\ \textbf{w/m.k.}$$



Fig. 4.1. Panel 1C2. Fuente autor.

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.02}{0.0397} = 0.5100\textbf{m2/w.k}$$



Fig. 4.2. Peso del Panel 1C2 . Fuente autor.

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.5100} = \mathbf{1.9840\ w/m2.k}$$

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho = \frac{m\ (kg)}{v(m3)}}$$

$$\boldsymbol{\rho = \frac{0.562\ (kg)}{4.3(m3)} = 0.1249}$$



MUESTRA #2

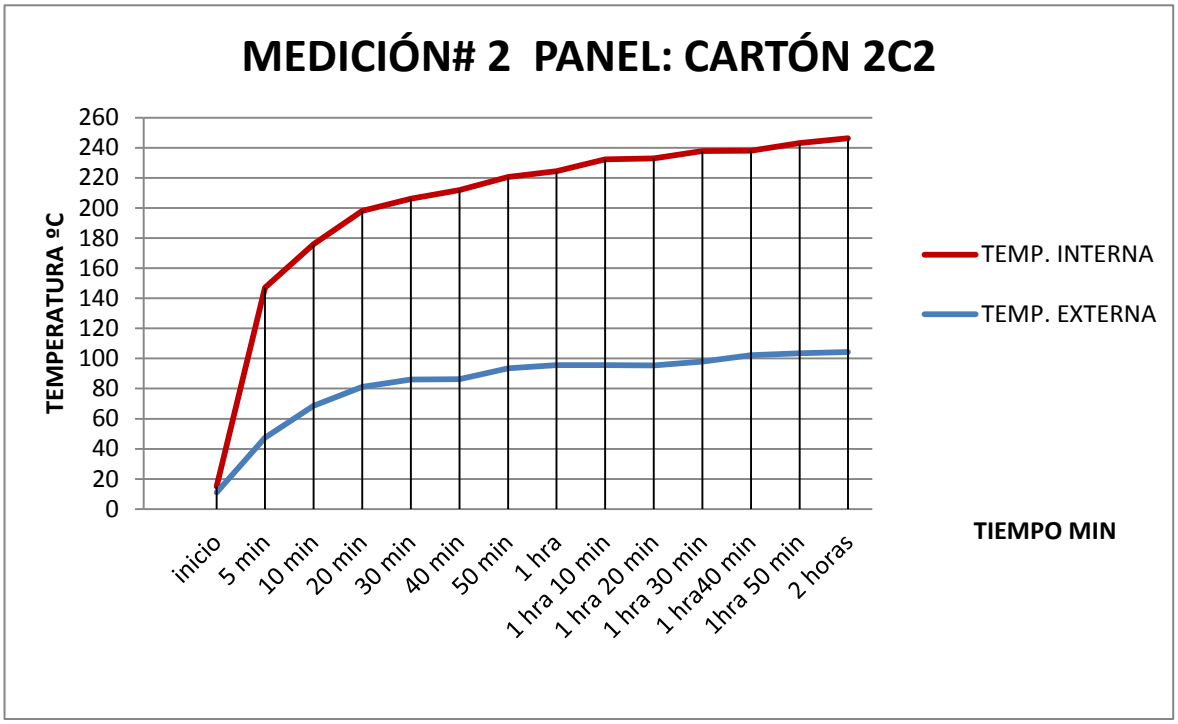
En la Gráfica 2 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de cartón. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 127.4462 ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo así una conductividad de 0.0441 (w/mk) con una densidad de 0.1204 **kg/m^3.**

Panel 2 =Panel de Cartón.

Tiempo de captura: 10 am – 12 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Tab. 4.2. Datos de temperatura panel 2C2. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.2. Datos de temperatura panel 1C2. Fuente. Elaboración propia.

composición cartón e= 2 cm watts= 200									
TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	λ(W/mk)	R (m2/wk)	U (w/m2k)
inicio	15	11	4	200	0.09	0.02			
5 min	147	47.4	99.6	200	0.09	0.02	0.0558	0.3586	2.7889
10 min	176	68.7	107.3	200	0.09	0.02	0.0518	0.3863	2.5888
20 min	198	81.2	116.8	200	0.09	0.02	0.0476	0.4205	2.3782
30 min	206.2	86.1	120.1	200	0.09	0.02	0.0463	0.4324	2.3129
40 min	211.8	86.2	125.6	200	0.09	0.02	0.0442	0.4522	2.2116
50 min	220.7	93.5	127.2	200	0.09	0.02	0.0437	0.4579	2.1838
1 hra	224.4	95.7	128.7	200	0.09	0.02	0.0432	0.4633	2.1583
1 hra 10 min	232.2	95.6	136.6	200	0.09	0.02	0.0407	0.4918	2.0335
1 hra 20 min	232.9	95.5	137.4	200	0.09	0.02	0.0404	0.4946	2.0217
1 hra 30 min	237.8	97.9	139.9	200	0.09	0.02	0.0397	0.5036	1.9855
1 hra40 min	238.1	102.2	135.9	200	0.09	0.02	0.0409	0.4892	2.0440
1hra 50 min	243.1	103.5	139.6	200	0.09	0.02	0.0398	0.5026	1.9898
2 horas	246.4	104.3	142.1	200	0.09	0.02	0.0391	0.5116	1.9548
TOTAL	216.5077	89.0615	127.4462				0.0441	0.4588	2.2040

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.02\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 127.4462}$$

$$= \frac{2}{22.9403} = 0.0441 \text{ w/m.k}$$

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.02}{0.0441} = 0.4588 \text{m2/w.k}$$

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.4588} = 2.2040 \text{w/m2.k}$$

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{m\ (kg)}{v(\ m3)} = \frac{0.542\ (kg)}{4.5(\ m3)} = 0.1204$$



Fig. 4.3. Panel 2C2. Fuente autor.



Fig. 4.4. Peso del Panel 2C2 . Fuente autor.



MUESTRA #3

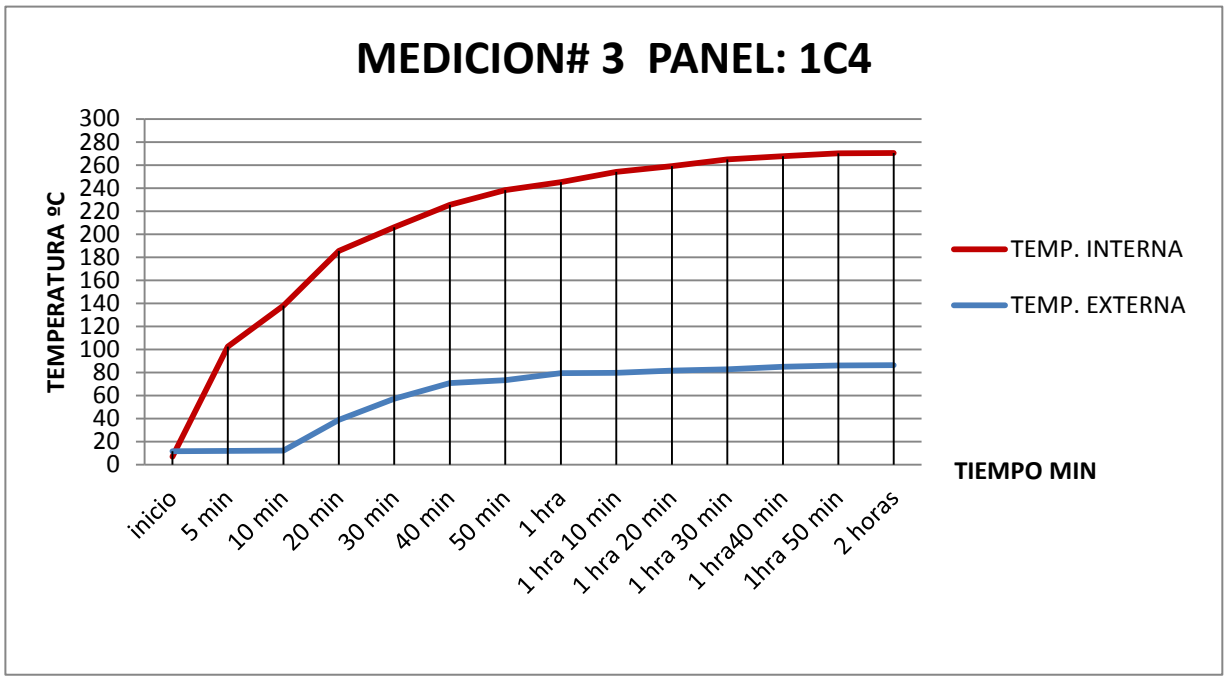
En la Gráfica 3 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de cartón. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 160.0923 ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0721 (w/mk) con una densidad de $\mathbf{0.1325\ kg/m^3}$.

Panel 3 =Panel de Cartón.

Tiempo de captura: 10 am – 12 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.3. Diferencias de temperatura panel 1C4. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.3. Datos de temperatura panel 1C4. Fuente. Elaboración propia.

composición cartón
e= 4 cm
watts= 200

TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	$\lambda(W/mk)$	R (m2/w.k)	U (w/m2.k)
inicio	7	11.8	-4.8	200	0.09	0.04			
5 min	102.5	12	90.5	200	0.09	0.04	0.1228	0.3258	3.0694
10 min	138	12.4	125.6	200	0.09	0.04	0.0885	0.4522	2.2116
20 min	185.4	38.9	146.5	200	0.09	0.04	0.0758	0.5274	1.8961
30 min	206.1	57.2	148.9	200	0.09	0.04	0.0746	0.5360	1.8655
40 min	225.4	70.9	154.5	200	0.09	0.04	0.0719	0.5562	1.7979
50 min	238.2	73.4	164.8	200	0.09	0.04	0.0674	0.5933	1.6855
1 hra	245.2	79.6	165.6	200	0.09	0.04	0.0671	0.5962	1.6774
1 hra 10 min	254.2	79.7	174.5	200	0.09	0.04	0.0637	0.6282	1.5918
1 hra 20 min	259.2	81.8	177.4	200	0.09	0.04	0.0626	0.6386	1.5658
1 hra 30 min	264.9	82.9	182	200	0.09	0.04	0.0611	0.6552	1.5263
1 hra40 min	267.7	85	182.7	200	0.09	0.04	0.0608	0.6577	1.5204
1hra 50 min	270.1	86.1	184	200	0.09	0.04	0.0604	0.6624	1.5097
2 horas	270.5	86.3	184.2	200	0.09	0.04	0.0603	0.6631	1.5080
TOTAL	225.1846	65.0923	160.0923				0.0721	0.5763	1.8020

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.04\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 160.0923}$$

$$= \frac{2}{28.8166} = 0.0721 \text{ w/m.k}$$



Fig. 4.5. Panel 1C4. Fuente autor.

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.04}{0.0721} = 0.5763 \text{m2/w.k}$$

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.5763} = 1.8020 \text{w/m2.k}$$



Fig. 4.6. Peso del Panel 1C4 . Fuente autor.

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{m\ (kg)}{v(\ m3)} = \frac{0.828\ (kg)}{6.25(\ m3)} = 0.1325$$



MUESTRA #4

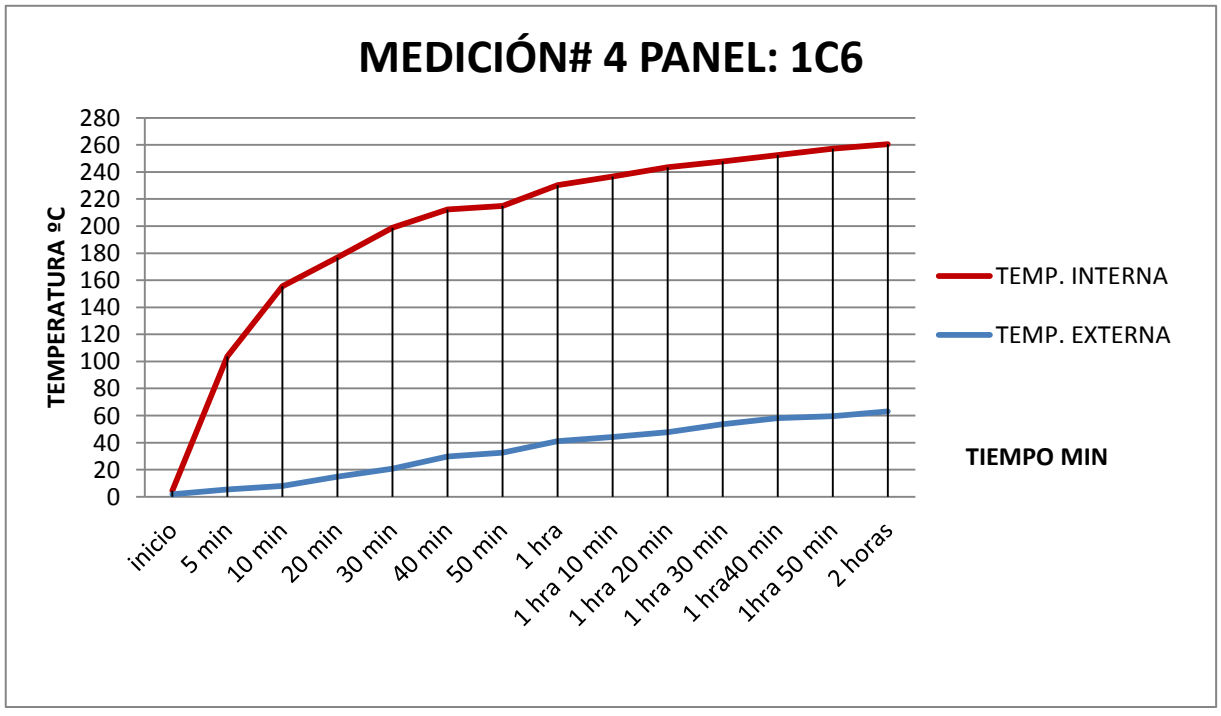
En la Gráfica 4 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de cartón. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 177.8231 ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0971 (w/mk) con una densidad de **0.1518 kg/m^3.**

Panel 4 =Panel de Cartón.

Tiempo de captura: 10 am – 12 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.4. Diferencias de temperatura panel 1C6. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.4. Datos de temperatura panel 1C6. Fuente. Elaboración propia.

composición cartón
e= 6 cm
watts= 200

TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	$\lambda(W/mk)$	R (m2/wk)	U (w/m2k)
inicio	4.4	1.9	2.5	200	0.09	0.06			
5 min	103.7	5.4	98.3	200	0.09	0.06	0.1695	0.3539	2.8258
10 min	155.6	8	147.6	200	0.09	0.06	0.1129	0.5314	1.8820
20 min	176.7	14.8	161.9	200	0.09	0.06	0.1029	0.5828	1.7157
30 min	198.7	20.8	177.9	200	0.09	0.06	0.0937	0.6404	1.5614
40 min	212.2	29.7	182.5	200	0.09	0.06	0.0913	0.6570	1.5221
50 min	214.8	32.5	182.3	200	0.09	0.06	0.0914	0.6563	1.5237
1 hra	230.3	41	189.3	200	0.09	0.06	0.0880	0.6815	1.4674
1 hra 10 min	236.6	44.1	192.5	200	0.09	0.06	0.0866	0.6930	1.4430
1 hra 20 min	243.4	47.8	195.6	200	0.09	0.06	0.0852	0.7042	1.4201
1 hra 30 min	247.7	53.7	194	200	0.09	0.06	0.0859	0.6984	1.4318
1 hra40 min	252.4	58	194.4	200	0.09	0.06	0.0857	0.6998	1.4289
1hra 50 min	257.3	59.5	197.8	200	0.09	0.06	0.0843	0.7121	1.4043
2 horas	260.6	63	197.6	200	0.09	0.06	0.0843	0.7114	1.4058
TOTAL	214.6154	36.7923	177.8231				0.0971	0.6402	1.6179

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.06\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 177.8231}$$

$$= \frac{3}{32.0081} = 0.0971 \text{w/m.k}$$

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.06}{0.0971} = 0.6402 \text{ m2/w.k}$$

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.6402} = 1.6179 \text{ w/m2.k}$$

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho = \frac{m\,(kg)}{v(m3)} = \frac{1.366(kg)}{9(m3)} = 0.1518}$$



Fig. 4.7. Panel 1C6. Fuente autor.



Fig. 4.8. Peso del Panel 1C6 . Fuente autor.



MUESTRA #5

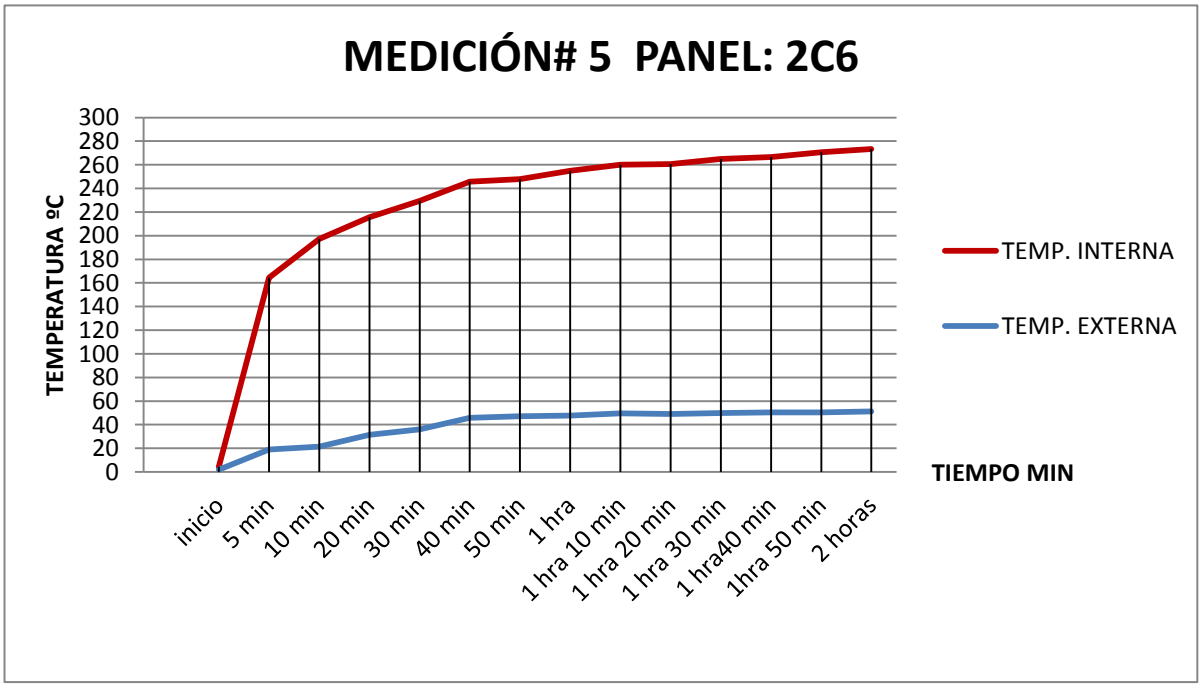
En la Gráfica 5 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de cartón. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 200.2154ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0843 (w/mk) con una densidad de **0. 1469 kg/m^3.**

Panel 5 =Panel de Cartón.

Tiempo de captura: 10 am – 12 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.5. Diferencias de temperatura panel 2C6. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.5. Datos de temperatura panel 2C6. Fuente. Elaboración propia.

composición cartón
e= 6 cm
watts= 200

TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	$\lambda(W/mk)$	R (m2/w.k)	U (w/m2.k)
inicio	4.4	1.9	2.5	200	0.09	0.06			
5 min	164.4	19	145.4	200	0.09	0.06	0.1146	0.5234	1.9104
10 min	197.1	21.5	175.6	200	0.09	0.06	0.0949	0.6322	1.5819
20 min	215.6	31.3	184.3	200	0.09	0.06	0.0904	0.6635	1.5072
30 min	229.5	36	193.5	200	0.09	0.06	0.0861	0.6966	1.4355
40 min	245.8	45.8	200	200	0.09	0.06	0.0833	0.7200	1.3889
50 min	248	47.2	200.8	200	0.09	0.06	0.0830	0.7229	1.3834
1 hra	255	47.6	207.4	200	0.09	0.06	0.0804	0.7466	1.3393
1 hra 10 min	260.1	49.7	210.4	200	0.09	0.06	0.0792	0.7574	1.3202
1 hra 20 min	260.6	49	211.6	200	0.09	0.06	0.0788	0.7618	1.3127
1 hra 30 min	265	49.9	215.1	200	0.09	0.06	0.0775	0.7744	1.2914
1 hra40 min	266.5	50.3	216.2	200	0.09	0.06	0.0771	0.7783	1.2848
1hra 50 min	270.7	50.4	220.3	200	0.09	0.06	0.0757	0.7931	1.2609
2 horas	273.4	51.2	222.2	200	0.09	0.06	0.0750	0.7999	1.2501
TOTAL	242.4385	42.2231	200.2154				0.0843	0.7208	1.4051

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.06\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 200.2154}$$

$$= \frac{3}{36.0387} = 0.0843 \text{ w/m.k}$$

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.06}{0.0843} = 0.7208 \text{ m2/w.k}$$

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.7208} = 1.4051 \text{ w/m2.k}$$

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho = \frac{m\ (kg)}{v(\ m3)} = \frac{1.322\ (kg)}{9(\ m3)} = 0.1469}$$



Fig. 4.9. Panel 2C6. Fuente autor.



Fig. 4.10. Peso del Panel 2C6 . Fuente autor.



MUESTRA #6

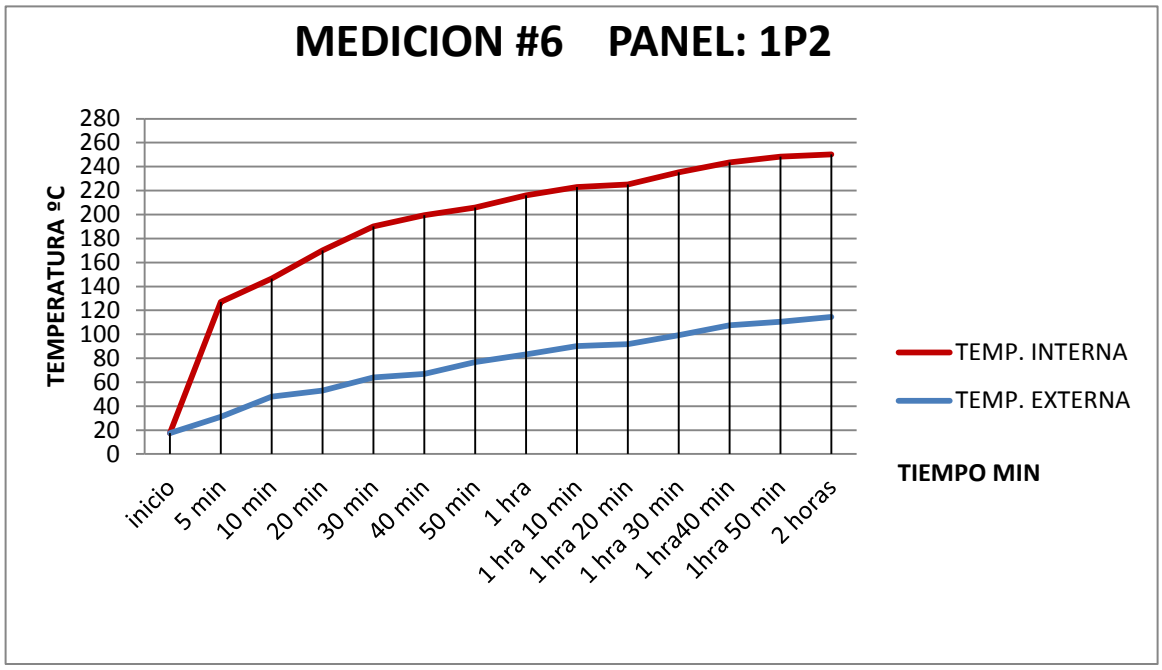
En la Gráfica 6 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de papel. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 126.4846 ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0445 (w/mk) con una densidad de **0. 1200 kg/m^3.**

Panel 6 = Panel de papel.

Tiempo de captura: 12 am – 14 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.6. Diferencias de temperatura panel 1P2. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.6. Datos de temperatura panel 1P2. Fuente. Elaboración propia.

composición papel e= 2 cm watts= 200									
TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	λ(W/mk)	R (m2/w.k)	U (w/m2.k)
inicio	17.5	17.5	0	200	0.09	0.02			
5 min	127	31	96	200	0.09	0.02	0.0579	0.3322	3.0099
10 min	146.5	48	98.5	200	0.09	0.02	0.0564	0.3345	2.9897
20 min	170.2	53	117.2	200	0.09	0.02	0.0474	0.3513	2.8464
30 min	190	63.9	126.1	200	0.09	0.02	0.0441	0.3593	2.7830
40 min	199.6	67	132.6	200	0.09	0.02	0.0419	0.3652	2.7384
50 min	206	76.9	129.1	200	0.09	0.02	0.0430	0.3620	2.7622
1 hra	216	83.3	132.7	200	0.09	0.02	0.0419	0.3653	2.7377
1 hra 10 min	223.1	90.2	132.9	200	0.09	0.02	0.0418	0.3654	2.7364
1 hra 20 min	225	91.8	133.2	200	0.09	0.02	0.0417	0.3657	2.7344
1 hra 30 min	235.4	99.2	136.2	200	0.09	0.02	0.0408	0.3684	2.7143
1 hra40 min	243.6	107.6	136	200	0.09	0.02	0.0408	0.3682	2.7157
1hra 50 min	248.4	110.5	137.9	200	0.09	0.02	0.0403	0.3699	2.7031
2 horas	250.3	114.4	135.9	200	0.09	0.02	0.0409	0.3681	2.7163
TOTAL	206.2385	79.7538	126.4846				0.0445	0.4553	2.7747

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.02\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 126.4846}$$

$$= \frac{1}{22.7672} = 0.0445 \text{ w/mk}$$

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.02}{0.0445} = 0.4553 \text{ m2/w.k}$$

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.4553} = 2.7747 \text{ w/m2.k}$$



Fig. 4.11. Panel 1P2. Fuente autor.



Fig. 4.12. Peso del Panel 1P2 . Fuente autor.

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{m\ (kg)}{v(\ m3)} = \frac{0.54\ (kg)}{4.5(\ m3)} = 0.1200\ kg/m3$$



MUESTRA #7

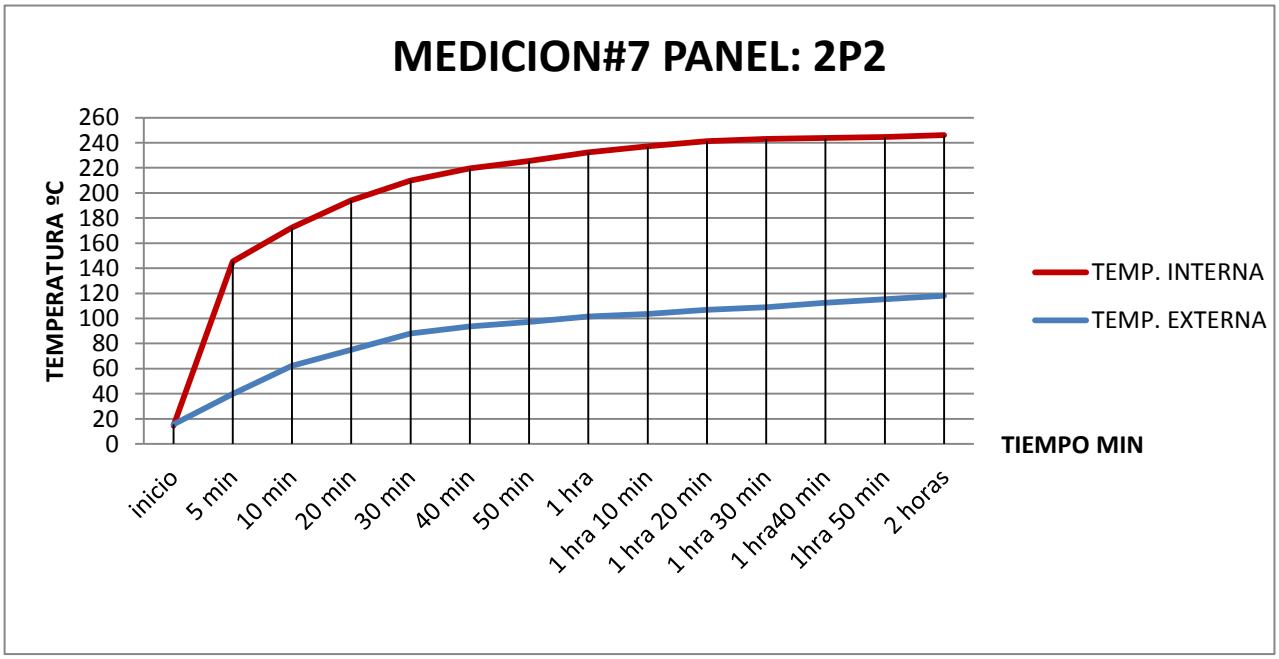
En la Gráfica 7 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de papel. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 125.5538 ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0445 (w/mk) con una densidad de **0. 1164 kg/m^3.**

Panel 7 =Panel de papel.

Tiempo de captura: 12 am – 14 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.7. Diferencias de temperatura panel 2P2. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.7. Datos de temperatura panel 2P2. Fuente. Elaboración propia.

composición papel
e= 2 cm
watts= 200

TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	λ(W/mk)	R (m2/wk)	U (w/m2k)
inicio	14.6	15.5	-0.9	200	0.09	0.02			
5 min	145.4	39.7	105.7	200	0.09	0.02	0.0526	0.3805	2.6280
10 min	172.5	62.2	110.3	200	0.09	0.02	0.0504	0.3971	2.5184
20 min	194	75.1	118.9	200	0.09	0.02	0.0467	0.4280	2.3362
30 min	210	88.1	121.9	200	0.09	0.02	0.0456	0.4388	2.2787
40 min	219.6	93.7	125.9	200	0.09	0.02	0.0441	0.4532	2.2063
50 min	225.6	97.3	128.3	200	0.09	0.02	0.0433	0.4619	2.1651
1 hra	232.4	101.5	130.9	200	0.09	0.02	0.0424	0.4712	2.1221
1 hra 10 min	237.2	103.5	133.7	200	0.09	0.02	0.0416	0.4813	2.0776
1 hra 20 min	241.3	107	134.3	200	0.09	0.02	0.0414	0.4835	2.0683
1 hra 30 min	243	109	134	200	0.09	0.02	0.0415	0.4824	2.0730
1 hra40 min	243.8	112.5	131.3	200	0.09	0.02	0.0423	0.4727	2.1156
1hra 50 min	244.5	115.4	129.1	200	0.09	0.02	0.0430	0.4648	2.1516
2 horas	246.1	118.2	127.9	200	0.09	0.02	0.0434	0.4604	2.1718
TOTAL	219.6462	94.0923	125.5538				0.0445	0.4520	2.2241

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.02\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 125.5538}$$

$$= \frac{1}{225996} = 0.0445 \text{ w/m.k}$$

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.02}{= 0.0445} = 0.4520 \text{m}^2\text{/w.k}$$



Fig. 4.13. Panel 2P2. Fuente autor.

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.4520} = 2.2241 \text{ w/m}^2\text{.k}$$



Fig. 4.14. Peso del Panel 2P2. Fuente autor.

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{m\ (kg)}{v(\ m3)} = \frac{0.524\ (kg)}{4.5(\ m3)} = 0.1164$$



MUESTRA #8

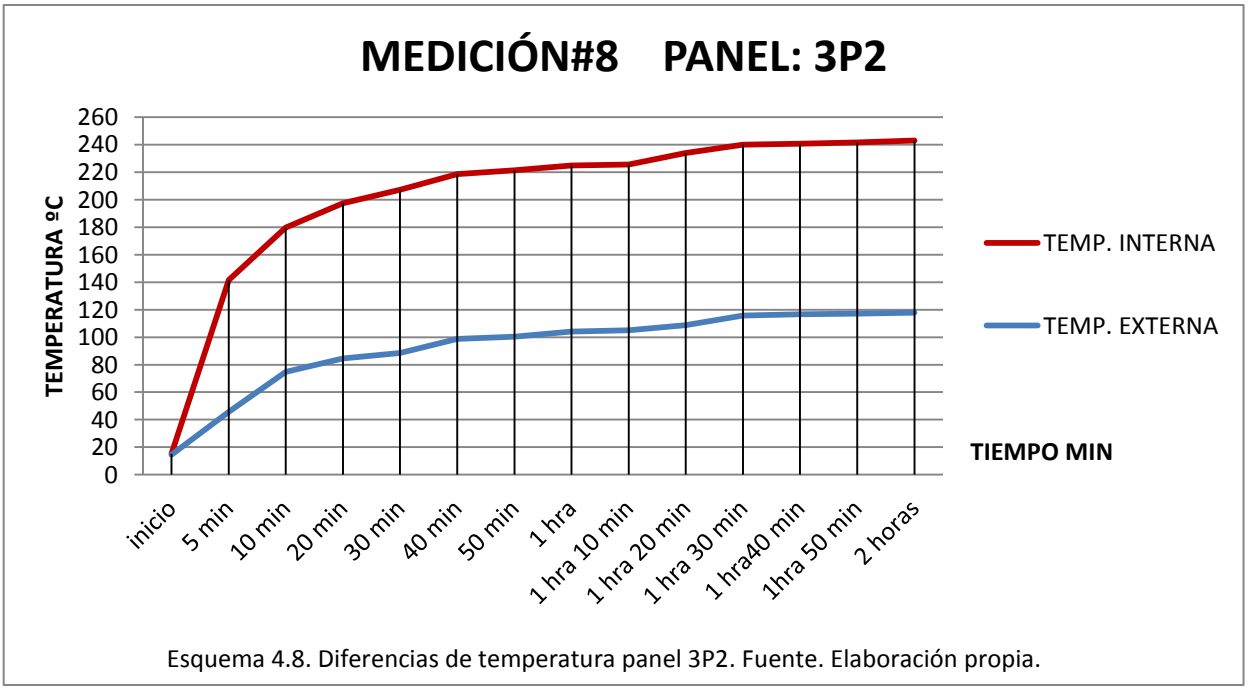
En la Gráfica 8 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de papel. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 0.0568ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0473 (w/mk) con una densidad de **0. 0987 kg/m^3.**

Panel 8=Panel de papel.

Tiempo de captura: 12 am – 14 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.8. Diferencias de temperatura panel 3P2. Fuente. Elaboración propia.



composición papel e= 2 cm watts= 200									
TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	λ(W/mk)	R (m2/w.k)	U (w/m2.k)
inicio	15.3	14.5	0.8	200	0.09	0.02			
5 min	141.6	45.7	95.9	200	0.09	0.02	0.0579	0.3452	2.8965
10 min	179.7	74.7	105	200	0.09	0.02	0.0529	0.3780	2.6455
20 min	197.3	84.5	112.8	200	0.09	0.02	0.0493	0.4061	2.4626
30 min	207.2	88.6	118.6	200	0.09	0.02	0.0468	0.4270	2.3421
40 min	218.4	98.7	119.7	200	0.09	0.02	0.0464	0.4309	2.3206
50 min	221.2	100.3	120.9	200	0.09	0.02	0.0460	0.4352	2.2976
1 hra	224.9	104	120.9	200	0.09	0.02	0.0460	0.4352	2.2976
1 hra 10 min	225.4	105	120.4	200	0.09	0.02	0.0461	0.4334	2.3071
1 hra 20 min	233.9	108.7	125.2	200	0.09	0.02	0.0444	0.4507	2.2187
1 hra 30 min	240	115.8	124.2	200	0.09	0.02	0.0447	0.4471	2.2365
1 hra40 min	240.6	116.6	124	200	0.09	0.02	0.0448	0.4464	2.2401
1hra 50 min	241.5	117.2	124.3	200	0.09	0.02	0.0447	0.4475	2.2347
2 horas	243	117.9	125.1	200	0.09	0.02	0.0444	0.4504	2.2204
TOTAL	216.5154	98.2846	118.2308				0.0473	0.4256	2.3631

Tab. 4.8. Datos de temperatura panel 3P2. Fuente. Elaboración propia.

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.02}{0.0473} = 0.4256 \text{ m2/w.k}$$

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.4256} = 2.3631 \text{w/m2.k}$$

DENSIDAD

Fig. 4.15. Panel 3P2. Fuente autor.



Fig. 4.16. Peso del Panel 3P2. Fuente autor.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.02\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 118.2308}$$

$$= \frac{1}{21.2815} = 0.0473 \text{w/m.k}$$



$$\boldsymbol{\rho} = \frac{m\,(kg)}{v(\,m3)} = \frac{0.444\,(kg)}{4.5(\,m3)} = 0.0987$$

MUESTRA #9

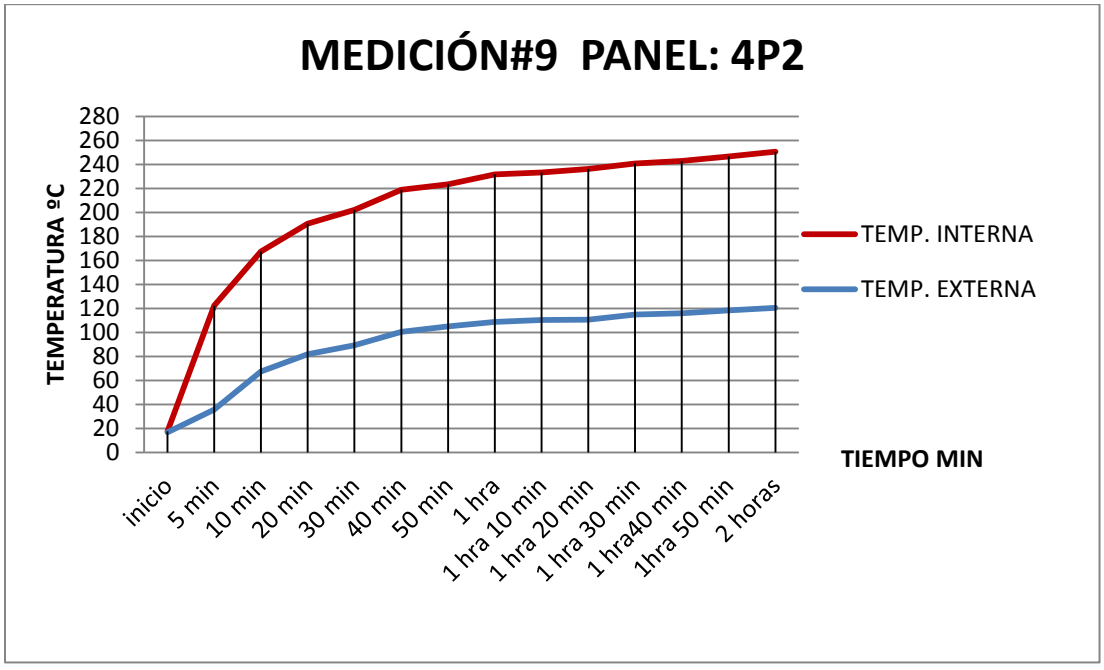
En la Gráfica 9 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de papel. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 117.5153ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0479 (w/mk) con una densidad de **0. 0987 kg/m^3.**

Panel 9 =Panel de papel.

Tiempo de captura: 12 am – 14 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.9. Diferencias de temperatura panel 4P2. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.9. Datos de temperatura panel 4P2. Fuente. Elaboración propia.

composición papel
e= 2 cm
watts= 200

TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	λ(W/mk)	R (m2/w.k)	U (w/m2.k)
inicio	17.5	16.6	0.9	200	0.09	0.02			
5 min	122.3	35.6	86.7	200	0.09	0.02	0.0641	0.3121	3.2039
10 min	167.3	67.4	99.9	200	0.09	0.02	0.0556	0.3596	2.7806
20 min	190.5	81.8	108.7	200	0.09	0.02	0.0511	0.3913	2.5555
30 min	201.9	89.3	112.6	200	0.09	0.02	0.0493	0.4054	2.4669
40 min	218.7	100.3	118.4	200	0.09	0.02	0.0469	0.4262	2.3461
50 min	223.4	105	118.4	200	0.09	0.02	0.0469	0.4262	2.3461
1 hra	231.7	108.6	123.1	200	0.09	0.02	0.0451	0.4432	2.2565
1 hra 10 min	233.2	110.4	122.8	200	0.09	0.02	0.0452	0.4421	2.2620
1 hra 20 min	236.3	110.6	125.7	200	0.09	0.02	0.0442	0.4525	2.2098
1 hra 30 min	240.8	114.9	125.9	200	0.09	0.02	0.0441	0.4532	2.2063
1 hra40 min	242.9	115.8	127.1	200	0.09	0.02	0.0437	0.4576	2.1855
1hra 50 min	246.5	118.3	128.2	200	0.09	0.02	0.0433	0.4615	2.1668
2 horas	250.7	120.5	130.2	200	0.09	0.02	0.0427	0.4687	2.1335
TOTAL	215.8615	98.3462	117.5154				0.0479	0.4231	2.3938

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.02\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 117.5153}$$

$$= \frac{1}{21.1527} = 0.0479 \text{w/m.k}$$

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.02}{0.0479} = 0.4231 \text{m2/w.k}$$

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.4231} = 2.3938 \text{ w/m2.k}$$

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{m\ (kg)}{v(\ m3)} = \frac{0.4\ (kg)}{4.5(\ m3)} = 0.0987$$



Fig. 4.17. Panel 4P2. Fuente autor.

Fig. 4.18. Peso del Panel 4P2. Fuente autor.



MUESTRA #10

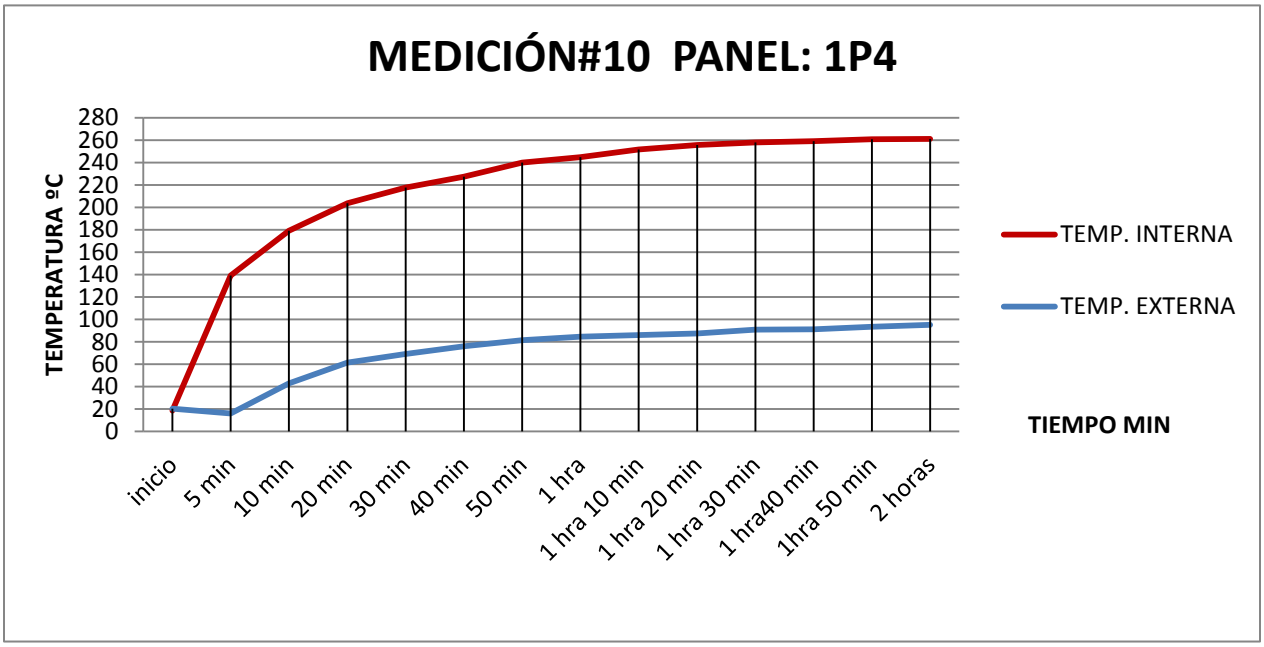
En la Gráfica 10 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de papel. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 155.5308ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0721 (w/mk) con una densidad de **0. 1296 kg/m^3.**

Panel 10 =Panel de papel.

Tiempo de captura: 12 am – 14 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.10. Diferencias de temperatura panel 1P4. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.10. Datos de temperatura panel 1P4. Fuente. Elaboración propia.

composición papel
e= 4 cm
watts= 200

TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	$\lambda(W/mk)$	R (m2/wk)	U (w/m2.k)
inicio	18.7	20.3	-1.6	200	0.09	0.04			
5 min	139.2	16.1	123.1	200	0.09	0.04	0.0903	0.4432	2.2565
10 min	179.1	42.8	136.3	200	0.09	0.04	0.0815	0.4907	2.0380
20 min	203.7	61.4	142.3	200	0.09	0.04	0.0781	0.5123	1.9521
30 min	217.8	69.2	148.6	200	0.09	0.04	0.0748	0.5350	1.8693
40 min	227.5	76	151.5	200	0.09	0.04	0.0733	0.5454	1.8335
50 min	239.8	81.5	158.3	200	0.09	0.04	0.0702	0.5699	1.7548
1 hra	244.9	84.7	160.2	200	0.09	0.04	0.0694	0.5767	1.7339
1 hra 10 min	251.5	85.9	165.6	200	0.09	0.04	0.0671	0.5962	1.6774
1 hra 20 min	255.7	87.6	168.1	200	0.09	0.04	0.0661	0.6052	1.6525
1 hra 30 min	257.9	90.8	167.1	200	0.09	0.04	0.0665	0.6016	1.6623
1 hra40 min	259	91.3	167.7	200	0.09	0.04	0.0663	0.6037	1.6564
1hra 50 min	260.7	93.5	167.2	200	0.09	0.04	0.0665	0.6019	1.6614
2 horas	261.1	95.2	165.9	200	0.09	0.04	0.0670	0.5972	1.6744
TOTAL	230.6077	75.0769	155.5308				0.0721	0.5599	1.8017

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.04\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 155.5308}$$

$$= \frac{2}{27.9955} = 0.0721\ \text{w/m.k}$$

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.04}{0.0721} = 0.5599\text{m2/w.k}$$

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.5599} = 1.8017\text{w/m2.k}$$

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{m\ (kg)}{v(\ m3)} = \frac{0.810\ (kg)}{6.25(\ m3)} = 0.1296$$



Fig. 4.19. Panel 1P4. Fuente autor.

Fig. 4.20. Peso del Panel 1P4. Fuente autor.



MUESTRA #11

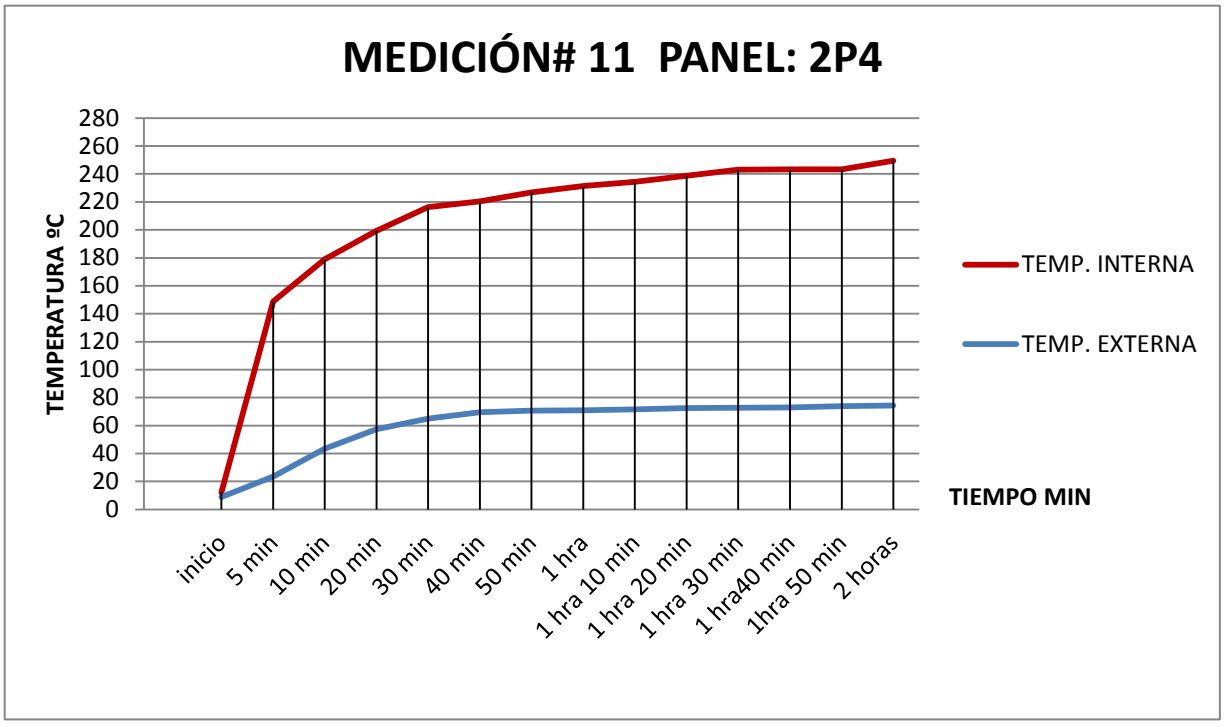
En la Gráfica 11 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de papel. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 156.5846ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0716 (w/mk) con una densidad de 0.1459 **kg/m^3**

Panel 11 =Panel de papel.

Tiempo de captura: 12 am – 14 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.11. Diferencias de temperatura panel 2P4. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.11. Datos de temperatura panel 1P4. Fuente. Elaboración propia.

composición papel e= 4 cm watts=200									
TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	$\lambda(W/mk)$	R (m2/w.k)	U (w/m2.k)
inicio	12	9	3	200	0.09	0.04			
5 min	148.7	23.5	125.2	200	0.09	0.04	0.0887	0.4507	2.2187
10 min	179	43.4	135.6	200	0.09	0.04	0.0819	0.4882	2.0485
20 min	199.4	57.4	142	200	0.09	0.04	0.0782	0.5112	1.9562
30 min	216.3	65	151.3	200	0.09	0.04	0.0734	0.5447	1.8359
40 min	220.4	69.5	150.9	200	0.09	0.04	0.0736	0.5432	1.8408
50 min	226.8	70.7	156.1	200	0.09	0.04	0.0712	0.5620	1.7795
1 hra	231.3	70.9	160.4	200	0.09	0.04	0.0693	0.5774	1.7318
1 hra 10 min	234.4	71.7	162.7	200	0.09	0.04	0.0683	0.5857	1.7073
1 hra 20 min	238.8	72.5	166.3	200	0.09	0.04	0.0668	0.5987	1.6703
1 hra 30 min	243	72.8	170.2	200	0.09	0.04	0.0653	0.6127	1.6321
1 hra40 min	243.2	73	170.2	200	0.09	0.04	0.0653	0.6127	1.6321
1hra 50 min	243.4	73.8	169.6	200	0.09	0.04	0.0655	0.6106	1.6378
2 horas	249.5	74.4	175.1	200	0.09	0.04	0.0635	0.6304	1.5864
TOTAL	221.0923	64.5077	156.5846				0.0716	0.5637	1.7906

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.04\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 156.5846}$$

$$= \frac{2}{28.1852} = 0.0716\ \text{w/m.k}$$

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.04}{0.0716} = 0.5637\text{m2/w.k}$$

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.5637} = 1.7906\text{w/m2.k}$$

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{m\ (kg)}{v(\ m3)} = \frac{0.912\ (kg)}{6.25(\ m3)} = 0.1459$$



Fig. 4.21. Panel 2P4. Fuente autor.



Fig. 4.22. Peso del Panel 2P4. Fuente autor.



MUESTRA #12

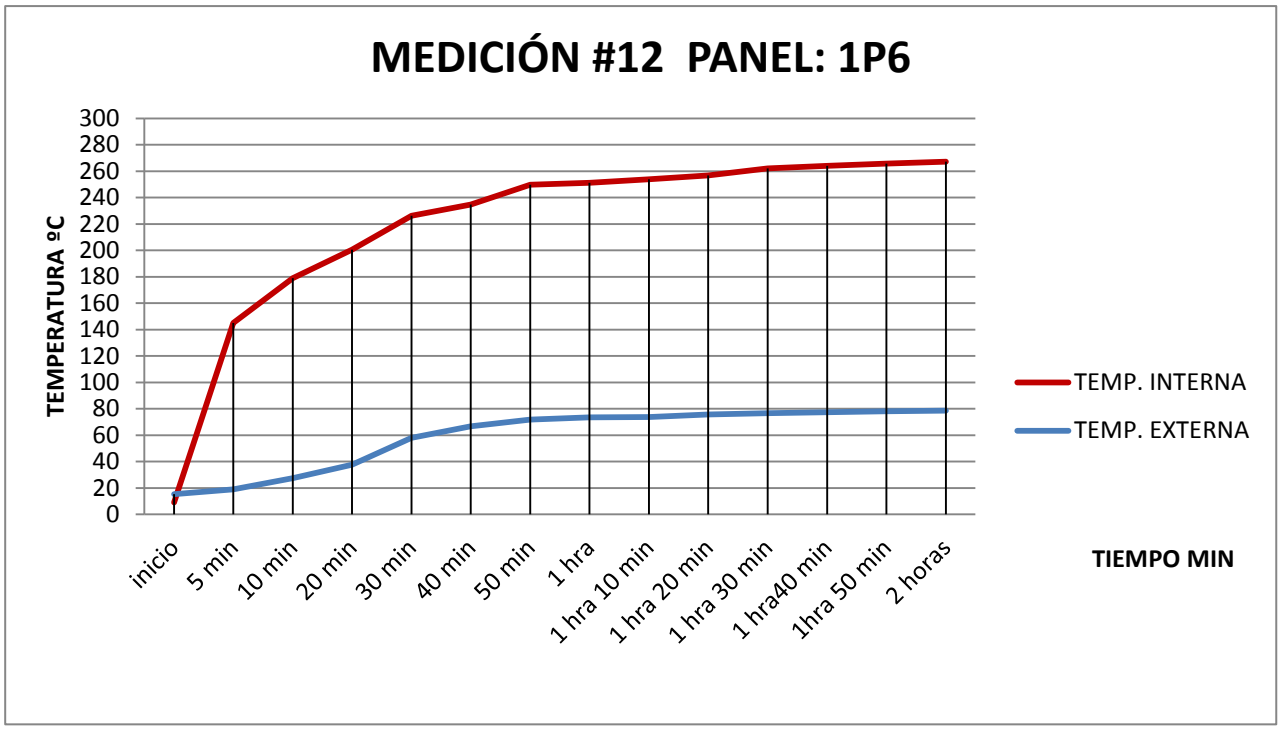
En la Gráfica 12 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de papel. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 172.4923ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0978 (w/mk) con una densidad de **0. 0998 kg/m^3**

Panel 12 =Panel de papel.

Tiempo de captura: 12 am – 14 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.12. Diferencias de temperatura panel 1P6. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.12. Datos de temperatura panel 1P6. Fuente. Elaboración propia.

composición papel
e= 6 cm
watts= 200

TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	λ(W/mk)	R (m2/w.k)	U (w/m2.k)
inicio	8.9	15.4	-6.5	200	0.09	0.06			
5 min	144.9	18.8	126.1	200	0.09	0.06	0.1322	0.4540	2.2028
10 min	178.9	27.4	151.5	200	0.09	0.06	0.1100	0.5454	1.8335
20 min	200.5	37.6	162.9	200	0.09	0.06	0.1023	0.5864	1.7052
30 min	226.3	57.9	168.4	200	0.09	0.06	0.0990	0.6062	1.6495
40 min	234.8	66.7	168.1	200	0.09	0.06	0.0991	0.6052	1.6525
50 min	249.7	71.7	178	200	0.09	0.06	0.0936	0.6408	1.5605
1 hra	251.2	73.5	177.7	200	0.09	0.06	0.0938	0.6397	1.5632
1 hra 10 min	253.9	73.8	180.1	200	0.09	0.06	0.0925	0.6484	1.5424
1 hra 20 min	256.7	75.6	181.1	200	0.09	0.06	0.0920	0.6520	1.5338
1 hra 30 min	262	76.5	185.5	200	0.09	0.06	0.0898	0.6678	1.4975
1 hra40 min	264.1	77.4	186.7	200	0.09	0.06	0.0893	0.6721	1.4878
1hra 50 min	265.8	78	187.8	200	0.09	0.06	0.0887	0.6761	1.4791
2 horas	267.1	78.6	188.5	200	0.09	0.06	0.0884	0.6786	1.4736
TOTAL	235.0692	62.5769	172.4923				0.0978	0.6210	1.6293

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.06\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 172.4923}$$

$$= \frac{3}{31.0486} = 0.0978 \text{w/m.k}$$

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.06}{0.0978} = 0.6210 \text{m2/w.k}$$

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.6210} = 1.6293 \text{ w/m2.k}$$

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{m\ (kg)}{v(\ m3)} = \frac{0.898(kg)}{9(\ m3)} = 0.0998$$



Fig. 4.23. Panel 1P6. Fuente autor.



Fig. 4.24. Peso del Panel 1P6. Fuente autor.



MUESTRA #13

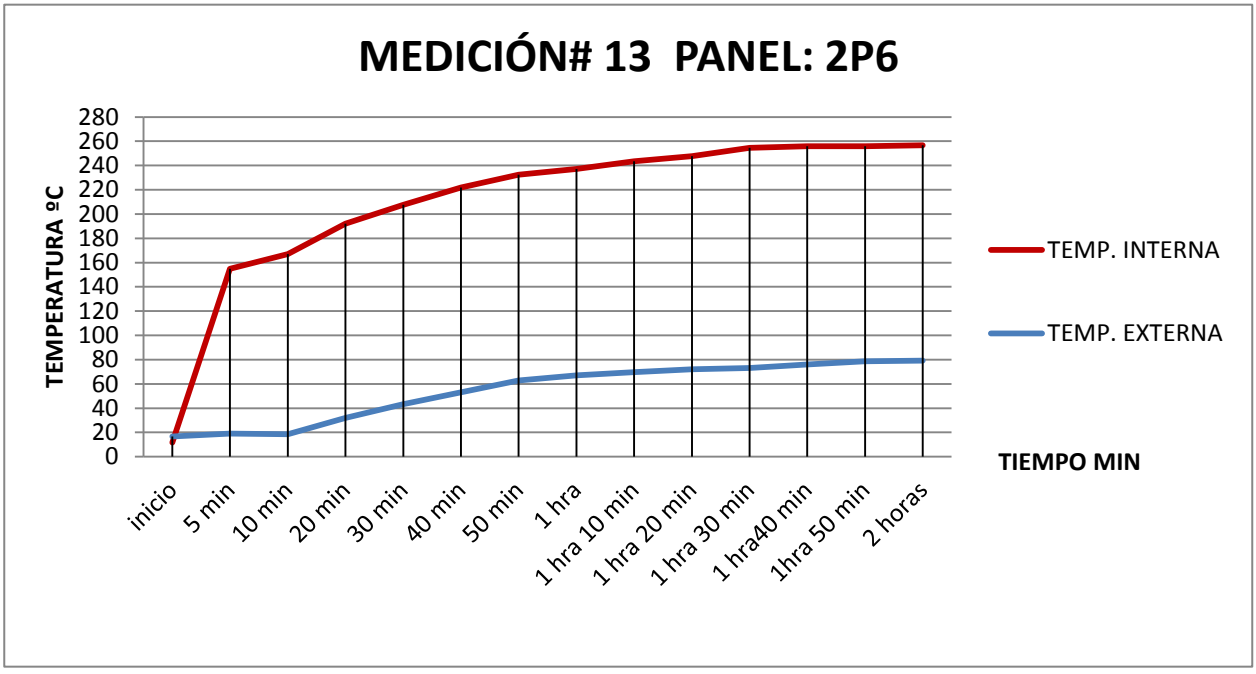
En la Gráfica 13 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de papel. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 167.9615ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0999 (w/mk) con una densidad de 0.1402 **kg/m^3**

Panel 13 =Panel de papel.

Tiempo de captura: 12 am – 14 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.13. Diferencias de temperatura panel 2P6. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.13. Datos de temperatura panel 2P6. Fuente. Elaboración propia.

composición papel e=6 cm watts= 200									
TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	λ(W/mk)	R (m2/w.k)	U (w/m2.k)
inicio	11.6	16.6	-5	200	0.09	0.06			
5 min	154.9	19.1	135.8	200	0.09	0.06	0.1227	0.4889	2.0455
10 min	167	18.4	148.6	200	0.09	0.06	0.1122	0.5350	1.8693
20 min	192.1	32	160.1	200	0.09	0.06	0.1041	0.5764	1.7350
30 min	207.7	43.4	164.3	200	0.09	0.06	0.1014	0.5915	1.6907
40 min	221.9	53.1	168.8	200	0.09	0.06	0.0987	0.6077	1.6456
50 min	232.5	62.7	169.8	200	0.09	0.06	0.0982	0.6113	1.6359
1 hra	237.3	67.1	170.2	200	0.09	0.06	0.0979	0.6127	1.6321
1 hra 10 min	243.5	69.7	173.8	200	0.09	0.06	0.0959	0.6257	1.5983
1 hra 20 min	247.8	72	175.8	200	0.09	0.06	0.0948	0.6329	1.5801
1 hra 30 min	254.6	73.1	181.5	200	0.09	0.06	0.0918	0.6534	1.5305
1 hra40 min	255.8	76	179.8	200	0.09	0.06	0.0927	0.6473	1.5449
1hra 50 min	256	78.7	177.3	200	0.09	0.06	0.0940	0.6383	1.5667
2 horas	256.8	79.1	177.7	200	0.09	0.06	0.0938	0.6397	1.5632
TOTAL	225.2231	57.2615	167.9615				0.0999	0.6047	1.6644

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.06\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 167.9615}$$

$$= \frac{3}{30.2330} = 0.0999 \text{w/m.k}$$



Fig. 4.25. Panel 2P6. Fuente autor.

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.06}{0.0999} = 0.6047 \text{m2/w.k}$$

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.6047} = 1.6644 \text{ w/m2.k}$$



Fig. 4.26. Peso del Panel 2P6. Fuente autor.

DENSIDAD

$$\rho = \frac{m\ (kg)}{v(\ m3)} = \frac{1.262(kg)}{9(\ m3)} = 0.1402$$



MUESTRA #14

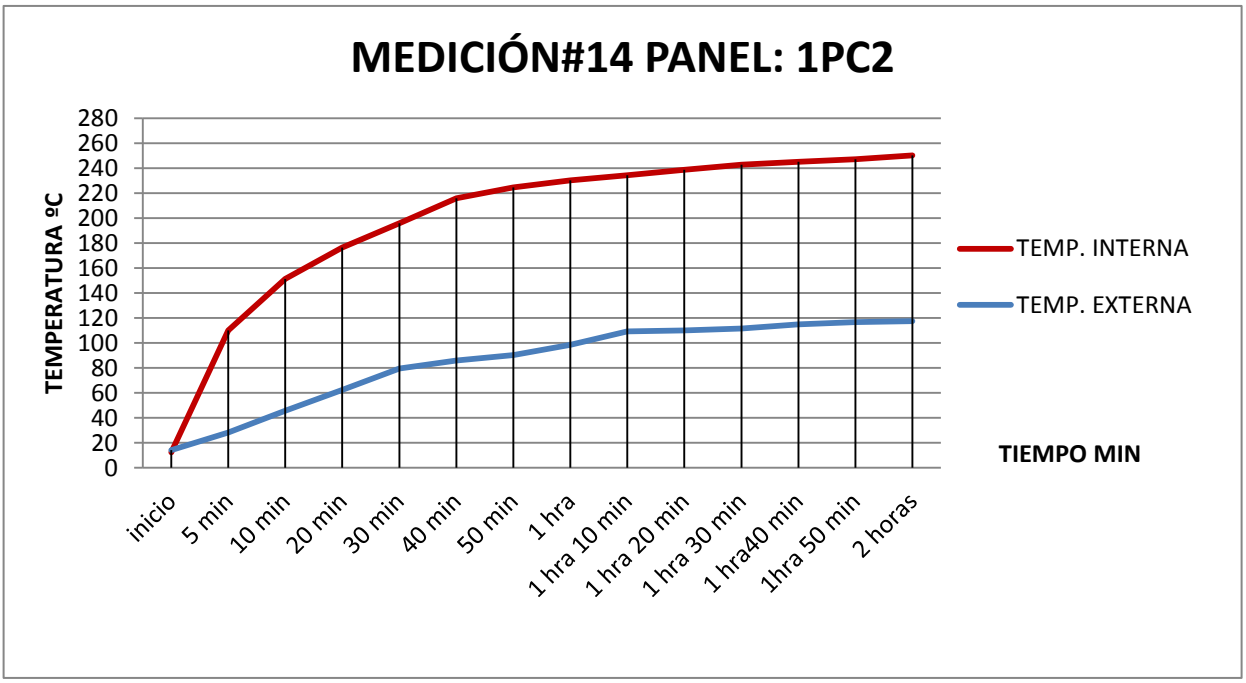
En la Gráfica 14 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de papel y cartón. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 122.4923ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0462 (w/mk) con una densidad de 0.1071**kg/m^3**.

Panel 14 =Panel de papel y cartón.

Tiempo de captura: 12 am – 14 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.14. Diferencias de temperatura panel 1PC2. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.14. Datos de temperatura panel 1PC2. Fuente. Elaboración propia.

composición papel y cartón e= 2cm watts= 200									
TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	λ(W/mk)	R (m2/wk)	U (w/m2.k)
inicio	12.3	14.1	-1.8	200	0.09	0.02			
5 min	110.1	28.2	81.9	200	0.09	0.02	0.0678	0.2948	3.3917
10 min	151.4	45.6	105.8	200	0.09	0.02	0.0525	0.3809	2.6255
20 min	176.4	62.4	114	200	0.09	0.02	0.0487	0.4104	2.4366
30 min	195.9	79.5	116.4	200	0.09	0.02	0.0477	0.4190	2.3864
40 min	215.9	85.9	130	200	0.09	0.02	0.0427	0.4680	2.1368
50 min	224.5	90.4	134.1	200	0.09	0.02	0.0414	0.4828	2.0714
1 hra	230.1	98.4	131.7	200	0.09	0.02	0.0422	0.4741	2.1092
1 hra 10 min	234.4	109.2	125.2	200	0.09	0.02	0.0444	0.4507	2.2187
1 hra 20 min	238.6	110	128.6	200	0.09	0.02	0.0432	0.4630	2.1600
1 hra 30 min	242.7	111.6	131.1	200	0.09	0.02	0.0424	0.4720	2.1188
1 hra40 min	245.1	114.8	130.3	200	0.09	0.02	0.0426	0.4691	2.1318
1hra 50 min	247.2	116.6	130.6	200	0.09	0.02	0.0425	0.4702	2.1269
2 horas	250.1	117.4	132.7	200	0.09	0.02	0.0419	0.4777	2.0933
TOTAL	212.4923	90.0000	122.4923				0.0462	0.4410	2.3082

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.02\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 122.4923}$$

$$= \frac{1}{22.0486} = 0.0462 \text{w/m.k}$$

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.02}{0.0462} = 0.4410 \text{ m2/w.k}$$

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.4410} = 2.3082 \text{ w/m2.k}$$

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{m\ (kg)}{v(\ m3)} = \frac{0.482(kg)}{4.5(\ m3)} = 0.1071$$



Fig. 4.27. Panel 1PC2. Fuente autor.



Fig. 4.28. Peso del Panel 1PC2. Fuente autor.



MUESTRA #15

En la Gráfica 15 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de papel y cartón. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

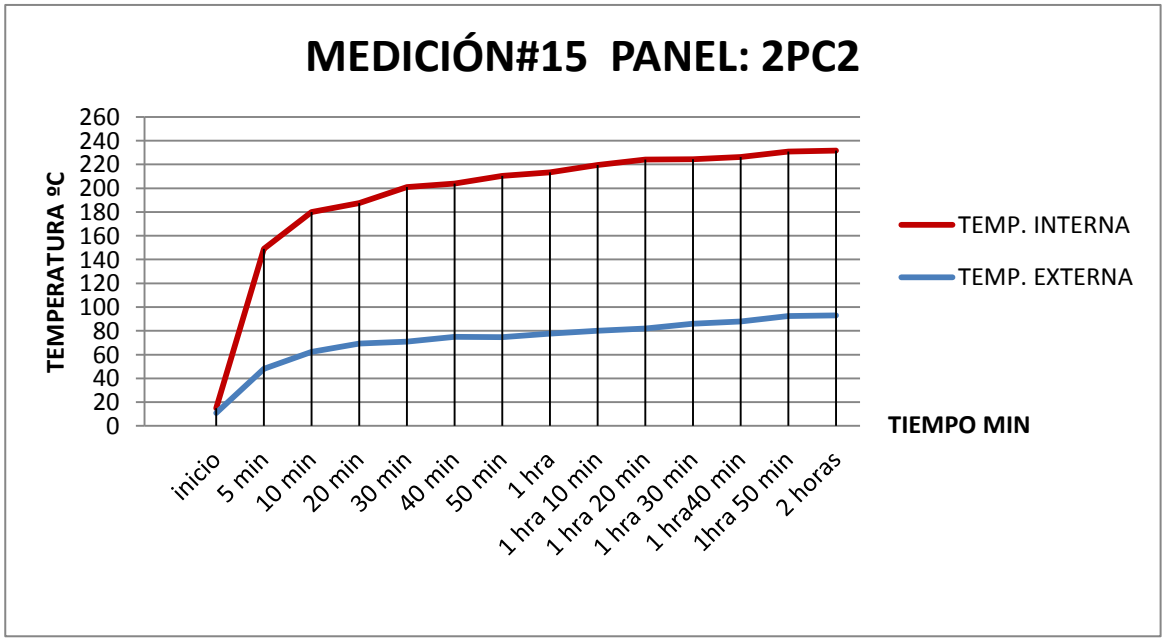
De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 130.9154ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0428 (w/mk) con una densidad de 0.1262 **kg/m^3**.

.

Panel 15 =Panel de papel y cartón.

Tiempo de captura: 12 am – 14 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.15. Diferencias de temperatura panel 2PC2. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.15. Datos de temperatura panel 2PC2. Fuente. Elaboración propia.

composición papel y cartón e= 2 cm watts= 200									
TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	$\lambda(W/mk)$	R (m2/w.k)	U (w/m2.k)
inicio	17	16	1	200	0.09	0.02			
5 min	149	48.1	100.9	200	0.09	0.02	0.0551	0.3632	2.7530
10 min	180	62.3	117.7	200	0.09	0.02	0.0472	0.4237	2.3600
20 min	187.6	69.4	118.2	200	0.09	0.02	0.0470	0.4255	2.3501
30 min	200.9	71	129.9	200	0.09	0.02	0.0428	0.4676	2.1384
40 min	203.8	74.9	128.9	200	0.09	0.02	0.0431	0.4640	2.1550
50 min	210.4	74.8	135.6	200	0.09	0.02	0.0410	0.4882	2.0485
1 hra	213.2	77.6	135.6	200	0.09	0.02	0.0410	0.4882	2.0485
1 hra 10 min	219.5	80.1	139.4	200	0.09	0.02	0.0399	0.5018	1.9927
1 hra 20 min	224.1	82	142.1	200	0.09	0.02	0.0391	0.5116	1.9548
1 hra 30 min	224.4	86	138.4	200	0.09	0.02	0.0401	0.4982	2.0071
1 hra40 min	226.2	87.8	138.4	200	0.09	0.02	0.0401	0.4982	2.0071
1hra 50 min	230.7	92.5	138.2	200	0.09	0.02	0.0402	0.4975	2.0100
2 horas	231.7	93.1	138.6	200	0.09	0.02	0.0401	0.4990	2.0042
TOTAL	207.8077	76.8923	130.9154				0.0428	0.4713	2.1407

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.02\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 130.9154}$$

$$= \frac{1}{23.5647} = 0.0428 \text{w/m.k}$$

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.02}{0.0428} = 0.4713 \text{m2/w.k}$$

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.4713} = 2.1407 \text{ w/m2.k}$$

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{m\ (kg)}{v(\ m3)} = \frac{0.568(kg)}{4.5(\ m3)} = 0.1262$$



Fig. 4.29. Panel 2PC2. Fuente autor.



Fig. 4.30. Peso del Panel 2PC2. Fuente autor.



MUESTRA #16

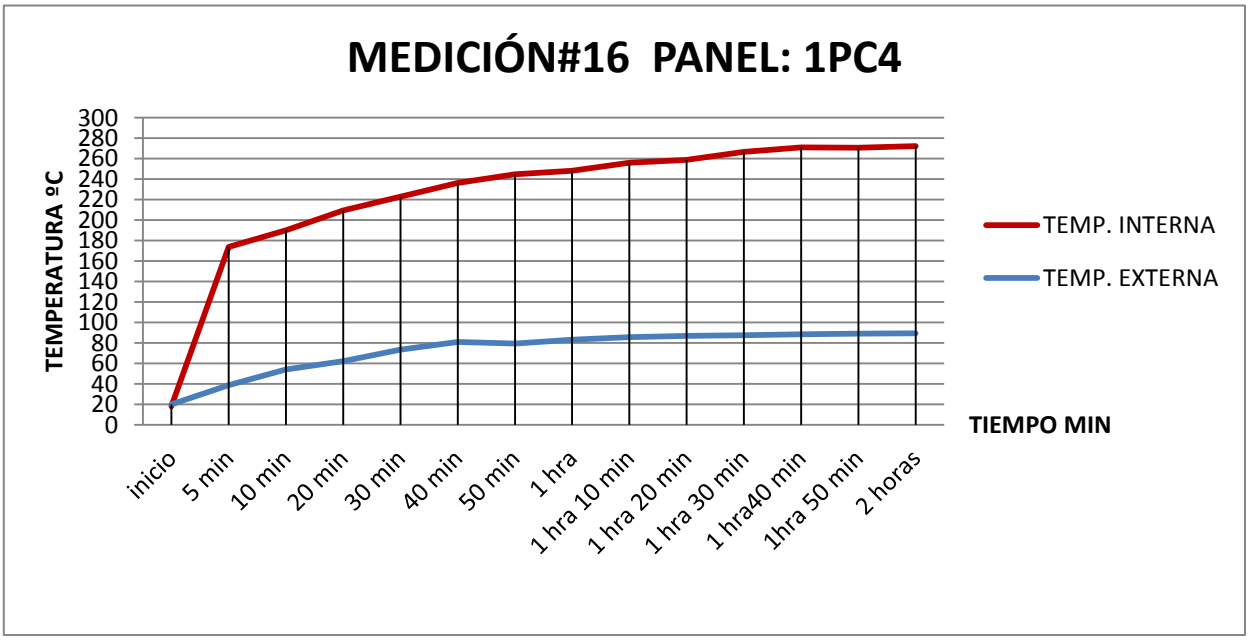
En la Gráfica 16 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de papel y cartón. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 163.1846ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0688 (w/mk) con una densidad de 0.1350 **kg/m^3**.

Panel 16 =Panel de papel y cartón.

Tiempo de captura: 12 am – 14 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.16. Diferencias de temperatura panel 1PC4. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.16. Datos de temperatura panel 1PC4. Fuente. Elaboración propia.

composición papel y cartón
e= 4 cm
watts= 200

TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	λ(W/mk)	R (m2/w.k)	U (w/m2.k)
inicio	18	19.8	-1.8	200	0.09	0.04			
5 min	173.6	38.7	134.9	200	0.09	0.04	0.0824	0.4856	2.0591
10 min	189.9	53.8	136.1	200	0.09	0.04	0.0816	0.4900	2.0410
20 min	209.2	62	147.2	200	0.09	0.04	0.0755	0.5299	1.8871
30 min	222.8	73.4	149.4	200	0.09	0.04	0.0744	0.5378	1.8593
40 min	236.2	80.8	155.4	200	0.09	0.04	0.0715	0.5594	1.7875
50 min	244.7	79.3	165.4	200	0.09	0.04	0.0672	0.5954	1.6794
1 hra	248.1	83.1	165	200	0.09	0.04	0.0673	0.5940	1.6835
1 hra 10 min	255.9	85.6	170.3	200	0.09	0.04	0.0652	0.6131	1.6311
1 hra 20 min	258.6	86.6	172	200	0.09	0.04	0.0646	0.6192	1.6150
1 hra 30 min	266.3	87.4	178.9	200	0.09	0.04	0.0621	0.6440	1.5527
1 hra40 min	270.7	88.4	182.3	200	0.09	0.04	0.0609	0.6563	1.5237
1hra 50 min	270.6	89	181.6	200	0.09	0.04	0.0612	0.6538	1.5296
2 horas	272.1	89.2	182.9	200	0.09	0.04	0.0607	0.6584	1.5187
TOTAL	239.9000	76.7154	163.1846				0.0688	0.5875	1.7206

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.04\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 163.1846}$$

$$= \frac{2}{29.3732} = 0.0688 \text{w/m.k}$$

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.04}{0.0688} = 0.5875 \text{m2/w.k}$$

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.5875} = 1.7206 \text{ w/m2.k}$$

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{m\ (kg)}{v(\ m3)} = \frac{0.844(kg)}{6.25(\ m3)} = 0.1350$$



Fig. 4.31. Panel 1PC4. Fuente autor.

Fig. 4.32. Peso del Panel 1PC4. Fuente autor.



MUESTRA #17

En la Gráfica 17 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de papel y cartón. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

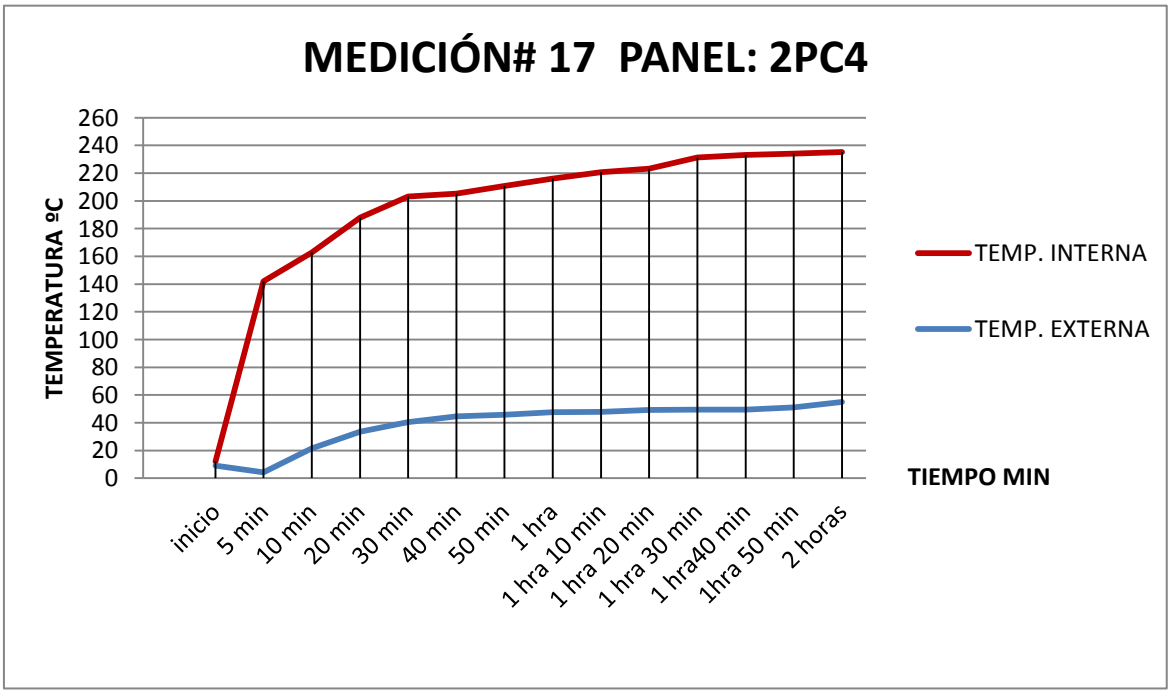
De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 166.5846ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0672 (w/mk) con una densidad de 0.1444 **kg/m^3**.

.

Panel 17 =Panel de papel y cartón.

Tiempo de captura: 12 am – 14 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.17. Diferencias de temperatura panel 2PC4. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.17. Datos de temperatura panel 2PC4. Fuente. Elaboración propia.

composición papel y cartón
e= 4 cm
watts= 200

TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	λ(W/mk)	R (m2/wk)	U (w/m2.k)
inicio	12	9	3	200	0.09	0.04			
5 min	141.9	4.3	137.6	200	0.09	0.04	0.0807	0.4954	2.0187
10 min	162.8	21.5	141.3	200	0.09	0.04	0.0786	0.5087	1.9659
20 min	187.9	33.4	154.5	200	0.09	0.04	0.0719	0.5562	1.7979
30 min	203.1	40.5	162.6	200	0.09	0.04	0.0683	0.5854	1.7084
40 min	205.3	44.5	160.8	200	0.09	0.04	0.0691	0.5789	1.7275
50 min	210.7	45.7	165	200	0.09	0.04	0.0673	0.5940	1.6835
1 hra	216	47.6	168.4	200	0.09	0.04	0.0660	0.6062	1.6495
1 hra 10 min	220.7	47.9	172.8	200	0.09	0.04	0.0643	0.6221	1.6075
1 hra 20 min	223.2	49.3	173.9	200	0.09	0.04	0.0639	0.6260	1.5973
1 hra 30 min	231.3	49.4	181.9	200	0.09	0.04	0.0611	0.6548	1.5271
1 hra40 min	233.1	49.5	183.6	200	0.09	0.04	0.0605	0.6610	1.5130
1hra 50 min	234	51	183	200	0.09	0.04	0.0607	0.6588	1.5179
2 horas	235.2	55	180.2	200	0.09	0.04	0.0617	0.6487	1.5415
TOTAL	208.0923	41.5077	166.5846				0.0672	0.5997	1.6812

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.04\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 166.5846}$$

$$= \frac{2}{29.9852} = 0.0672 \text{ w/m.k}$$

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.04}{0.0672} = 0.5997 \text{ m2/w.k}$$

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.5997} = 1.6812 \text{ w/m2.k}$$

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{m\ (kg)}{v(\ m3)} = \frac{0.844(kg)}{6.25(\ m3)} = 00$$



Fig. 4.33. Panel 1PC4. Fuente autor.

Fig. 4.34. Peso del Panel 1PC4. Fuente autor.



MUESTRA #18

En la Gráfica 18 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de papel y cartón. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

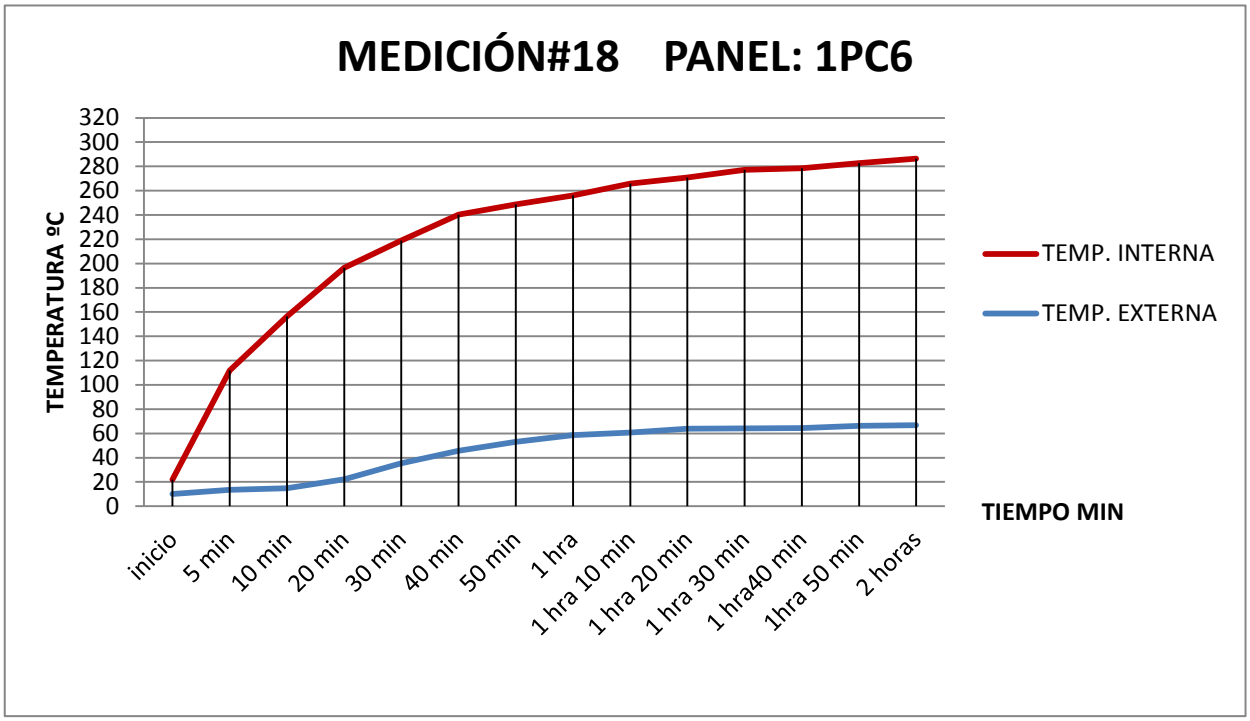
De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 189.2692ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0923 (w/mk) con una densidad de0.1444 **kg/m^3**.

.

Panel 18 =Panel de papel y cartón.

Tiempo de captura: 12 am – 14 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.18. Diferencias de temperatura panel 1PC6. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.18. Datos de temperatura panel 1PC6. Fuente. Elaboración propia.

composición papel y cartón e=6 cm watts= 200									
TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	$\lambda(W/mk)$	R (m2/w.k)	U (w/m2.k)
inicio	21.9	10	11.9	200	0.09	0.06			
5 min	111.9	13.6	98.3	200	0.09	0.06	0.1695	0.3539	2.8258
10 min	156.5	14.8	141.7	200	0.09	0.06	0.1176	0.5101	1.9603
20 min	196.4	22.1	174.3	200	0.09	0.06	0.0956	0.6275	1.5937
30 min	219	35.4	183.6	200	0.09	0.06	0.0908	0.6610	1.5130
40 min	240.2	45.8	194.4	200	0.09	0.06	0.0857	0.6998	1.4289
50 min	248.8	53.1	195.7	200	0.09	0.06	0.0852	0.7045	1.4194
1 hra	256.1	58.7	197.4	200	0.09	0.06	0.0844	0.7106	1.4072
1 hra 10 min	265.9	60.7	205.2	200	0.09	0.06	0.0812	0.7387	1.3537
1 hra 20 min	270.9	64	206.9	200	0.09	0.06	0.0806	0.7448	1.3426
1 hra 30 min	277.2	64.2	213	200	0.09	0.06	0.0782	0.7668	1.3041
1 hra40 min	278.4	64.5	213.9	200	0.09	0.06	0.0779	0.7700	1.2986
1hra 50 min	282.6	66.3	216.3	200	0.09	0.06	0.0771	0.7787	1.2842
2 horas	286.5	66.7	219.8	200	0.09	0.06	0.0758	0.7913	1.2638
TOTAL	237.7231	48.4538	189.2692				0.0923	0.6814	1.5381

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.06\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 189.2692}$$

$$= \frac{3}{34.0684} = 0.0923\ \text{w/m.k}$$

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.04}{0.0923} = 0.6814\ \text{m2/w.k}$$

Fig. 4.35. Panel 1PC6. Fuente autor.

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.6814} = 1.5381\ \text{w/m2.k}$$

Fig. 4.36. Peso del Panel 1PC6. Fuente autor.

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{m\ (kg)}{v(\ m3)} = \frac{\mathbf{1.3(kg)}}{\mathbf{9(\ m3)}} = \mathbf{0.1444}$$



MUESTRA #19

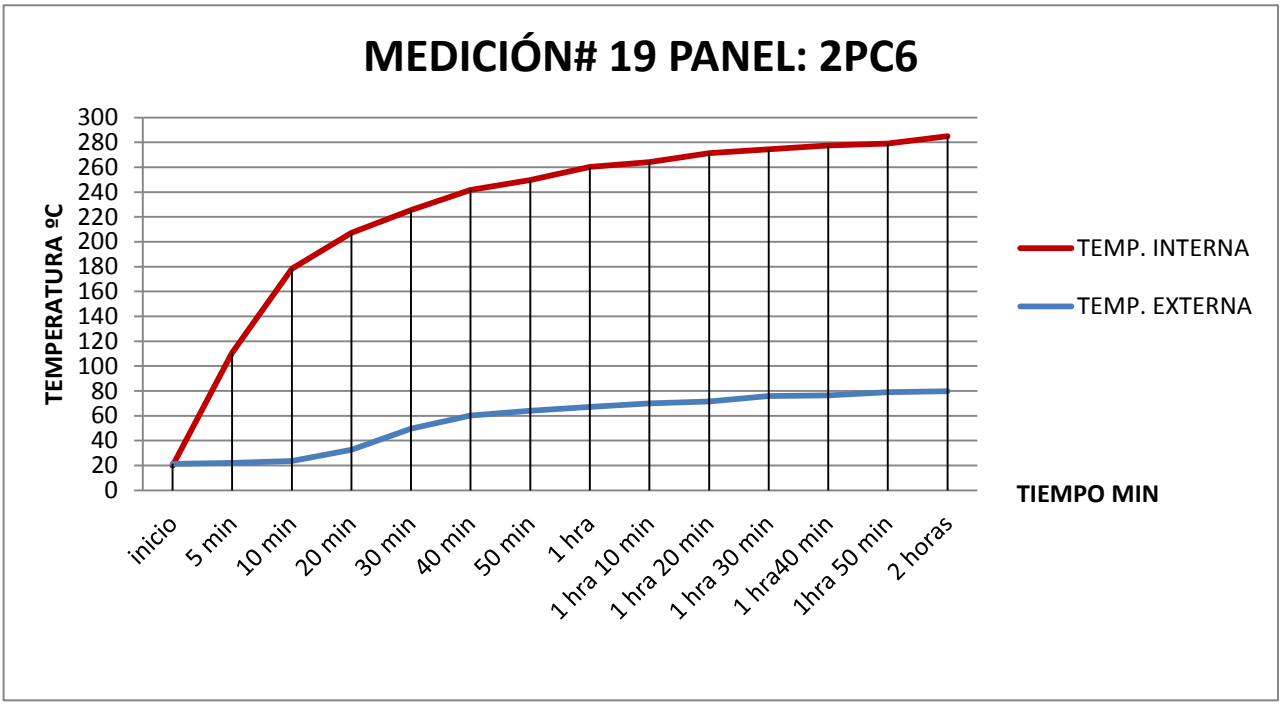
En la Gráfica 19 se puede observar que las mediciones se registran en función a la temperatura en Grados Celsius (° C) y el tiempo estimado en minutos (min). La línea roja corresponde a la temperatura 1 (Tp1) que captura la temperatura en el lado frontal del panel de papel y cartón. La línea azul corresponde a la temperatura 2 (Tp2) que captura la temperatura en el lado posterior del panel.

De 0 – 5 minutos comprende el lapso de tiempo inicio donde la fuente de calor aún no se encendía, a partir de este lapso de tiempo comienza a incrementarse la temperatura, tomando el promedio de la diferencia de temperaturas 181.0462ºC se calculó las propiedades del panel obteniendo asi una conductividad de 0.0965 (w/mk) con una densidad de 0.1438 **kg/m^3**.

Panel 19 =Panel de papel y cartón.

Tiempo de captura: 12 am – 14 pm (120 min.)

Tiempo de exposición a la fuente de calor: 2h.



Esquema 4.19. Diferencias de temperatura panel 1PC6. Fuente. Elaboración propia.



Tab. 4.19. Datos de temperatura panel 2PC6. Fuente. Elaboración propia.

composición papel y cartón e=6 cm watts=200									
TIEMPO	TEMP. INTERNA	TEMP. EXTERNA	T1 – T2	Q (W)	A(m2)	e(m)	λ(W/mk)	R (m2/w.k)	U (w/m2.k)
inicio	19.6	21.3	-1.7	200	0.09	0.06			
5 min	110.6	22	88.6	200	0.09	0.06	0.1881	0.3190	3.1352
10 min	178.4	23.6	154.8	200	0.09	0.06	0.1077	0.5573	1.7944
20 min	207.1	32.5	174.6	200	0.09	0.06	0.0955	0.6286	1.5909
30 min	225.6	49.5	176.1	200	0.09	0.06	0.0946	0.6340	1.5774
40 min	241.7	60.1	181.6	200	0.09	0.06	0.0918	0.6538	1.5296
50 min	249.8	63.9	185.9	200	0.09	0.06	0.0897	0.6692	1.4942
1 hra	260.3	67	193.3	200	0.09	0.06	0.0862	0.6959	1.4370
1 hra 10 min	264.2	70	194.2	200	0.09	0.06	0.0858	0.6991	1.4304
1 hra 20 min	271.2	71.6	199.6	200	0.09	0.06	0.0835	0.7186	1.3917
1 hra 30 min	274.3	75.9	198.4	200	0.09	0.06	0.0840	0.7142	1.4001
1 hra40 min	277.5	76.3	201.2	200	0.09	0.06	0.0828	0.7243	1.3806
1hra 50 min	279	79	200	200	0.09	0.06	0.0833	0.7200	1.3889
2 horas	284.9	79.6	205.3	200	0.09	0.06	0.0812	0.7391	1.3530
TOTAL	240.3538	59.3077	181.0462				0.0965	0.6518	1.6080

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\lambda = \frac{200\ x\ 0.06\ x\ 0.25}{2\ x\ 0.09\ x\ 181.0462}$$

$$= \frac{3}{32.5883} = 0.0965 \text{ w/m.k}$$

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0.04}{0.0965} = 0.6518 \text{ m2/w.k}$$

TRANSMITANCIA TÉRMICA

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U = \frac{1}{0.6518} = 1.6080 \text{ w/m2.k}$$

DENSIDAD

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{m\ (kg)}{v(\ m3)} = \frac{\mathbf{1.294(kg)}}{\mathbf{9(\ m3)}} = \mathbf{0.1438}$$

Fig. 4.37. Panel 2PC6. Fuente autor.

Fig. 4.38. Peso del Panel 2PC6. Fuente autor.



4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En esta parte del capítulo de resultados se hará un análisis comparativo sobre los datos obtenidos en las pruebas aplicadas a los diferentes tipos de muestras elaboradas.

Para determinar la conductividad térmica de un material es válido aclarar que para considerar un material aislante térmico, su coeficiente de conductividad térmica: λ es inferior a λ<0,10 W/mK. La resistencia térmica está en función al espesor y a la conductividad térmica, si es menor a 0.25 (m2/w.k) no es considerado aislante térmico (Código Técnico de la Edificación). En el caso de la transmitancia térmica, cuanto menor sea su valor, mejor será su comportamiento como aislante térmico.

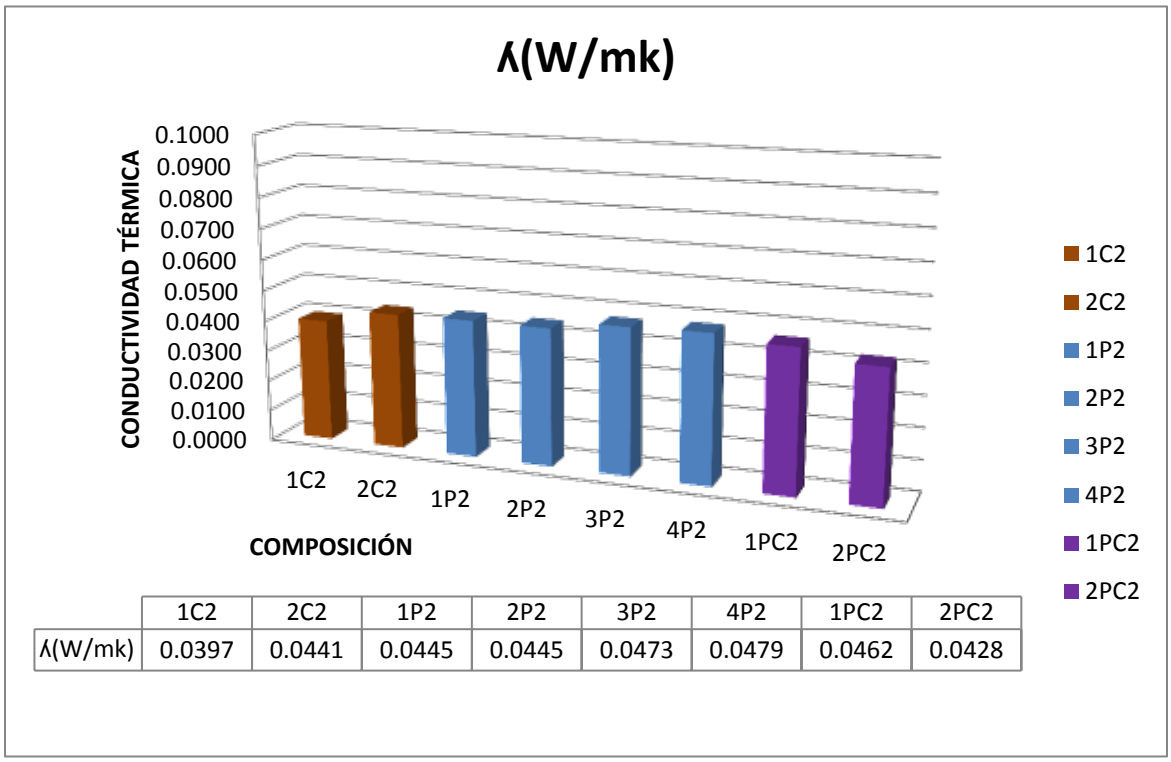
Considerando la conductividad, resistencia y transmitancia térmica, propiedades de un material aislante térmico, para hacer el análisis de muestras se procedió a agrupar según su espesor (cm).

MUESTRAS DE 2 CM

Nª	M	e (cm)	Composición	Peso (g)	Volumen (cm3)	Densidad (g/cm3)	λ(W/mk)	R (m2/w.k)	U (w/m2.k)
1	1C2	2	cartón	562	1716.98	0.3273	0.0397	0.5100	1.9840
2	2C2	2	cartón	542	1693.54	0.3200	0.0441	0.4588	2.2040
6	1P2	2	papel	540	1590.46	0.3395	0.0445	0.4553	2.7747
7	2P2	2	papel	524	1584.84	0.3306	0.0445	0.4520	2.2241
8	3P2	2	papel	444	1573.6	0.2822	0.0473	0.4256	2.3631
9	4P2	2	papel	400	1573.6	0.2542	0.0479	0.4231	2.3938
14	1PC2	2	papel y cartón	482	1624.5	0.2967	0.0462	0.4410	2.3082
15	2PC2	2	papel y cartón	568	1653	0.3436	0.0428	0.4713	2.1407

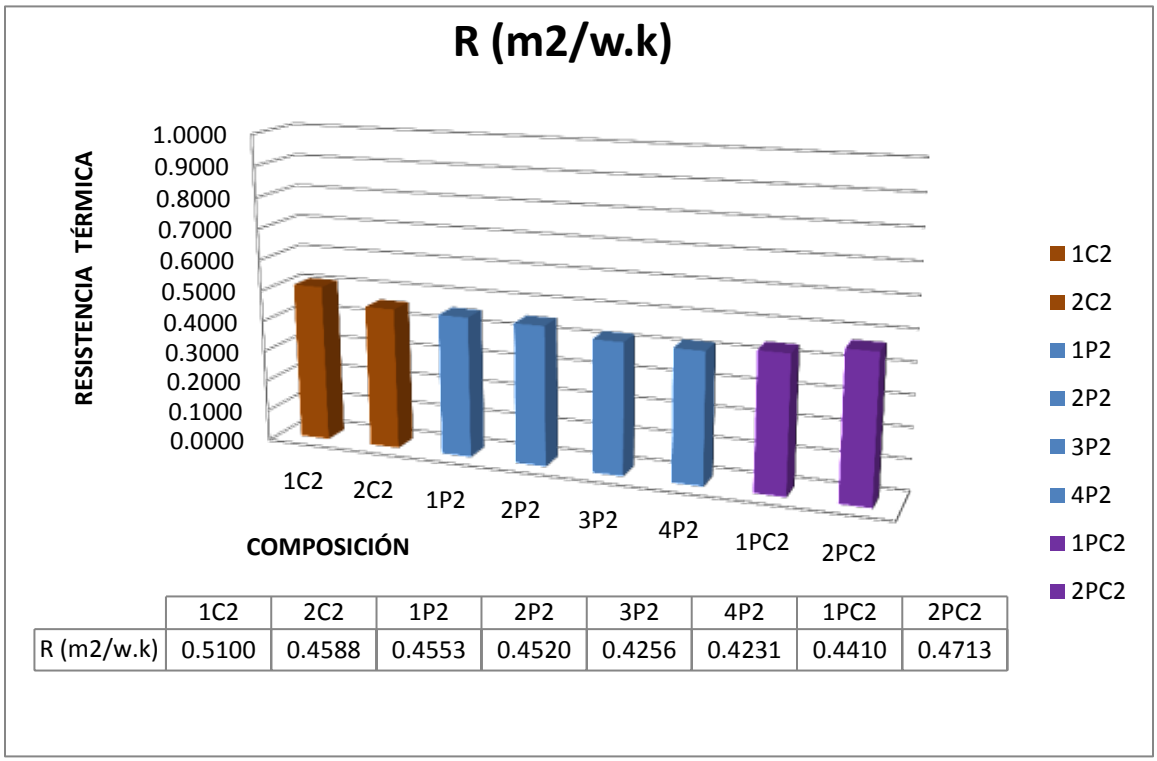
Tab. 4.20. Resultados de muestras de 2cm. Fuente. Elaboración propia.





	1C2	2C2	1P2	2P2	3P2	4P2	1PC2	2PC2
λ(W/mk)	0.0397	0.0441	0.0445	0.0445	0.0473	0.0479	0.0462	0.0428

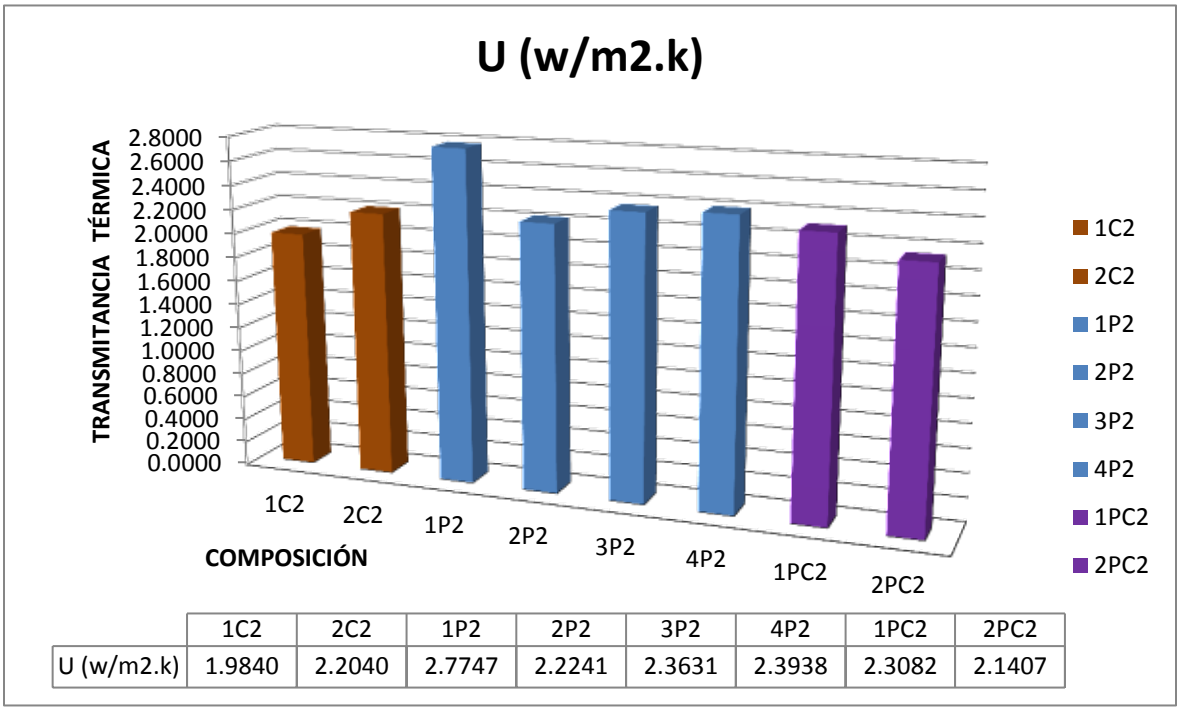
Esquema 4.20. Conductividad térmica muestras de 2 cm. Fuente. Elaboración propia.



	1C2	2C2	1P2	2P2	3P2	4P2	1PC2	2PC2
R (m2/w.k)	0.5100	0.4588	0.4553	0.4520	0.4256	0.4231	0.4410	0.4713

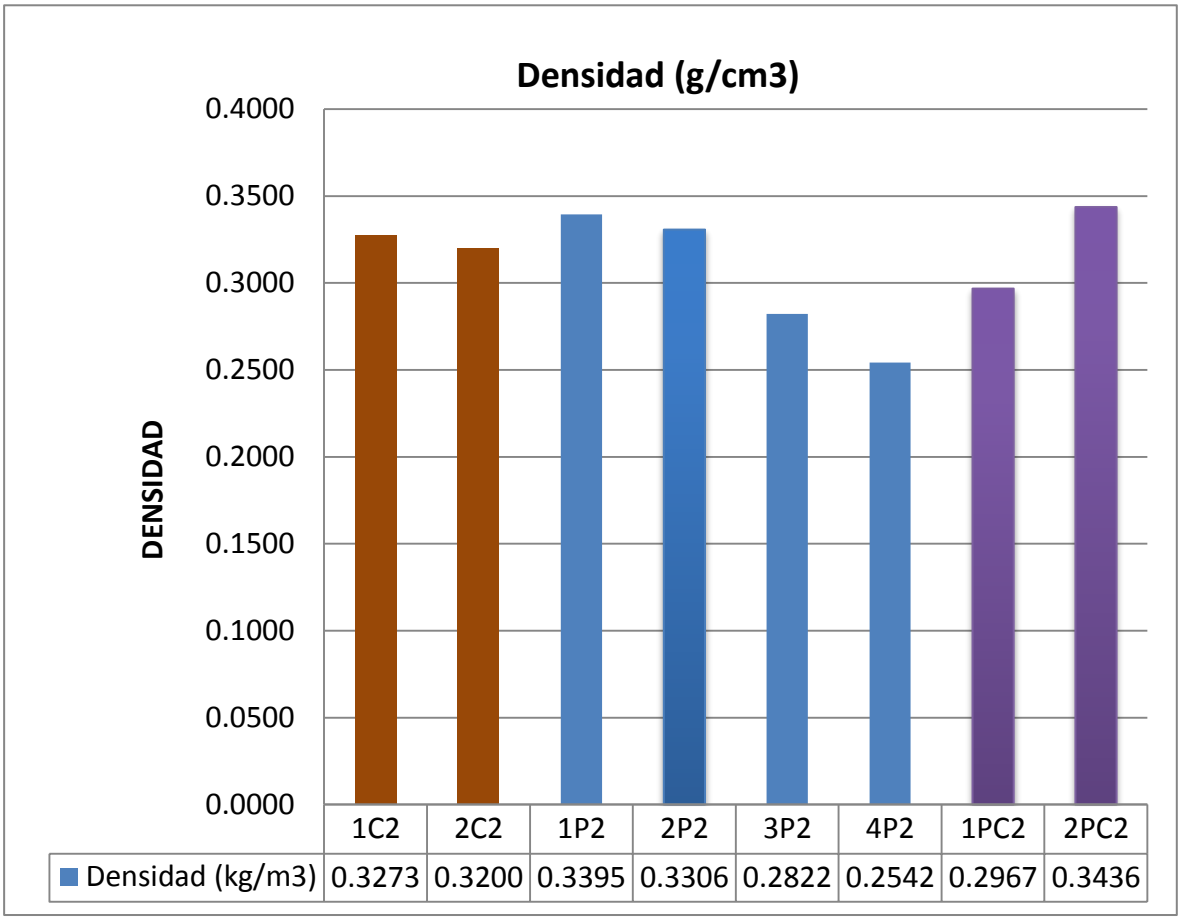
Esquema 4.21.Resistencia térmica muestras de 2 cm. Fuente. Elaboración propia.





	1C2	2C2	1P2	2P2	3P2	4P2	1PC2	2PC2
U (w/m2.k)	1.9840	2.2040	2.7747	2.2241	2.3631	2.3938	2.3082	2.1407

Esquema 4.22.Transmitancia térmica muestras de 2 cm. Fuente. Elaboración propia.





Análisis de resultados:

La muestra nº1 (1C2) tiene el menor valor de conductividad 0.0397 (W/mk), una resistencia 0.5100 m2/wk y transmitancia térmica más baja 1.9840 w/m2k, comparando con la muestra 2C2 que tienen la misma composición, 1C2 es más denso 327.319kg/m3, ya que en estado seco su retracción fue menor 0.00172m3 a diferencia de 2C2 que fue 0.00169m3.

La muestras 1P2, 2P2, 3P2y 4P2 tienen una conductividad que varían de 0.0445 a 0.0479 (W/mk), son las muestras más livianas al estar compuestas sólo de papel.

Las muestra 2PC2 tiene mayor peso 568 g y es la más densa 343.6kg/m3, por su índice menor de retracción 0.00165m3 sin embargo tiene menor conductividad que las muestras de papel.

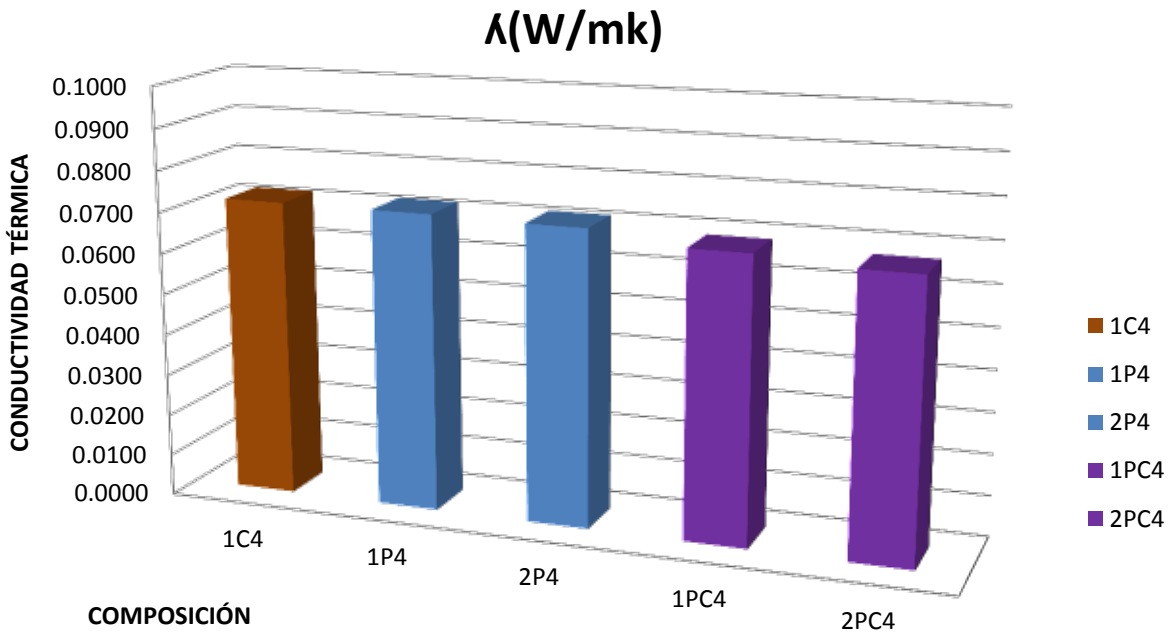
Las tres composiciones de cartón, papel y papel-cartón se encuentran con características óptimas para ser un material aislante térmico, son porosos y livianos. Las variaciones que presentan se reflejan en la densidad, su peso y el flujo de calor que resisten de cada muestra.

MUESTRAS DE 4 CM

Nª	M	e (cm)	Composición	Peso (g)	Volumen (cm3)	Densidad (g/cm3)	λ(W/mk)	R (m2/w.k)	U (w/m2.k)
3	1C4	4	cartón	828	3364	0.2461	0.0721	0.5763	1.8020
10	1P4	4	papel	810	3136	0.2583	0.0721	0.5599	1.8017
11	2P4	4	papel	912	3136	0.2908	0.0716	0.5637	1.7906
16	1PC4	4	papel y cartón	844	3395.323	0.2486	0.0688	0.5875	1.7206
17	2PC4	4	papel y cartón	0	3214.88	0.2613	0.0672	0.5997	1.6812

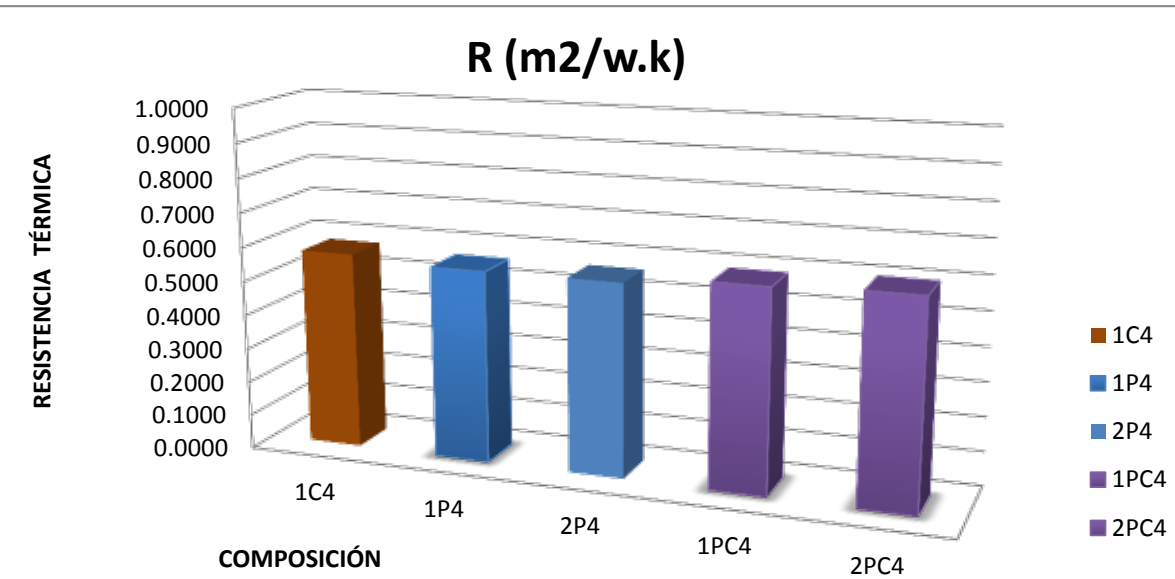
Tab. 4.21. Resultados de muestras de 4cm. Fuente. Elaboración propia.





	1C4	1P4	2P4	1PC4	2PC4
λ(W/mk)	0.0721	0.0721	0.0716	0.0688	0.0672

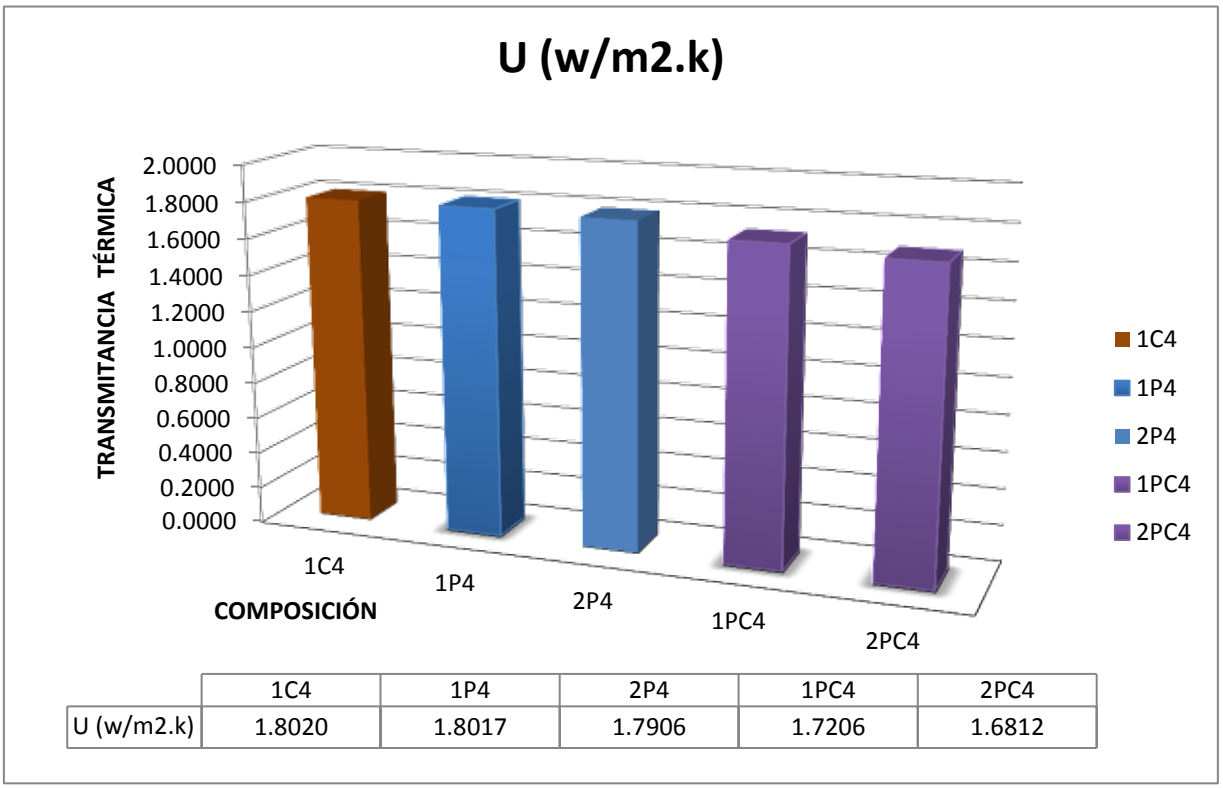
Esquema 4.23. Conductividad térmica muestras de 4 cm. Fuente. Elaboración propia.



	1C4	1P4	2P4	1PC4	2PC4
R (m2/w.k)	0.5763	0.5599	0.5637	0.5875	0.5997

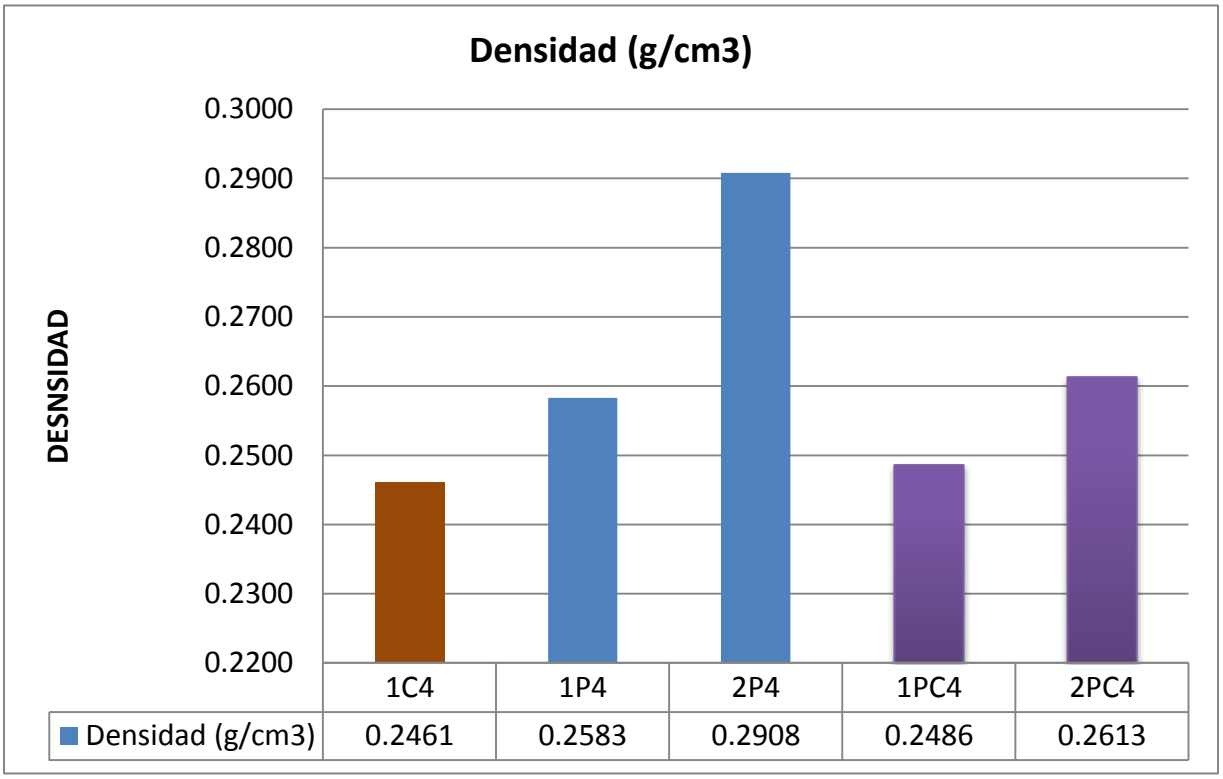
Esquema 4.24.Transmitancia térmica muestras de 4 cm. Fuente. Elaboración propia.





	1C4	1P4	2P4	1PC4	2PC4
U (w/m2.k)	1.8020	1.8017	1.7906	1.7206	1.6812

Esquema 4.25.Resistencia térmica muestras de 4 cm. Fuente. Elaboración propia.





Análisis de resultados:

La muestra nº17 (2PC4) tiene un valor de conductividad menor 0.0672 (W/mk), transmitancia térmica baja 1.6812 w/m2k, presenta mayor diferencia de temperaturas promedio 166,5846 ºC en las mediciones durante 2 horas, teniendo así mayor resistencia térmica (0.5997 m2wk).

La muestra 1C4 y 1P4 tienen el mismo valor de conductividad 0.0721 (W/mk) se diferencian por su composición, 1C4 pesa 828 g es menos denso 0.2461 g/cm3 que 1P4 (810 g) (0.0.2583 kg/m3) y por la diferencia de temperatura promedio que presentan 1C4 (160.0923ºC) y 1P4 (155.5308ºC), 4,5ºC de diferencia, por lo que 1C4 tiene mejor resistencia térmica (0.5763 m2/wk).

La muestras de espesor 4cm tienen una conductividad que varía de 0.04672 a 0.0721 (W/mk), son muestras de livianas con un promedio de 848.5 g, las tres composiciones de cartón, papel y papel-cartón se encuentran con características óptimas para ser un material aislante térmico, son porosos y livianos. En estado seco mantuvieron sus espesores y tuvieron una retracción de 2 cm.

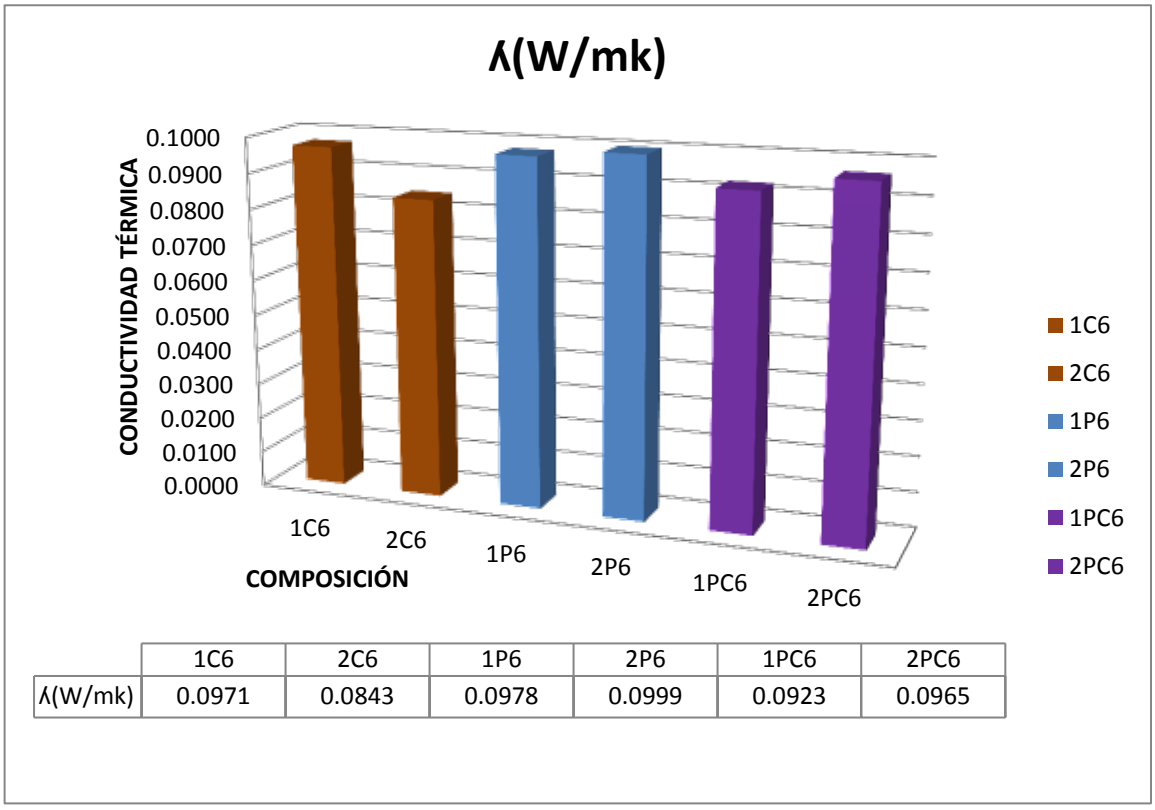
Las variaciones que presentan se reflejan en la densidad, su peso y el flujo de calor que resisten de cada muestra.

MUESTRAS DE 6 CM

Nª	M	e (cm)	Composición	Peso (g)	Volumen (cm3)	Densidad (g/cm3)	ʎ(W/mk)	R (m2/w.k)	U (w/m2.k)
4	1C6	6	cartón	1366	4873.5	0.2803	0.0971	0.6402	1.6179
5	2C6	6	cartón	1322	4873.5	0.2713	0.0843	0.7208	1.4051
12	1P6	6	papel	898	4373.765	0.2053	0.0978	0.6210	1.6293
13	2P6	6	papel	1262	4628.748	0.2726	0.0999	0.6047	1.6644
18	1PC6	6	papel y cartón	1300	4500.72	0.2888	0.0923	0.6814	1.5381
19	2PC6	6	papel y cartón	1294	4710.528	0.2747	0.0965	0.6518	1.6080

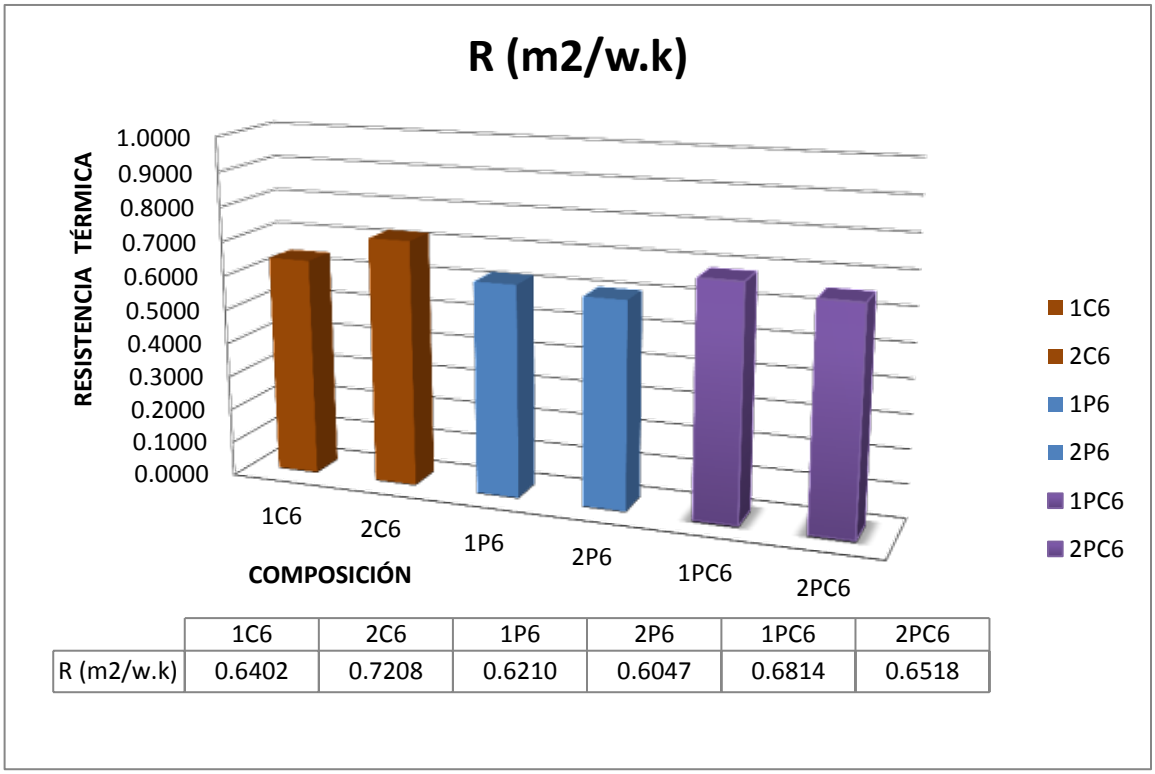
Tab. 4.22. Resultados de muestras de 6cm. Fuente. Elaboración propia.





	1C6	2C6	1P6	2P6	1PC6	2PC6
λ(W/mk)	0.0971	0.0843	0.0978	0.0999	0.0923	0.0965

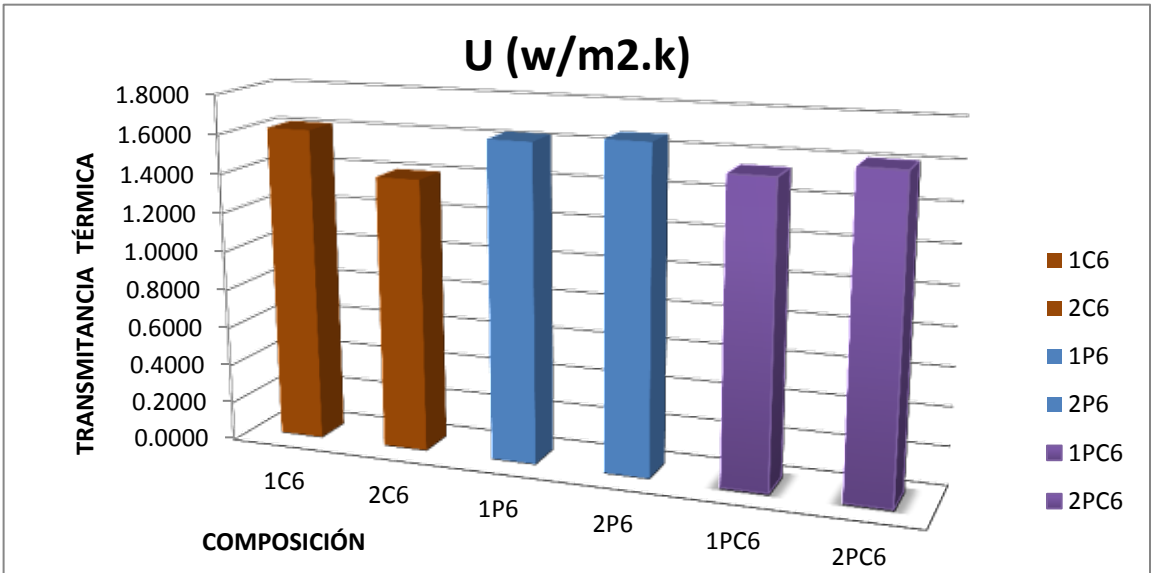
Esquema 4.26. Conductividad térmica muestras de 6 cm. Fuente. Elaboración propia.



	1C6	2C6	1P6	2P6	1PC6	2PC6
R (m2/w.k)	0.6402	0.7208	0.6210	0.6047	0.6814	0.6518

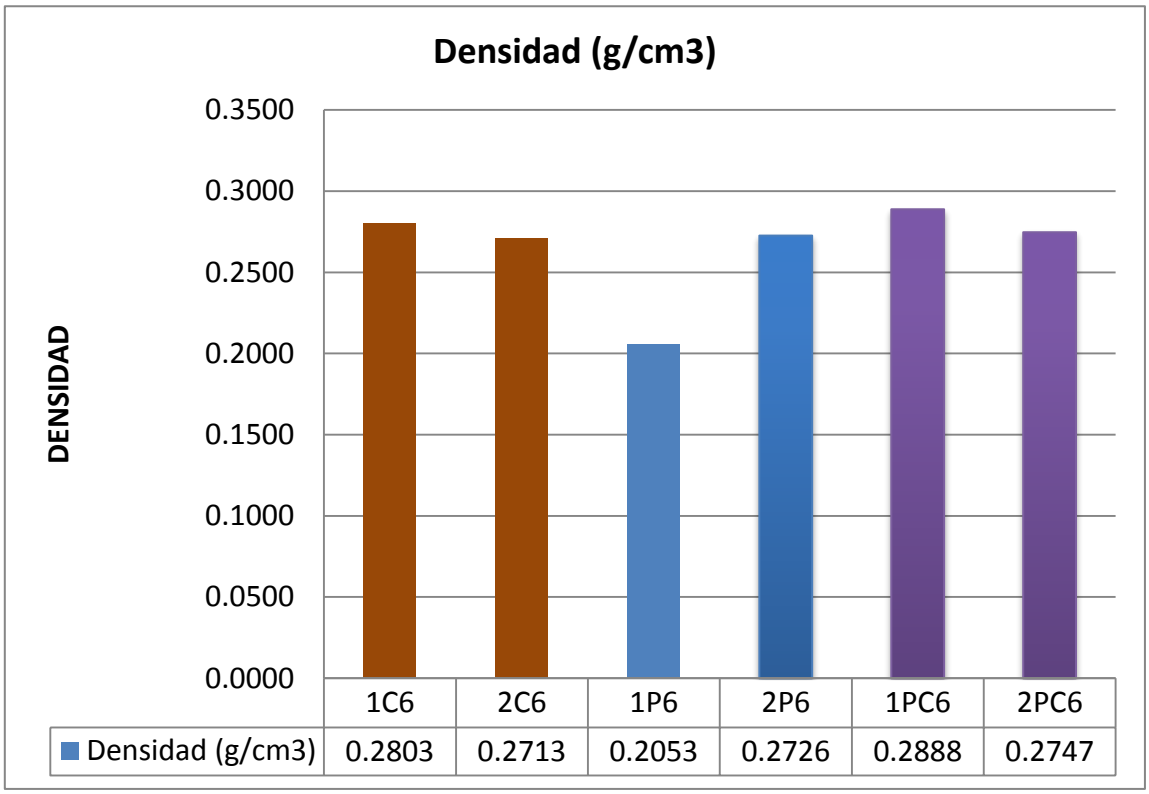
Esquema 4.27.Resistencia térmica muestras de 6 cm. Fuente. Elaboración propia.





	1C6	2C6	1P6	2P6	1PC6	2PC6
U (w/m2.k)	1.6179	1.4051	1.6293	1.6644	1.5381	1.6080

Esquema 4.28.Transmitancia térmica muestras de 6 cm. Fuente. Elaboración propia.





Análisis de resultados:

La muestra nº5 (2C6) tiene un valor de conductividad menor 0.0843 (W/mk), transmitancia térmica baja 1.4051 w/m2k, presenta la mayor diferencia de temperaturas promedio 200.2154 ºC en las mediciones durante 2 horas, teniendo así mayor resistencia térmica (0.7208 m2wk).

A diferencia de la muestra 1C6, ambas compuestas por solo cartón, esta tiene una conductividad mayor 0.0971 W/mk, ya que es más densa 0.2803g/cm3, dando una resistencia de 0.6402m2/wk menor a 2C6.

La muestra 1P6 es menos densa 0.2053 g/cm3 que otras muestras ya que en estado seco se retractó 1026.235 cm3 del volumen total resultado un espesor de 5,5cm obteniendo asi un peso de 898 g.

Las muestras 1C6 y 2C6 son las únicas que mantuvieron su espesor inicial con una retracción de 1.5cm en sus lados.

Las tres composiciones de cartón, papel y papel-cartón se encuentran con características óptimas para ser un material aislante térmico, son porosos y livianos. Las variaciones que presentan se reflejan en la densidad, su peso y el flujo de calor que resisten de cada muestra.



4.3. RESUMEN DE RESULTADOS.

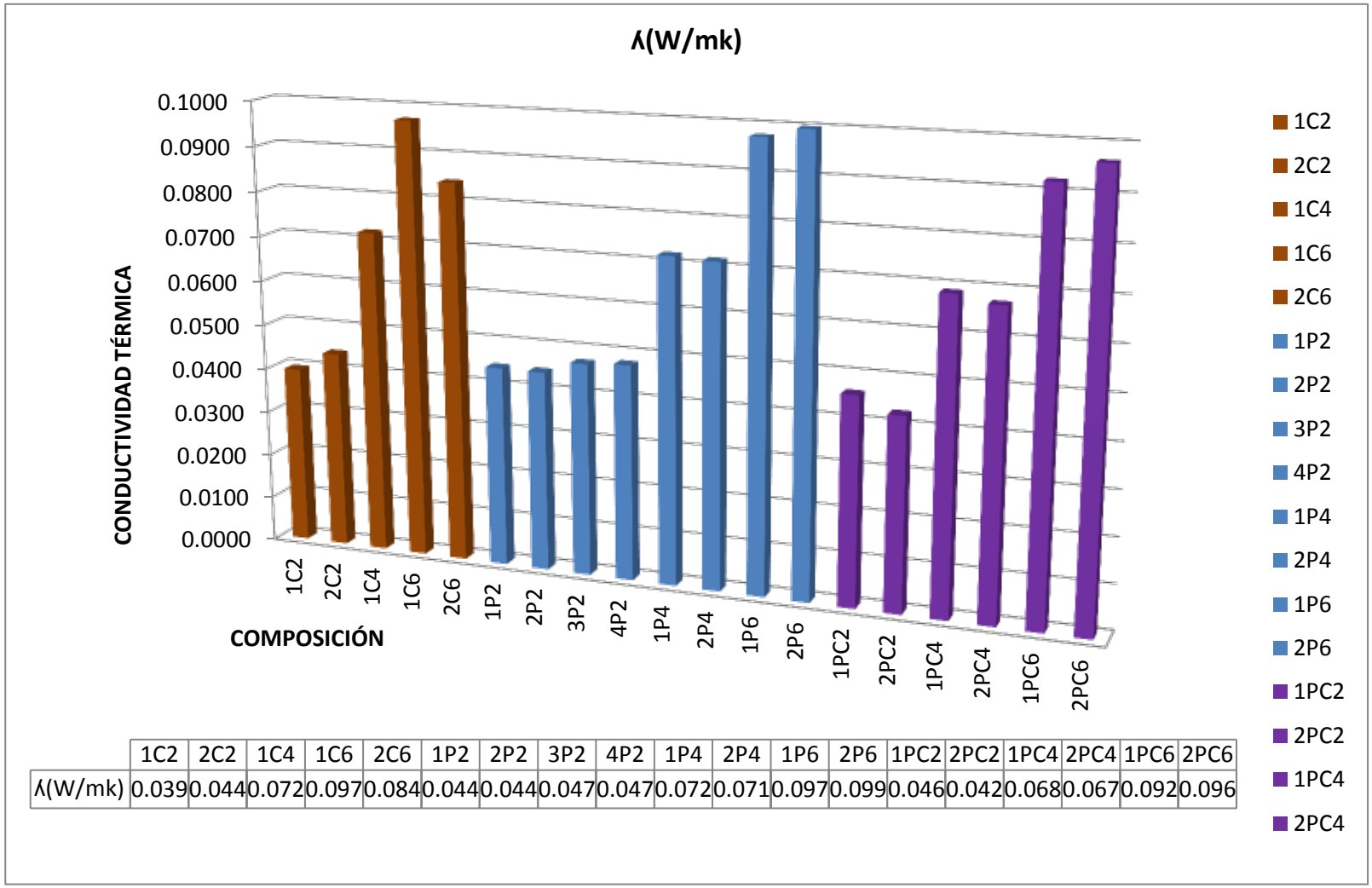
En resumen, todas las muestras tienen óptimas características para ser un material aislante térmico. Las muestras con menor valor de conductividad fueron 1C2 en las muestras de 2cm, 2PC4 en las muestras de 4 cm y 2C6 en muestras de 6 cm, cada una mejor en su grupo, por varias razones:

La muestra 1C2 ha demostrado ser la mejor ya que contiene 100% cartón, tiene el valor de conductividad menor 0.0397 w/mk, mayor resistencia 0.5100 m2/wk y baja transmitancia 1.9840 w/m2k.

La muestra 2PC4 ha demostrado ser la mejor en su categoría por tener menor valor de conductividad 0.0672 w/mk, mayor resistencia 0.5997 m2/wk y baja transmitancia 1.6812 w/m2k, contiene 50% papel y 50% cartón

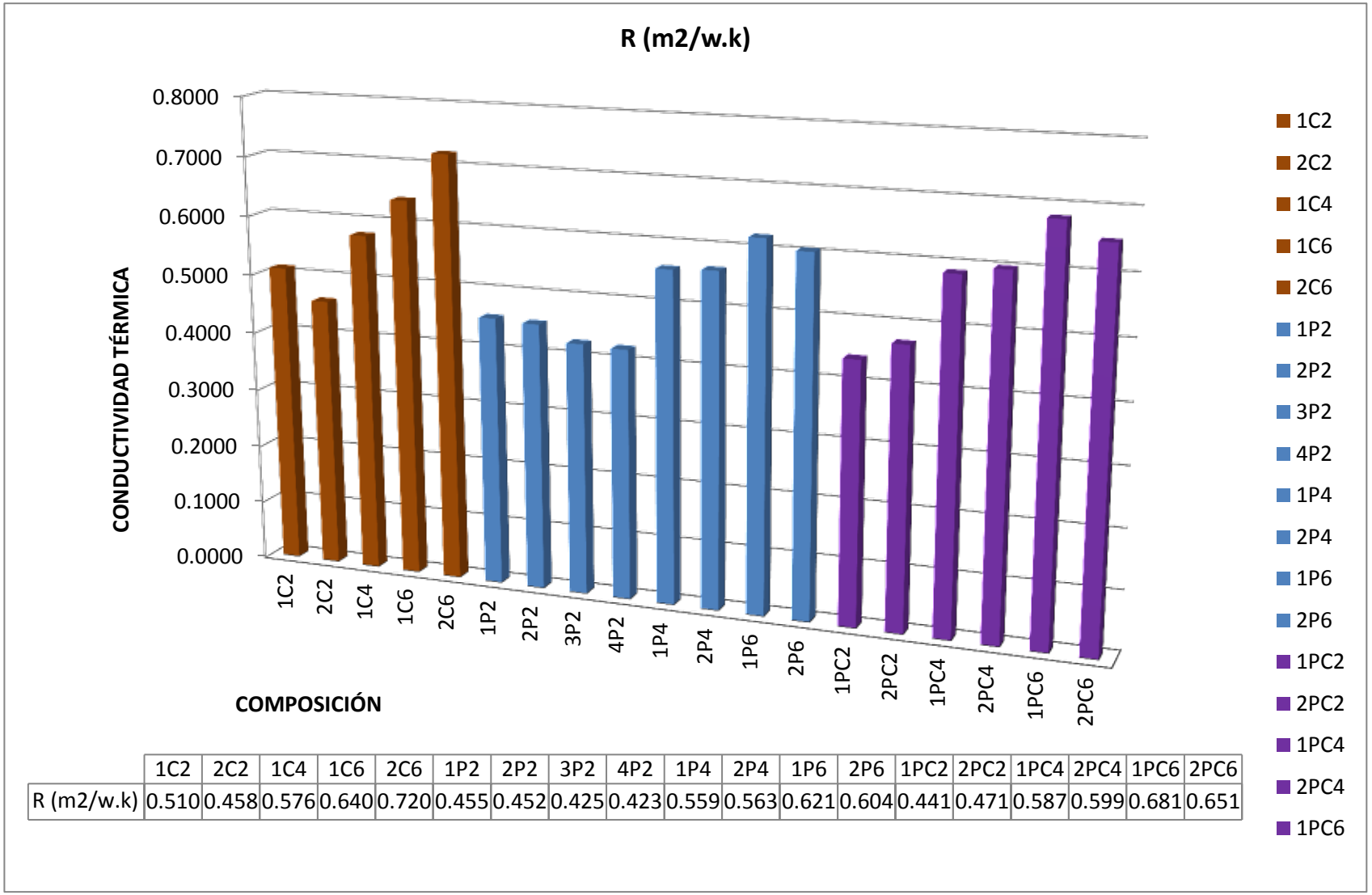
La muestra 2C6 ha demostrado ser la mejor en su categoría ya que contiene 100% cartón, tiene una conductividad baja 0.0843 w/mk, mayor resistencia 0.7208 m2/wk y baja transmitancia 1.4051 w/m2k.





	1C2	2C2	1C4	1C6	2C6	1P2	2P2	3P2	4P2	1P4	2P4	1P6	2P6	1PC2	2PC2	1PC4	2PC4	1PC6	2PC6
λ(W/mk)	0.039	0.044	0.072	0.097	0.084	0.044	0.044	0.047	0.047	0.072	0.071	0.097	0.099	0.046	0.042	0.068	0.067	0.092	0.096

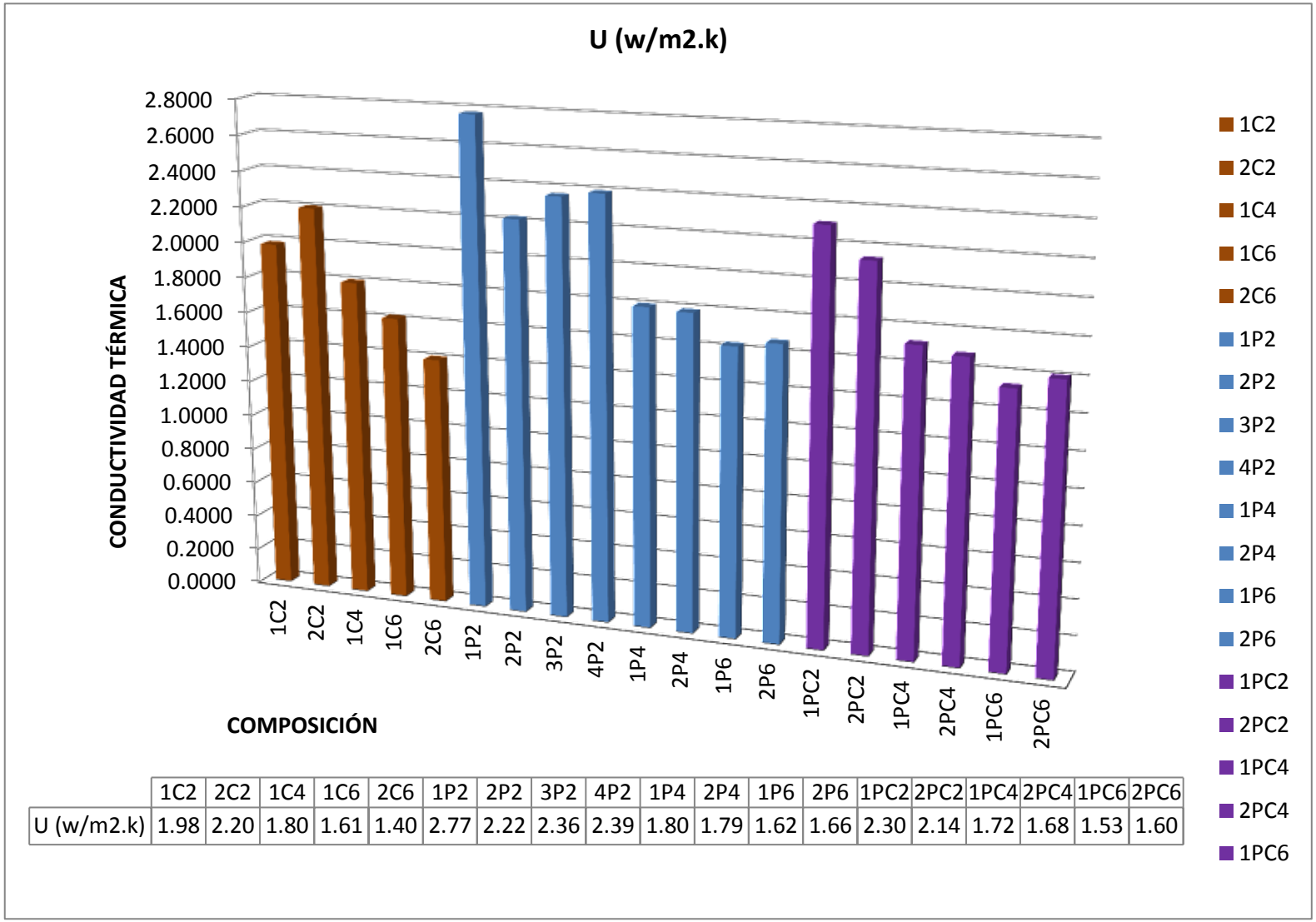
Esquema 4.30. Resultados Conductividad térmica. Elaboración propia.



	1C2	2C2	1C4	1C6	2C6	1P2	2P2	3P2	4P2	1P4	2P4	1P6	2P6	1PC2	2PC2	1PC4	2PC4	1PC6	2PC6
R (m2/w.k)	0.510	0.458	0.576	0.640	0.720	0.455	0.452	0.425	0.423	0.559	0.563	0.621	0.604	0.441	0.471	0.587	0.599	0.681	0.651

Esquema 4.31. Resultados Resistencia térmica. Elaboración propia.

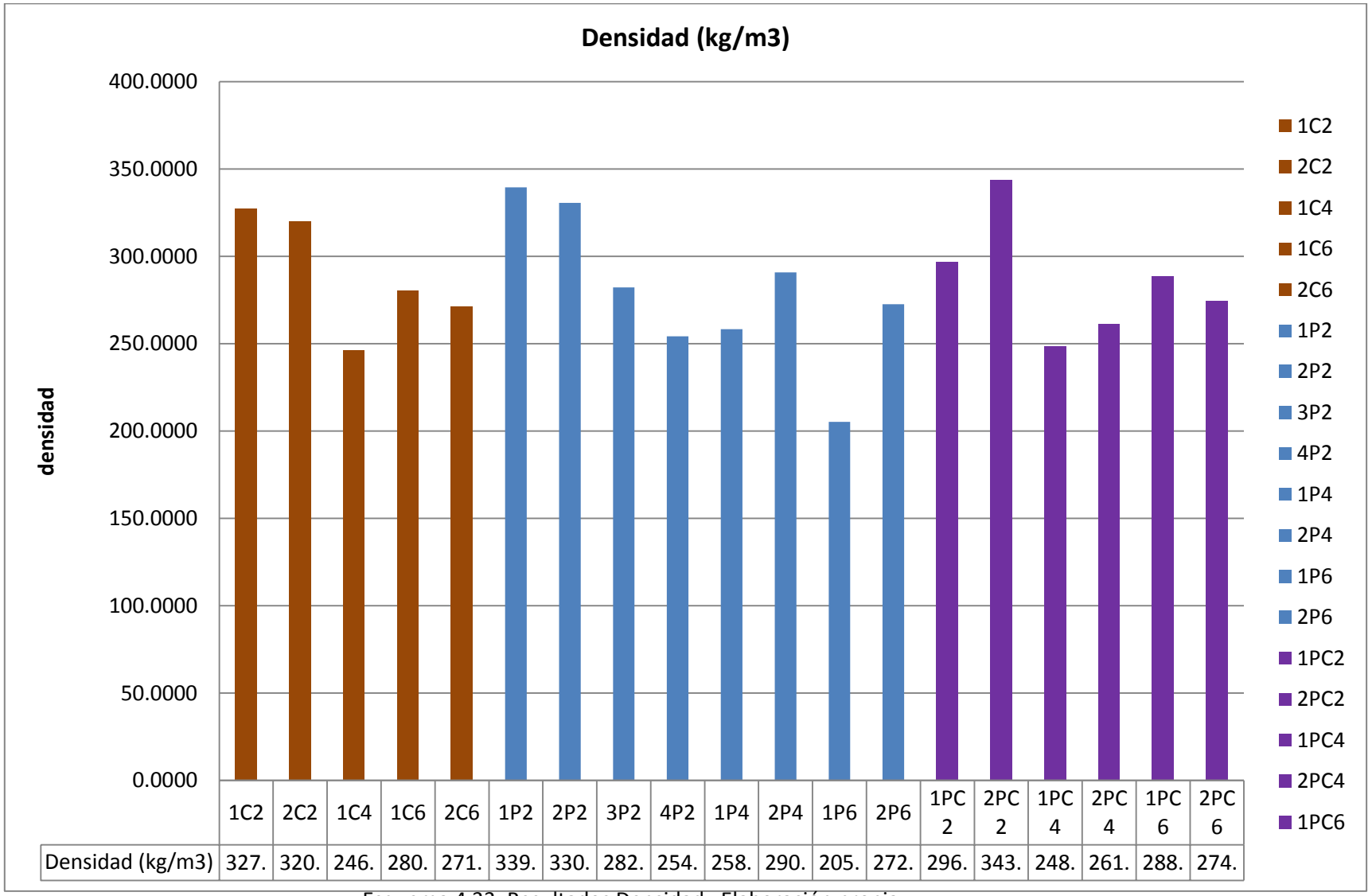




	1C2	2C2	1C4	1C6	2C6	1P2	2P2	3P2	4P2	1P4	2P4	1P6	2P6	1PC2	2PC2	1PC4	2PC4	1PC6	2PC6
U (w/m2.k)	1.98	2.20	1.80	1.61	1.40	2.77	2.22	2.36	2.39	1.80	1.79	1.62	1.66	2.30	2.14	1.72	1.68	1.53	1.60

Esquema 4.32. Resultados Transmitancia térmica. Elaboración propia.





Esquema 4.33. Resultados Densidad . Elaboración propia.



CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

CAPÍTULO 5.- CONCLUSIONES

5.1.CONCLUSIONES

La presente investigación se ha dedicado al estudio de elaboración de paneles aislantes térmicos a base de papel reciclado para muros de viviendas.

En el desarrollo del trabajo de investigación que ha dado lugar a la presente tesis se han alcanzado los objetivos inicialmente planteados en cuanto a:

- Elaborar con las fibras de papel reciclado paneles que se comporten como aislantes térmicos.
- Medir el índice de transmitancia y resistencia térmica de paneles a base de papel reciclado en función al espesor y composición interna para aplicar en muros.
- Determinar la variación de la conductividad térmica por efecto de su composición de material y espesor.

Se verifica la hipótesis de la investigación, que con la elaboración de paneles a base de papel reciclado se obtendrá un material con características físicas propias de un material aislante térmico que podrán ser aplicadas en muros de construcciones arquitectónicas.

La primera parte fue verificada con las mediciones realizadas y los resultados obtenidos. La aplicación en esta etapa no fue realizada, por lo tanto no se puede fundamentar, sin embargo, queda como una propuesta para futuras investigaciones.

Las conclusiones del desarrollo de la investigación son las siguientes:

✓ Los paneles a base de papel reciclado tienen cualidades y propiedades térmicas de un material aislante térmico, dado que se encuentran dentro del parámetro internacional de normas para aislamientos térmicos, de 0.026 (aire) a 0.14 (madera).

✓ El panel elaborado a base de cartón reciclado tiene mejores propiedades térmicas que un panel elaborado a base de papel –cartón, y éste tiene mejores propiedades que un panel elaborado a base de papel.



✓ La cantidad de papel-cartón empleado para la elaboración del panel influye directamente en el peso y volumen de la masa, son más densos los compuestos por 65% de cartón.

✓ El índice de retracción es mayor en paneles a base de papel, que presenta deformaciones particulares en su estado sólido.

✓ El índice de transmitancia varía según el espesor y composición de cada material.

✓ Los paneles de cartón de 6 cm de espesor tienen una baja transmitancia térmica de 1.40 w/m2k, papel 1.66 w/m2k y papel-cartón 1.53 w/m2k. Por lo tanto, a mayor espesor, menor densidad, el índice de transmitancia es menor.

✓ Los aislantes térmicos a base de papel reciclado son factibles desde el punto de vista de la sostenibilidad fuerte, son eficientes energéticamente.

5.2.CONCLUSIONES ADICIONALES COMO EXPERIENCIA PERSONAL

Los resultados obtenidos desde el punto de vista personal, cuando se inicia un trabajo de este tipo sólo se conocen las materias primas por trabajos de otros investigadores, en la práctica se comprueba que trabajar físicamente con éstas cambia la visión, ya que se te presentan diferentes situaciones que deben ser solucionadas al instante.

El uso de técnicas tradicionales en el diseño y fabricación de paneles a base de papel es una práctica que si son estudiados en su real dimensión pueden tener grandes beneficios de industrialización, tomando en cuenta los principios de eficiencia, sostenibilidad fuerte, impactará positivamente al medio ambiente al disminuir la generación de residuos y hacer prácticas de reciclaje.

De esta manera, se aplican los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Arquitectura que se dictan en materias como Medioambiente, Bioclimática, Construcciones.

Existen observaciones que se considera pertinente mencionar, concernientes al desarrollo de la investigación, método de la investigación, elaboración y medición del experimento.



- La pulpa de cartón para la elaboración de paneles aislantes térmicos es menos trabajable, el proceso de saturación dura de 6 a 7 días. Las capas internas del cartón se desintegran en 4 días y las externas en 7 días.
- El papel se desintegra en 3 días, si se le agrega agua caliente en 1 día.
- La saturación de la pulpa de papel y cartón a más de 3 días desprende un olor particular, el cual va perdiendo en su proceso de secado.
- La capacidad de absorción de agua que presenta el papel y cartón no permite que el fraguado del material resultante se lleve a cabo en las mismas condiciones, los paneles de 6 cm de espesor secan en 12 días, de 4 cm a 8 días y 2cm a 5 días, se observaron fenómenos de deformación peculiares del panel de 2cm.
- Las muestras registradas para la obtención de datos deben estar totalmente secas ya que el factor humedad altera los resultados, razón por la cual se usó en cálculo un coeficiente de error de 0.25.
- Por la dureza, resistencia y peso que presentan los paneles a base de papeles es posible la elaboración de paneles con diferentes formas, textura, elaboración de bloques papel, plafones.
- La relación espesor y propiedades térmicas de los materiales varía entre un 0.02 w/mk en cada composición.



5.3. RECOMENDACIONES

Una vez concluida la tesis, se considera oportuno dar recomendaciones sobre el desarrollo de la investigación:

- La recolección de papel debe realizarse con precaución, en especial de cartones y papeles de oficinas ya que estos cuentan con materiales metálicos en sus uniones.
- El papel debe ser picado hasta lograr un tamaño aproximado de 2 x 3 cm aproximadamente, para que el tiempo de saturación sea menos y la desintegración se acelere.
- El cartón debe estar saturado previamente con 3 días de anticipación para que así sea más trabajable, si se le añade agua caliente, el proceso de desintegración se acelera.
- El uso de una batidora para desintegrar de forma rápida la pulpa de papel y cartón.
- Agregar con precaución el ácido bórico, una vez que la pulpa se encuentre con saturación de agua al 50%.
- Ser pacientes con el secado de cada panel para que no se fragmente el panel, con dos días de anticipación dar la vuelta para que sequen ambas caras.
- Trabajar en mejorar el proceso de elaboración y secado con sustancias naturales.
- Elaborar paneles a base de cartón reciclado ya que en materia es más abundante que el papel y no se le da ningún tratamiento
- Los paneles realizados deben ser guardados en un ambiente con temperaturas normales para que no sufran una alteración interna.
- La caja de calor, el conductímetro, debe ser estar previamente aislado en esquinas para evitar pérdidas de calor.
- Realizar mediciones con intervalos de 10 min hasta que alcance una temperatura estable.



5.4. LÍNEAS DE ACCIÓN FUTURAS.

Según se fue desarrollando la investigación surgieron ideas, líneas de acción futuras que se pueden llevar a cabo, ya sea para complementar o innovar con esta base de datos en diferentes áreas. Es interesante investigar sobre otros aspectos relacionados al área de aislantes térmicos, eficiencia energética y se propone:

- Aplicación de aislamientos térmicos a base de papel reciclado en cubiertas de construcciones arquitectónicas.
- Aplicación de aislamientos térmicos a base de papel reciclado en pisos en construcciones arquitectónicas.
- Estudio de la factibilidad, costo beneficio del material basado en la sostenibilidad fuerte.
- Estudio termográfico para la eficiencia energética en la vivienda.
- Materiales alternativos a base de cartón reciclado.
- El papel reciclado, como material alternativo, para aislamientos acústicos en construcciones arquitectónicas.
- Bloques de papel reciclado, un material alternativo.
- Realizar un estudio meteorológico de todos los cambios de temperatura por los que atraviesa la ciudad de Tarija, tomando en cuenta la estación de verano e invierno.
- Estudio de la cantidad de watts m2 día m2 año que genera la incidencia de los rayos del sol en una vivienda.



5.5. ANÁLISIS COMPARATIVO

Propiedades Físicas			Densidad (kg/m3)	Conductividad térmica (w/mk)	
			Max	Min	Max
Materiales inorgánicos	naturales	Perlita expandida	300	0.050	0.065
	sintéticos	Lana de roca	250	0.035	0.050
		Vidrio celular	150	0.040	0.060
Materiales orgánicos	naturales	Corcho	500	0.040	0.055
		PAPEL	343	0.035	0.090
	sintéticos	XPS	45	0.03	0.04

Tabla 4.1. Comparación Conductividad térmica de materiales. Elaboración propia.

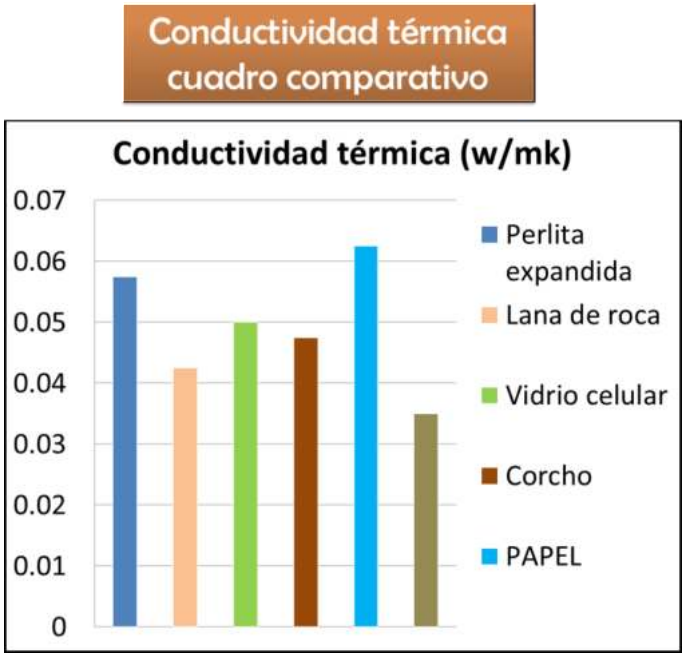


Figura 4.1. Comparación Conductividad térmica de materiales. Elaboración propia.

El gráfico que sigue compara los valores medios de conductividad térmica de cada material.



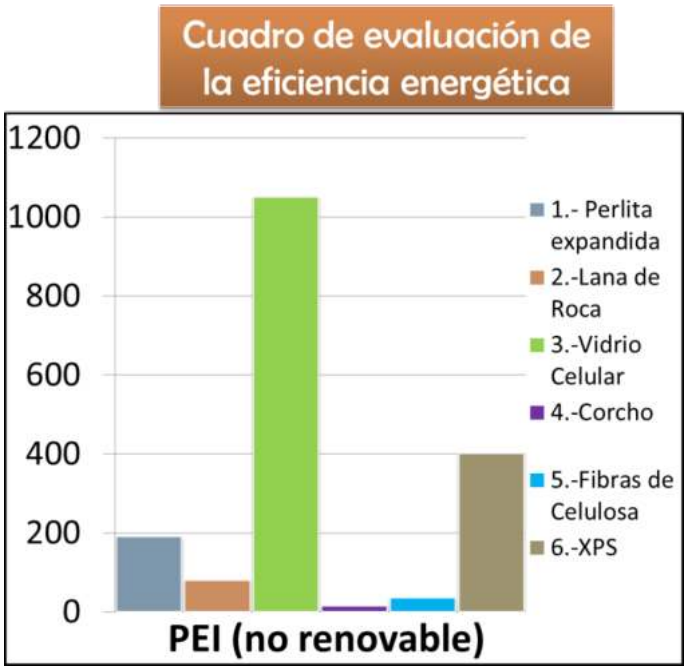


Figura 4.2. Comparación Material no renovable empleado. Elaboración propia.

La eficiencia energética evalúa el grado de aprovechamiento de la energía utilizada por un material durante todo su ciclo de vida. Este análisis se cuantifica a través de dos parámetros:

PEI (Primary energy input): la cantidad de energía utilizada para la producción y uso del material. **GWP (Global Warming Potential):** la cantidad de CO_2 generado.

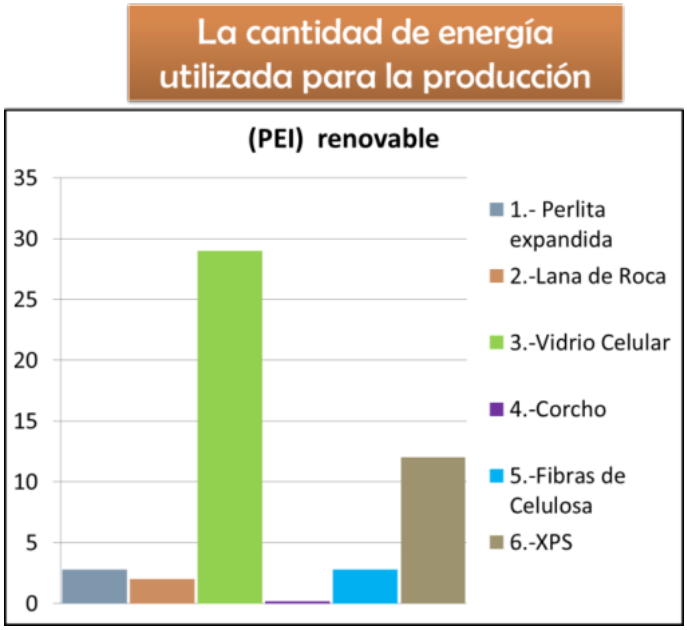


Figura 4.3. Comparación energía utilizada para la producción. Elaboración propia.

De todos los materiales destaca el vidrio celular. Aunque es un material con base de vidrio reciclado es necesario un proceso de fabricación en altos hornos con lo que el consumo de energía es muy alto. Igualmente el XPS es un material con un proceso complejo de manufacturación, así como la perlita expandida. Destaca el corcho como material menos consumidor de energía no renovable, puesto que es el material más "natural" de todos los expuestos



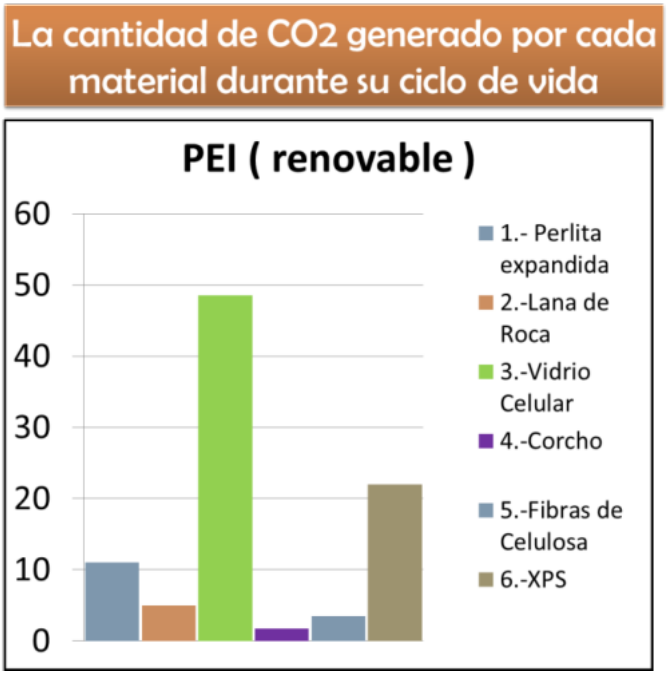


Figura 4.4. Comparación cantidad de co2 generado por cada material durante su ciclo de vida. Elaboración propia.

El material que más gases de efecto invernadero genera es el vidrio celular, seguido por el XPS y la perlita expandida. Por su parte, el corcho y las fibras de celulosa son los que menos CO_2 generan y por tanto los más eficientes.

Según la valoración de la eficiencia técnica, el material más eco-eficiente de son los materiales orgánicos, aunque según el parámetro estudiado la valoración varía entre los de origen natural y los de origen sintético.

.



CAPITULO 6

PRECIOS UNITARIOS

CAPÍTULO 6. PRECIOS UNITARIOS

6.1. Precios unitarios

A continuación indicaremos los costos aproximados para la elaboración de los paneles aislantes térmicos de papel reciclado que se seleccionaron como mejores de todos los tipos estudiados.

Cabe mencionar que la producción de los paneles de papel está dirigida a sistemas de construcción con visión de protección ambiental, eficientes energéticamente, reducción de la emisión de contaminantes, en cuanto a materiales corresponde.

Nº	COMPOSICIÓN PANEL	U (w/m2.k)	COSTO UNITARIO M2
1	1C2	1.984	47.685
2	2C2	2.204	47.655
15	2PC2	2.1407	47.063
10	1P4	1.8017	49.165
16	1PC4	1.7206	49.369
17	2PC4	1.6812	49.421
5	2C6	1.4051	53.631
18	1PC6	1.5381	52.109
19	2PC6	1.608	52.023

En las siguientes páginas se describen las hojas de costos unitarios de cada tipo de panel.



6.2. DESCRIPCIÓN DE HOJAS DE PRECIOS UNITARIOS.-

TABLA Nº1 PRECIO UNITARIO PANEL 1C2

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (1C2)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO PRODUCTIVO**	**COSTO TOTAL**
cartón	kg	6.55	0.2	1.31
ácido bórico	kg	0.02	100	2
			TOTAL MATERIALES	3.31
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO PRODUCTIVO**	**COSTO TOTAL**
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2.5	8.75	21.875
			TOTAL MANO DE OBRA	44.37
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO(con dos (2) decimales) :				47.68



TABLA Nº2 PRECIO UNITARIO PANEL 2C2

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (2C2)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO PRODUCTIVO**	**COSTO TOTAL**
cartón	kg	6.4	0.2	1.28
ácido bórico	kg	0.02	100	2
			TOTAL MATERIALES	3.28
2. **MANO DE OBRA**				
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO PRODUCTIVO**	**COSTO TOTAL**
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2.5	8.75	21.875
			TOTAL MANO DE OBRA	44.4
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO(con dos (2) decimales) :				47.7



TABLA Nº3 PRECIO UNITARIO PANEL 1C4

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (1C4)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
cartón	kg	9.85	0.2	1.97
ácido bórico	kg	0.04	100	4
			TOTAL MATERIALES	5.97
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2.5	8.75	21.875
			TOTAL MANO DE OBRA	44.38
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO(con dos (2) decimales) :				50.35



TABLA Nº4 PRECIO UNITARIO PANEL 1C6

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (1C6)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
cartón	kg	16.82	0.2	3.364
ácido bórico	kg	0.06	100	6
			TOTAL MATERIALES	9.36
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2.5	8.75	21.875
			TOTAL MANO DE OBRA	44.375
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO(con dos (2) decimales) :				53.739



TABLA Nº5 PRECIO UNITARIO PANEL 2C6

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (2C6)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
cartón	kg	16.28	0.2	3.256
ácido bórico	kg	0.06	100	6
TOTAL MATERIALES				9.26
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2.5	8.75	21.875
TOTAL MANO DE OBRA				44.38
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO(con dos (2) decimales) :				53.63



TABLA Nº6 PRECIO UNITARIO PANEL 1P2

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (1P2)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
papel	kg	6.79	0.5	3.395
ácido bórico	kg	0.02	100	2
TOTAL MATERIALES				5.40
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2	8.75	17.5
TOTAL MANO DE OBRA				40.0
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO(con dos (2) decimales) :				45.4

TABLA Nº7 PRECIO UNITARIO PANEL 2P2

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (2P2)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
papel	kg	6.61	0.5	3.305
ácido bórico	kg	0.02	100	2
TOTAL MATERIALES				5.31
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2	8.75	17.5
TOTAL MANO DE OBRA				40.00
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO(con dos (2) decimales) :				45.31



TABLA Nº8 PRECIO UNITARIO PANEL 3P2

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (3P2)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
papel	kg	5.64	0.5	2.82
ácido bórico	kg	0.02	100	2
			TOTAL MATERIALES	4.82
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2	8.75	17.5
			TOTAL MANO DE OBRA	40.00
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO(con dos (2) decimales) :				44.82



TABLA Nº9 PRECIO UNITARIO PANEL 4P2

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (4P2)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
papel	kg	5.08	0.5	2.54
ácido bórico	kg	0.02	100	2
TOTAL MATERIALES				4.54
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2	8.75	17.5
TOTAL MANO DE OBRA				40.00
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO(con dos (2) decimales) :				44.54



TABLA Nº10 PRECIO UNITARIO PANEL 1P4

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (1P4)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
papel	k	10.33	0.5	5.165
ácido bórico	kg	0.04	100	4
TOTAL MATERIALES				9.17
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2	8.75	17.5
TOTAL MANO DE OBRA				40.00
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO(con dos (2) decimales) :				49.17



TABLA Nº11 PRECIO UNITARIO PANEL 2P4

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (2P4)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
papel	kg	11.63	0.5	5.815
ácido bórico	kg	0.04	100	4
TOTAL MATERIALES				9.82
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2	8.75	17.5
TOTAL MANO DE OBRA				40.00
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO(con dos (2) decimales) :				49.82



TABLA Nº12 PRECIO UNITARIO PANEL 1P6

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (1P6)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
papel	kg	12.32	0.5	6.16
ácido bórico	kg	0.06	100	6
			TOTAL MATERIALES	12.16
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2	8.75	17.5
			TOTAL MANO DE OBRA	40.00
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO(con dos (2) decimales) :				52.16



TABLA Nº13 PRECIO UNITARIO PANEL 2P6

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (2P6)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
papel	kg	16.36	0.5	8.18
ácido bórico	kg	0.06	100	6
TOTAL MATERIALES				14.18
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2	8.75	17.5
TOTAL MANO DE OBRA				40.00
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO(con dos (2) decimales) :				54.18



TABLA Nº14 PRECIO UNITARIO PANEL 1PC2

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (1PC2)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
papel	kg	3	0.5	1.5
cartón	kg	2.93	0.2	0.586
acido borico	kg	0.02	100	2
TOTAL MATERIALES				2.59
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2.5	8.75	21.875
TOTAL MANO DE OBRA				44.38
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO(con dos (2) decimales) :				46.96



TABLA Nº15 PRECIO UNITARIO PANEL 2PC2

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (2PC2)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
papel	kg	3	0.5	1.5
cartón	kg	3.44	0.2	0.688
acido borico	kg	0.02	100	2
TOTAL MATERIALES				2.69
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2.5	8.75	21.875
TOTAL MANO DE OBRA				44.38
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO (con dos (2) decimales) :				47.06



TABLA Nº16 PRECIO UNITARIO PANEL 1PC4

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (1PC4)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
papel	kg	4	0.5	2
cartón	kg	4.97	0.2	0.994
acido borico	kg	0.04	100	4
TOTAL MATERIALES				4.99
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2.5	8.75	21.875
TOTAL MANO DE OBRA				44.38
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO (con dos (2) decimales) :				49.37



TABLA Nº17 PRECIO UNITARIO PANEL 2PC4

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (2PC4)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
papel	kg	5	0.5	2.5
cartón	kg	5.23	0.2	1.046
acido borico	kg	0.04	100	4
TOTAL MATERIALES				5.05
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2.5	8.75	21.875
TOTAL MANO DE OBRA				44.38
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO (con dos (2) decimales) :				49.42



TABLA Nº18 PRECIO UNITARIO PANEL 1PC6

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (1PC6)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
papel	kg	8	0.5	4
cartón	kg	8.67	0.2	1.734
acido borico	kg	0.06	100	6
			TOTAL MATERIALES	7.73
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2.5	8.75	21.875
			TOTAL MANO DE OBRA	44.38
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO (con dos (2) decimales) :				52.11



TABLA Nº19 PRECIO UNITARIO PANEL 2PC6

DATOS GENERALES				
PROYECTO:	¨ EL PAPEL RECICLADO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN MUROS DE VIVIENDAS.			
ACTIVIDAD:	PANEL AISLANTE TÉRMICO (2PC6)			
CANTIDAD:				
UNIDAD:	M2			
MONEDA:	BOLIVIANOS			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
papel	kg	8	0.5	4
cartón	kg	8.24	0.2	1.648
acido borico	kg	0.06	100	6
			TOTAL MATERIALES	7.65
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
albañil	h	1.5	15	22.5
ayudante	h	2.5	8.75	21.875
			TOTAL MANO DE OBRA	44.38
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO (con dos (2) decimales) :				52.02



CAPITULO 7
APLICACIÓN EN MUROS

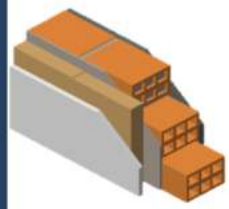
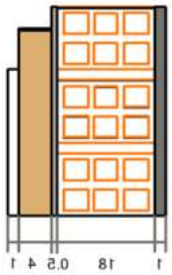
CAPITULO 7.- APLICACIÓN EN MUROS

7.1. Cálculo de la transmitancia.

El cálculo siguiente se realizó tomando en cuenta datos generales de conductividad de los materiales componentes, simplemente se verificó la importancia del panel en un muro y si es aplicable como cualquier aislamiento térmico.

LADRILLO

CÁLCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA

Muro	Interno	Componente	Espesor (m)	λ(w/mk)	R (m2/w.K)	Sin panel
		resistencia superficial interior Rsi			0.13	0.13
		Yeso	0.015	0.14	0.107	0.107
		Panel de papel	0.04	0.0473	0.846	
		revoque cementicio	0.005	0.49	0.010	0.010
		ladrillo de 6h	0.18	0.8	0.225	0.225
		revoque cementicio	0.01	0.93	0.011	0.011
		resistencia superficial exterior Rse			0.04	0.04
		total espesor	0.25			
		resistencia termica total			1.369	0.523
		transmitancia termica del componente U (w/m2k)= 1/R			0.731	1.912
		transmitancia termicamaxima admisible según IRAM 11605 Nivel B			0.930	0.930
		CUMPLE CON NORMA si/no			SI	NO

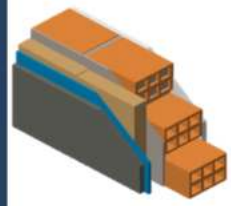
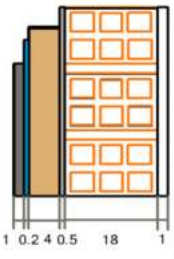
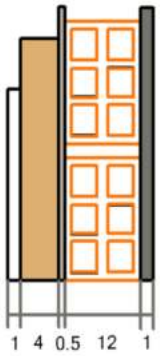
Muro	Interno	Componente	Espesor (m)	λ(w/mk)	R (m2/w.K)	Sin panel
		resistencia superficial exterior Rse			0.04	0.040
		Yeso	0.015	0.14	0.107	0.011
		ladrillo de 6h	0.18	0.8	0.225	0.225
		revoque cementicio	0.005	0.49	0.010	0.010
		Panel de papel	0.04	0.0473	0.846	
		pantalla	0.002			
		revoque cementicio	0.01	0.93	0.04	0.040
		resistencia superficial interior Rsi			0.13	0.130
		total espesor	0.252			
		resistencia termica total			1.398	0.456
		transmitancia termica del componente U (w/m2k)= 1/R			0.715	2.193
		transmitancia termica maxima admisible según IRAM 11605 Nivel B			0.930	0.930
		CUMPLE CON NORMA si/no			SI	NO

Tabla.5.1. Cálculo de transmitancia en muros. Elaboración propia.



LADRILLO

CÁLCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA

Muro	Interno	Componente	Espesor (m)	λ(w/mk)	R (m2/w.K)	Sin panel
		resistencia superficial interior Rsi			0.13	0.13
		Yeso	0.015	0.14	0.107	0.107
		Panel de papel	0.04	0.0473	0.846	
		revoque cementicio	0.005	0.49	0.010	0.010
		ladrillo de 6h	0.12	0.8	0.150	0.225
		revoque cementicio	0.01	0.93	0.011	0.011
		resistencia superficial exterior Rse			0.04	0.04
		total espesor	0.19			
		resistencia termica total			1.294	0.523
		transmitancia termica del componente U (w/m2k)= 1/R			0.773	1.912
		transmitancia termicamaxima admisible según IRAM 11605 Nivel B			0.930	0.930
		CUMPLE CON NORMA si/no			SI	NO

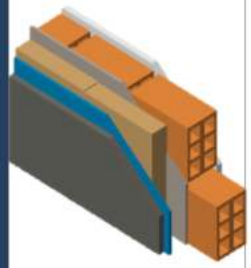
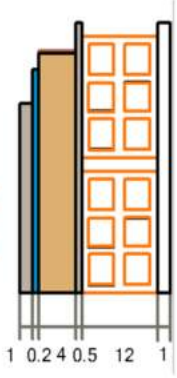
Muro	Interno	Componente	Espesor (m)	λ(w/mk)	R (m2/w.K)	Sin panel
		resistencia superficial exterior Rse			0.04	0.040
		Yeso	0.015	0.14	0.107	0.011
		ladrillo de 6h	0.18	0.8	0.225	0.225
		revoque cementicio	0.005	0.49	0.010	0.010
		Panel de papel	0.04	0.0473	0.846	
		pantalla	0.002			
		revoque cementicio	0.01	0.93	0.04	0.040
		resistencia superficial interior Rsi			0.13	0.130
		total espesor	0.252			
		resistencia termica total			1.398	0.456
		transmitancia termica del componente U (w/m2k)= 1/R			0.715	2.193
		transmitancia termica maxima admisible según IRAM 11605 Nivel B			0.930	0.930
		CUMPLE CON NORMA si/no			SI	NO

Tabla.5.2. Cálculo de transmitancia en muros. Elaboración propia.

