



-

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

OPCIONES DE TÍTULOS:

**IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE MATERIALES Y EQUIPOS AMBIENTALMENTE
EFICIENTES PARA EDIFICIOS DE OFICINAS EN EL VALLE DE SULA, HONDURAS.**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN ENERGÍA

PRESENTADO POR:

11451065

MARTÍN GABRIEL MAYORQUÍN DERAS

ASESOR: PHD. HÉCTOR VILLATORO

CAMPUS SAN PEDRO SULA; OCTUBRE, 2020

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios que me ha dado la oportunidad de realizar este proyecto y de culminar mis estudios universitarios con éxito. A mi padre, madre y hermano que me apoyaron de todo corazón en todo momento, muchos de mis logros fueron realizados gracias a ellos, cada día me daban ánimos para seguir adelante.

Al Ing. Héctor Villatoro, por su ayuda y tiempo que me brindó para desarrollar esta investigación.

Al Ing. Melbin Ávila de la empresa ICCE por su disposición al compartirme sus conocimientos y enseñanzas para realizar esta investigación.

Al Ing. Cristian Guity de la empresa ICCE por compartirme sus conocimientos y ayuda para realizar esta investigación.

Al Ing. Edwin Tejada de la empresa PRODEX y al Ing. Erick Zummar de la empresa Distribuciones Multinacionales DM por compartirme tiempo e información técnica para la realización de esta investigación.

Al arquitecto Renan Ávila, un amigo del colegio que aprecio mucho, me apoyó y me brindó sus conocimientos para los diseños de mi investigación.

Al arquitecto Luis Rivera por su valioso aporte al suministrarme el diseño típico de un edificio para oficinas.

RESUMEN

El alto promedio de la temperatura ambiente que ocurre en el Valle de Sula requiere que los edificios para oficinas mantengan ambientes climatizados adecuados lo cual implica que el consumo de energía eléctrica de los aires acondicionados sea elevado. Se requiere implementar medidas que permitan mayor eficiencia en los principales elementos de dichos edificios y lograr reducir el consumo de energía eléctrica. Para lograr una reducción en el consumo de energía de los aires acondicionados se requiere una carga térmica baja en las oficinas de los edificios. En esta investigación se hace un análisis comparativo de cargas térmicas y ahorro energético entre un edificio construido con materiales tradicionales y un edificio construido con materiales alternativos en el Valle de Sula. Esta investigación demostrará, que los materiales alternativos con una adecuada resistencia térmica reducirían las cargas térmicas en las oficinas y el consumo de energía eléctrica por parte de los aires acondicionados, lo cual tendríamos un ahorro energético. Para realizar esta investigación se usa un software que calcule las cargas térmicas de ambos tipos de edificios dependiendo del material usado para su construcción. Los resultados demostraron que la implementación de materiales alternativos reduciría la carga térmica del edificio. En el análisis de costo se compararon los precios de los materiales y se verificó que existe un ahorro al invertir en materiales alternativos. Los resultados demuestran una reducción de cargas térmicas en un edificio construido con materiales alternativos lo cual implicaría que usaría aires acondicionados de 12,000 y 18,000 BTU. Se pudo verificar que al invertir en materiales alternativos se lograría un ahorro energético y se recuperaría la inversión de los materiales alternativos. Esta investigación pretende ser una referencia para dar a conocer el beneficio térmico y energético que se puede tener al implementar materiales con una adecuada resistencia térmica.

Palabras clave: materiales alternativos, resistencia térmica, cargas térmicas, aires acondicionados, ahorro energético.

ABSTRACT

The high average environmental temperature that occurs in "*El Valle de Sula*" requires office buildings to maintain adequate climate-controlled environments, which implies that the electrical energy consumption of air conditioners is high. It is necessary to implement measures that allow greater efficiency in the main elements of these buildings and achieve a reduction in electrical energy consumption. To achieve a reduction in the energy consumption of air conditioners, a low thermal load is required in building offices. This research makes a comparative analysis of thermal loads and energy savings between a building constructed with traditional materials and a building constructed with alternative materials in "*El Valle de Sula*". This research will show that alternative materials with adequate thermal resistance will reduce thermal loads in offices and the consumption of electrical energy by air conditioners, which will result in energy savings. To carry out this research, a software is used to calculate the thermal loads of both types of buildings depending on the material used for their construction. The results showed that the implementation of alternative materials would reduce the thermal load of the building. The cost analysis compared prices of the materials and verified that there are savings when investing in alternative materials. The results show a reduction of thermal loads in a building built with alternative materials which would imply that it would use 12,000 and 18,000 BTU air conditioners. It was possible to verify that by investing in alternative materials, energy savings would be achieved and the investment in alternative materials would be recovered. This research aims to be a reference to publicize the thermal and energy benefit that can be had by implementing materials with adequate thermal resistance.

Keywords: alternative materials, thermal resistance, thermal loads, air conditioning, energy saving.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción.....	1
II.	Planteamiento del Problema.....	3
2.1.	Precedentes del Problema.....	3
2.2.	Definición del Problema.....	4
2.3.	Justificación.....	4
2.4.	Preguntas de Investigación.....	4
2.5.	Objetivos.....	5
2.5.1.	Objetivo General.....	5
2.5.2.	Objetivos Específicos.....	5
III.	Marco Teórico.....	6
3.1.1.	Eficiencia energética.....	6
3.1.2.	Definición de un edificio.....	7
3.1.3.	Resistencia térmica de los materiales en edificación.....	8
3.1.4.	Resistencia térmica total de una edificación.....	8
3.1.5.	Resistencia térmica total de un elemento de edificación constituido por capas homogéneas y heterogéneas.....	10
3.1.6.	Aislamiento térmico.....	12
3.1.7.	Edificios de oficina.....	17
IV.	Metodología.....	18
4.1.	Enfoque.....	18
4.2.	Variables.....	18
4.2.1.	Variables independientes.....	18

4.2.2.	Variables dependientes.....	19
4.3.	Técnicas e instrumentos aplicados.....	19
4.3.1.	Técnicas.....	19
4.3.2.	Instrumentos	20
4.3.3.	Obtención y análisis de datos.....	20
4.3.4.	Software Trace 700.....	21
4.3.5.	Análisis de costo	21
4.4.	Metodología de estudio.....	22
4.4.1.	Parámetros de diseño.....	23
4.4.2.	Normativas ASHRAE.....	27
4.4.3.	Cálculo de materiales.....	30
4.4.4.	Simulación en software Trace 700.....	41
4.5.	Cronograma de Actividades	43
V.	Resultados y Análisis.....	44
5.1.	Carga térmica en las oficinas del edificio tradicional y el edificio alternativo.....	44
5.2.	Selección de aires acondicionados	45
5.2.1.	Análisis de costo de materiales.....	47
5.2.2.	Análisis del ahorro energético.....	51
VI.	Conclusiones	53
VII.	Recomendaciones.....	55
VIII.	Evolución de trabajo actual.....	56
IX.	Bibliografía.....	57
X.	Anexos.....	60

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior.	9
Ilustración 2- Flujo de calor.....	11
Ilustración 3- Colocación de aislante térmico en un cerramiento vertical.....	13
Ilustración 4- Aislamiento térmico intermedio entre dos hojas.....	14
Ilustración 5-Aislamiento térmico exterior.....	15
Ilustración 6- Aislamiento bajo la impermeabilización de una cubierta plana.....	16
Ilustración 7- Aislamiento térmico en cubierta inclinada sobre soporte horizontal.	16
Ilustración 8-Metodología de estudio.	22
Ilustración 9 Planta arquitectónica 1 Nivel.....	23
Ilustración 10 Planta arquitectónica 2 y 3 Nivel.	24
Ilustración 11 Planta de techo.....	25
Ilustración 12 Edificio para oficina en 3D.....	26
Ilustración 13 Ubicación por zonas climáticas.	27
Ilustración 14 Configuración de materiales para techo del edificio tradicional.....	32
Ilustración 15 Configuración de materiales para techo del edificio alternativo.....	34
Ilustración 16 Configuración de materiales para pared del edificio tradicional.....	36
Ilustración 17 Configuración de materiales para pared del edificio alternativo.	38
Ilustración 19 Vidrio de una lámina para puertas y ventanas del edificio tradicional.	39
Ilustración 20 Vidrio de doble lámina para puertas y ventanas del edificio alternativo.	40
Ilustración 21 Cargas térmicas de oficinas.	44

Ilustración 22 Consumo de energía eléctrica al mes..... 52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requisitos de la envolvente del edificio para zonas climáticas 0 y 1 (A y B).....	28
Tabla 2 Requisitos de vidrio del edificio para las zonas climáticas 0 y 1 (A y B).....	29
Tabla 3 Cálculo de materiales tradicionales para techo.....	31
Tabla 4 Cálculo de materiales alternativos para techo.....	33
Tabla 5 Cálculo de materiales tradicionales para pared.....	35
Tabla 6 Cálculo de materiales alternativos para pared.....	37
Tabla 7 Cálculo de materiales tradicionales para puertas y ventanas.....	39
Tabla 8 Cálculo de materiales alternativos para puertas y ventanas.....	40
Tabla 9 Cronograma de Actividades.....	43
Tabla 10 Selección de aires acondicionados para el edificio tradicional.....	45
Tabla 11 Selección de aires acondicionados para el edificio alternativo.....	46
Tabla 12 Precio de materiales para techo.....	47
Tabla 13 Precio de materiales para paredes.....	48
Tabla 14 Precio de materiales para puertas y ventanas.....	48
Tabla 15 Análisis de costos de materiales y equipos para el edificio tradicional.....	49
Tabla 16 Análisis de costos de materiales y equipos para el edificio alternativo.....	50
Tabla 17 Consumo de energía eléctrica al mes.....	51
Tabla 18 Costo de energía eléctrica anual.....	52

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1 Resultados de cargas térmicas en el edificio alternativo.	60
Anexo 2 Resultados de cargas térmicas en el edificio tradicional.....	61
Anexo 3 Especificaciones técnicas lámina de vidrio.	62
Anexo 4 Especificaciones técnicas doble lámina de vidrio.....	63
Anexo 5 Aislantes térmicos R8 y R19.	64

LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

ASHRAE: *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.*

kWh: Kilovatio-hora.

ENEE: Empresa Nacional de Energía Eléctrica.

A/C: *Air Conditioned* (Aire acondicionado).

BTU: *British Thermal Unit* (Unidad Británica de calor).

Valor-R: Capacidad de aislamiento térmico de una capa de material.

Carga térmica: Cantidad de calor que debe ser extraída del área por climatizar.

Transmitancia térmica: Tasa de transferencia de calor a través de un material.

Resistencia térmica: Capacidad de un material para oponerse a un flujo de calor.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las mayores preocupaciones y problemas que enfrenta la humanidad es el acceso a la energía en sus diferentes formas con mecanismo para impulsar el desarrollo de las sociedades; Honduras, y particularmente el Valle de Sula, no es la excepción. El ahorro energético se vuelve un factor muy importante tanto para contribuir, en forma general, a la disponibilidad de energía eléctrica como para disminuir, en forma particular, el gasto en el consumo de dicha energía a nivel residencial, comercial e industrial.

Con el propósito de evaluar la magnitud del ahorro energético en el ámbito comercial el presente trabajo estimará cuantitativamente la incidencia de implementar parámetros y criterios de diseño en un edificio para uso de oficinas del tipo comúnmente utilizado en el Valle de Sula.

Se hará una relación entre una configuración de edificio tradicional y una configuración de un edificio que se podrá construir utilizando materiales alternativos con una buena resistencia térmica; así mismo de los resultados obtenidos se realizará un análisis de costo para evaluar la viabilidad de su implementación.

Algunos trabajos similares a este son los siguientes. El Proyecto HOLISTEEC es una plataforma colaborativa en la nube basada en BIM (Building Information Modeling) se diseñan y simulan edificios energéticamente eficientes realizando análisis térmicos, energéticos y ciclos de vida. Como resultado el proyecto HOLISTEEC fue implementado en varias empresas y centros de investigación en Europa.(Asier Mediavilla, 2015). Por otro lado, Ernesto Kuchen realizó un estudio detectando los aspectos más importantes de la eficiencia energética y el confort en espacios de trabajo en los edificios de oficina en Alemania, por medio de encuestas y mediciones. Se concluyó que en la etapa de diseño es fundamental la implementación de tecnologías renovables, fachadas innovadoras y estimar la cantidad de usuarios. (Ernesto Kuchen, 2012). En Chile, Juan Baixas realizó un análisis sobre el envoltorio de los edificios, demostrando que es un elemento importante que permite regular el nivel de carga térmica en distintas zonas del edificio. (Baixas, 2012). En España se realizó una propuesta de mejoras para la eficiencia energética en edificios construidos en 1953 tomando en cuenta las directivas europeas. Como resultado se propusieron medidas activas para

mejorar el rendimiento de las instalaciones por lo tanto se implementaron fuentes de generación de energía renovables, sustitución de luminarias y dispositivos de regulación. (F. Martín-Consuegra, 2014). En Barcelona, España, por medio de la herramienta de cálculo utilizando Macros del programa Microsoft Excel, se realizó una estimación de las cargas térmicas en un edificio para oficinas en dos escenarios. El primer escenario tendrá oficinas separadas entre muros internos, el segundo escenario las oficinas no estarán separadas por muros internos. Como resultado el nivel de carga térmica en el primer escenario fue menor al segundo escenario concluyendo que el control de la temperatura es más fácil de regular cuanto menor sea el espacio que se desea climatizar. (Medrano)

Para lograr el propósito del trabajo de investigación se plantearon una serie de objetivos relacionado con las condiciones de diseño en edificios a través de entrevistas con arquitectos e ingenieros, identificación de los materiales tradicionales y alternativos que se pueden utilizar en un edificio de oficina disponibles en el mercado local, comparación y análisis de los resultados del ahorro energético y el aislamiento térmico, cálculo de los costos del consumo de energía eléctrica, materiales y equipos para ambos escenarios edificio tradicional y edificio alternativo. Estos objetivos se fundamentan en obtener los escenarios y datos apropiados para poder realizar la evaluación cuantitativa de los resultados del ahorro energético y su viabilidad.

Este informe estará compuesto por ocho secciones, que son las siguientes: Planteamiento del problema, en esta sección se encontrara los precedentes, definición y justificación del problema planteado, siguiendo con las preguntas y objetivos para este trabajo investigativo. El Marco Teórico, en esta sección se presentará todos los aspectos y fundamentos teóricos que apoyaran y sustentaran la información necesaria para este trabajo. La metodología de investigación, sección donde se mostrará el enfoque investigativo, variables independientes y dependientes, técnicas e instrumentos aplicados. Resultados y Análisis, en esta sección se presentarán los hallazgos de la investigación junto a las limitaciones, y se interpretarán. Al final de este trabajo se encontrará las Recomendaciones que estas irán ligadas a las conclusiones y la evolución de trabajo actual/ trabajo futuro en donde se mostrara lo que podría ser una evolución o segunda etapa de esta investigación.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. PRECEDENTES DEL PROBLEMA

A medida que va avanzando el tiempo, la población en el mundo va creciendo, nuevas tecnologías van surgiendo y su utilización aumenta, haciendo que el consumo de energía eléctrica aumente también. El consumo eléctrico mundial entre los años 2000 y 2018 aumentó un 3% anualmente; sin embargo, se observó un incremento mucho menor de 0.7% en el año 2019 debido a la baja temperatura en países grandes y a la desaceleración económica mundial. A manera de ejemplo de lo que acontece en nuestro planeta, China, el país más poblado y uno de los que tiene mayor área territorial en el mundo, concentra el 28% del consumo eléctrico mundial y creció un 10% anualmente durante los años 2000 a 2018. (Enerdata, 2020)

Schneider Electric, compañía europea operadora eléctrica maneja el 72% del mercado mundial, realizó un estudio indicando que los edificios consumen el 42% de la electricidad en el mundo, dato que nos orienta a pensar que es muy importante que se implementen tecnologías para disminuir dicho consumo en edificios, como apoyo para minimizar el efecto del cambio climático. (Revistaei, 2011)

Nuestra región no es ajena a lo que sucede a nivel mundial en la necesidad de volver más eficiente el uso de la energía eléctrica, particularmente en el Valle de Sula hemos observado frecuentes interrupciones en el servicio eléctrico. Para este año 2020 se identificó que “los municipios que se localizan en el área del valle de Sula están a las puertas de sufrir severos racionamientos, especialmente en la horas de mayor consumo de electricidad, ente los meses de marzo y junio del presente año” (Prensa, 2020) a consecuencia de “los graves efectos de la sequía, el bajo caudal de las fuentes hidrológicas que alimentan la represa Francisco Morazán, el mal estado y la reducida capacidad de las líneas de transmisión y particularmente la falta de planificación e inversión de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE)”. (Prensa, 2020) El planteamiento anterior obliga a pensar que en materia de energía el desarrollo tecnológico, utilización de materiales para aislamiento térmico y la optimización de diseños que permitan el ahorro energético, no solamente disminuirá el pago de la factura, sino que la energía disponible, aunque sea limitada, tendrá mejor eficiencia en su utilización.

2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El alto promedio de la temperatura ambiente que ocurre en el Valle de Sula requiere que los edificios, particularmente para uso de oficina, mantengan ambientes climatizados adecuados, lo cual afecta en el consumo de la energía eléctrica.

2.3. JUSTIFICACIÓN

Implementar mecanismos en el diseño de edificios para oficina que conlleven la disminución del consumo de energía eléctrica y, consecuentemente su factura, es muy importante para el desarrollo del Valle de Sula, puesto que el caluroso y húmedo clima requiere que los ambientes de trabajo sean climatizados, siendo de gran utilidad que el costo de dicha climatización sea económicamente viable para minimizar los costos operativos de las empresas ya que en el Valle de Sula se genera más del 55% del producto interno bruto del país. (Cideu, 2008)

Adicionalmente una ciudad o región que cuenta con edificios climatizados, que operen con costos apropiados en el consumo de energía, atrae la inversión interna y externa, principalmente en el área de servicios, que es uno de los potenciales económicos que se han desarrollado en la región tal es el caso de la ciudad de San Pedro Sula. (Redhonduras, n.d.)

2.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son las condiciones y/o criterios de diseño de edificios orientados al control térmico y energético?
2. ¿Qué materiales y equipos utilizados para el control térmico utilizados en edificios para oficina se pueden adquirir en el mercado local y/o importados de forma accesible?
3. ¿Cuáles son los equipos de climatización adecuados para un edificio construido con materiales tradicionales y un edificio construido con materiales alternativos disponibles en el mercado local?

4. ¿Qué softwares se pueden utilizar para el análisis energético-térmico en edificios?
5. ¿Cuál es el costo y especificación de los materiales de construcción y equipos utilizados para control térmico distribuidos en el mercado local?

2.5. OBJETIVOS

2.5.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar los materiales y equipos eficientes utilizables en los edificios diseñados para uso de oficinas en el Valle de Sula, que permitan minimizar el alto consumo de energía eléctrica, manteniendo ambientes climatizados adecuados.

2.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar las condiciones de diseño en edificios para uso de oficinas en el Valle de Sula a través de entrevistas con arquitectos e ingenieros.
2. Identificar los materiales tradicionales y alternativos en un edificio de oficina disponibles en el mercado local.
3. Identificar los equipos de climatización adecuados para un edificio construido con materiales tradicionales y un edificio construido con materiales alternativos disponibles en el mercado local.
4. Comparar y analizar los resultados del ahorro energético y el aislamiento térmico para un edificio tradicional y un edificio alternativo.
5. Calcular los costos del consumo de energía eléctrica, materiales y equipos conforme los resultados para ambos tipos de edificio.

III. MARCO TEÓRICO

Una vez planteado el problema de estudio, en esta sección se expondrá y analizará las conceptualizaciones y teorías, involucradas en la eficiencia energética en edificaciones. Esto con el fin de que se conozcan todos los procesos y soluciones que se pueden obtener para que un edificio sea energéticamente eficiente.

3.1.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética se define como todos aquellos cambios que tienen como objetivo el aprovechamiento óptimo en el consumo de energía. Dicho lo anterior sin afectar el confort o la calidad de vida, sino obteniendo los mismos o mejores bienes y servicios al realizar las mismas actividades. La reducción del consumo de energía se debe o se atribuye a cambios y/o mejoras, principalmente, en la gestión, tecnología, organización, operación y mantenimiento. (Mosquera, 2015)

Según la Comisión Europea, "los edificios son responsables del 40% del consumo energético en la Unión Europea (UE) y del 36% de las emisiones de gases de efecto invernadero, generadas principalmente durante su construcción, utilización, renovación y demolición". (ec.europa.eu, 2020)

Nuevas normas relacionadas con la eficiencia energética en los edificios están siendo aprobadas, haciendo que el sector de la edificación tenga más relevancia en cuanto al consumo energético, como la Iluminación, el aislamiento térmico, la calefacción, la climatización y la certificación energética de los edificios. (Pérez, 2013)

3.1.2. DEFINICIÓN DE UN EDIFICIO

Los edificios son construcciones creadas y realizadas por el hombre con el fin de albergar personas y elementos que permiten la convivencia para diferentes tipos de actividades. Estas estructuras están cerradas en toda su superficie exterior, la cual se constituyen de muros, techo y suelo o piso, simulando en su interior un ambiente parecido a un microclima. (Pérez, 2013)

La estructura de un edificio se puede clasificar dependiendo del material con el que fueron contruidos, siendo las más relevantes:

1. Estructuras de hormigón y mampostería. El hormigón es un material fabricado con agregados pétreos y cemento, de resistencia igual o mayor al ladrillo, construyéndose con él estructuras muy seguras y duraderas. No obstante, el tipo de mampostería utilizada en la construcción de las paredes de un edificio es de mucha importancia puesto que, por ejemplo: el ladrillo de arcilla, es un buen aislante térmico.
2. Estructuras de acero. El acero es un material que posee una gran resistencia y ductilidad, siendo muy utilizado para crear estructurar metálicas variadas en la construcción de edificios.
3. Estructuras de madera. El uso de la madera en edificaciones de pocos niveles está orientado para construir entresijos, techos, paredes, puertas, ventanas y pisos. La madera presenta varias ventajas como la estética, calidad y comportamiento térmico. Su grado de conductividad térmica hace que la madera se comporte como un aislante térmico.

3.1.3. RESISTENCIA TÉRMICA DE LOS MATERIALES EN EDIFICACIÓN

Los diferentes elementos que hacen parte de los edificios tienen una gran influencia en el comportamiento energético. Esto es debido a que no todos los materiales se comportan de la misma manera frente a diferentes condiciones ambientales.

La resistencia térmica de un material es la capacidad que tiene de oponerse al flujo de calor. En materiales homogéneos, la resistencia térmica se determina dividiendo su grosor entre su conductividad térmica. En materiales no homogéneos, la resistencia térmica es el inverso de la conductancia térmica, siendo similar a la conductividad térmica pero referida a materiales no homogéneos. (Pérez, 2013)

La conductividad térmica y conductancia térmica es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad que tiene para conducir calor.

3.1.4. RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL DE UNA EDIFICACIÓN

La resistencia térmica total de una edificación se obtiene sumando todas las resistencias térmicas de cada uno de los materiales que constituyen su estructura.

La resistencia térmica total R_t de un componente constituido por capas térmicas homogéneas se estima mediante la siguiente expresión:

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Ecuación 1- Cálculo de la resistencia térmica de una edificación.

Fuente: (Pérez, 2013)

Siendo:

- $R_1, R_2 \dots R_n$ las resistencias térmicas de cada capa.
- R_{si} y R_{se} las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior (ver ilustración 1).

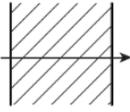
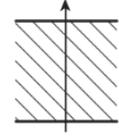
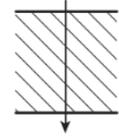
Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m ² K/W			
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R _{se}	R _{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente		0,04	0,17

Ilustración 1-Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior.

Fuente: (Pérez, 2013)

La resistencia térmica (R) de una capa térmica homogénea viene definida por la expresión:

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

Ecuación 2-Resistencia térmica.

Fuente: (Pérez, 2013)

Siendo:

- e el espesor de la capa [m].
- λ la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa.

Calculada a partir de valores térmicos declarados según las Normas UNE (Una Norma Española, constituyen un conjunto de normas de carácter tecnológico.)

3.1.5. RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL DE UN ELEMENTO DE EDIFICACIÓN CONSTITUIDO POR CAPAS HOMOGÉNEAS Y HETEROGÉNEAS.

Para determinar la resistencia térmica total de un elemento de edificación constituido por capas homogéneas y heterogéneas, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Para determinar la resistencia térmica total de un elemento de edificación constituido por capas homogéneas y heterogéneas, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

$$R_t = (R'_t + R''_t + R_2) / 2$$

Ecuación 3-Cálculo de la resistencia térmica total de un elemento de edificación.

Fuente: (Pérez, 2013)

Siendo:

- R'_t , el límite superior de la resistencia térmica total [$m^2 K/W$]
- R''_t , el límite inferior de la resistencia térmica total [$m^2 K/W$]

- Si la proporción entre el límite superior e inferior es mayor de 1.5, se deberán utilizar los métodos descritos en la Norma UNE EN ISO 10 211-1: 1995 o UNE EN ISO 10 211-2: 2002.
- Para realizar el cálculo de los valores límite superior e inferior, el elemento se divide en rebanadas horizontales y verticales como se muestra en la siguiente ilustración 2, de tal manera que las capas que se generan sean térmicamente homogéneas.

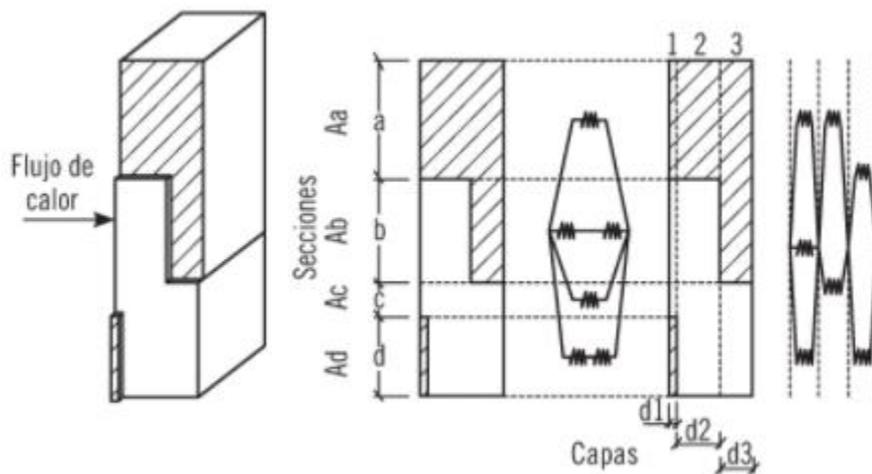


Ilustración 2- Flujo de calor.

Fuente: (Pérez, 2013)

La rebanada horizontal m ($m = a, b, c, \dots, q$) tiene un área fraccional f_m .

La rebanada vertical j ($j = 1, 2, \dots, n$) tiene un espesor d_j .

La capa m_j tiene una conductividad térmica λ_{mj} , un espesor d_j , un área fraccional f_m y una resistencia térmica R_{mj} .

El área fraccional de una sección es su proporción del área total. Entonces $f_a + f_b + \dots + f_q = 1$.

3.1.6. AISLAMIENTO TÉRMICO

El aislamiento térmico en edificios consiste en que sus elementos, que están en contacto con el exterior, incrementen su grado de resistencia obteniendo la capacidad de controlar la filtración o transmisión de calor cuando se desea que no exceda ciertos límites. (Mundo, s.f.)

Realizando el correcto aislamiento térmico en los edificios se obtiene un ahorro energético significativo, económico y con emisiones de dióxido de carbono del orden del 30%.

3.1.6.1. *Transmitancia térmica*

La transmitancia térmica (U), medida de calor o cantidad de calor que atraviesa un elemento constructivo por tiempo, área y diferencia de temperatura se mide en $W/(m^2K)$. Entre más bajo sea su valor, mejor será el aislamiento del componente. (Térmica, s.f.)

3.1.6.2. *Aislamiento térmico en suelos*

A través de los suelos se produce una gran pérdida de energía en los edificios, ya sean aquellos que están en contacto directo con el terreno, o los que se ubican en espacios no calentados. Tener en cuenta que la temperatura superficial del suelo puede ser más baja que la temperatura ambiente, lo cual podría afectar negativamente el confort. La solución más adecuada es la colocación de un aislante térmico para suelos. (Pérez, 2013)

El aislante térmico en suelos se coloca de diferentes maneras:

- Sobre forjado o solera (y bajo pavimento).
- Sobre el terreno (y bajo solera).
- Bajo forjado.

3.1.6.3. Aislamiento de cerramiento verticales

Un cerramiento tiene como función separar el ambiente exterior del interior dando lugar a la envolvente del edificio.

La colocación de aislante térmico conlleva ciertas dificultades relacionadas con las patologías de humedades que pueden sufrir, las cuales debilitan las prestaciones térmicas que estos ofrecen. Se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se hace necesario dejar, entre la cara interior de la hoja exterior del cerramiento y el aislante, una cámara de aire ventilada.
- Impermeabilizar esta cara interna del muro para evitar que el agua de lluvia entre en contacto con el aislamiento.
- La ventilación puede favorecer a que la humedad de condensación procedente del interior del edificio se seque.

Esquema de ejemplo de colocación de aislante térmico en un cerramiento vertical

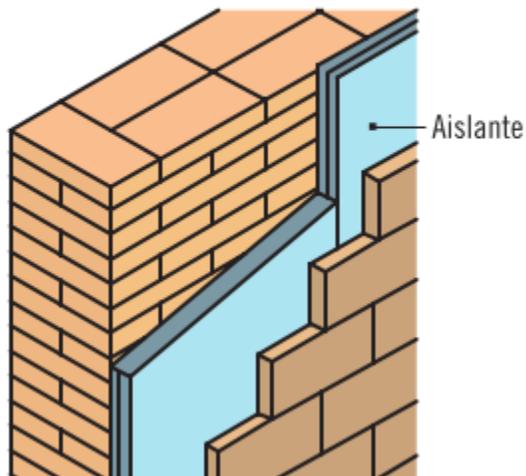


Ilustración 3- Colocación de aislante térmico en un cerramiento vertical.

Fuente: (Pérez, 2013)

Dependiendo de la posición del aislante, el aislante para fachadas se clasifica de las siguientes maneras:

- Intermedio entre dos hojas
- Exterior

El aislamiento intermedio entre dos hojas, se coloca entre dos capas del cerramiento.

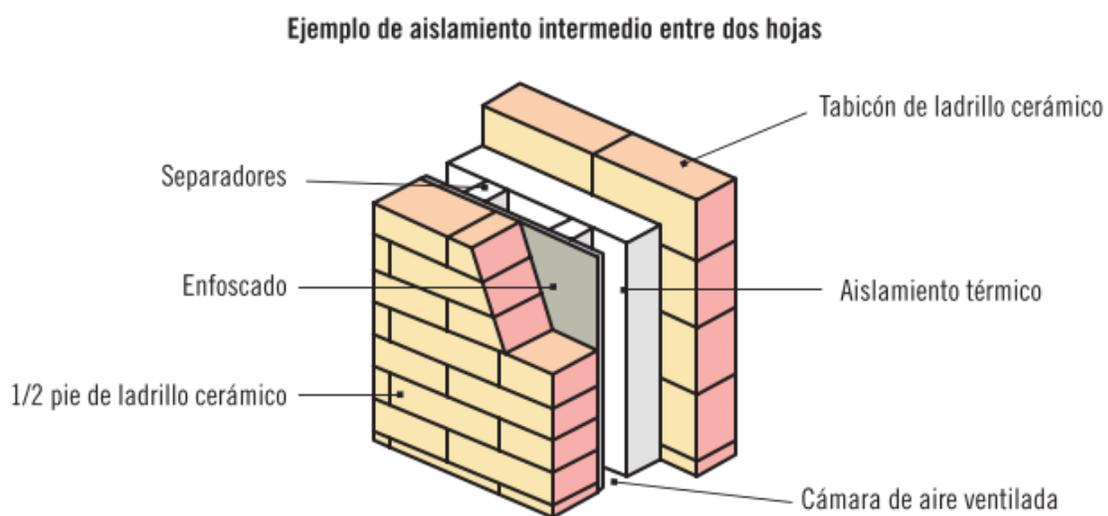


Ilustración 4- Aislamiento térmico intermedio entre dos hojas.

Fuente: (Pérez, 2013)

El aislamiento exterior consiste en la colocación del aislante en la cara interior o exterior del cerramiento, sobre el cual se aplica el enlucido correspondiente.

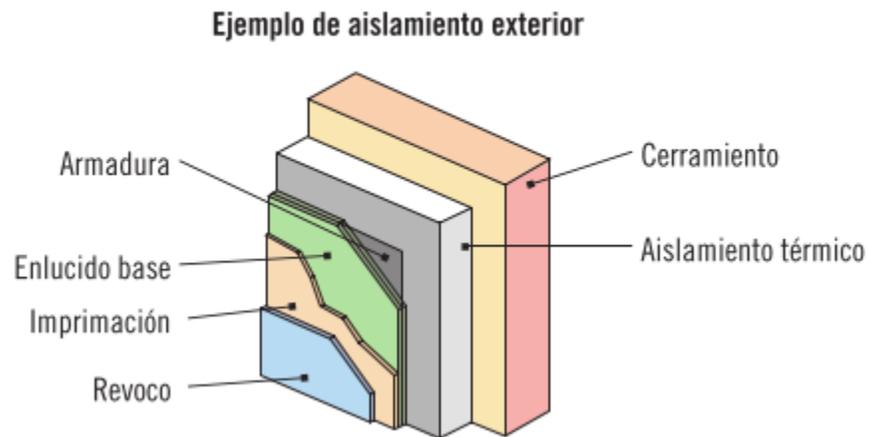


Ilustración 5-Aislamiento térmico exterior.

Fuente: (Pérez, 2013)

3.1.6.4. *Aislamiento de cubiertas*

El aislamiento térmico del tejado es muy relevante debido a que esta parte se encuentra más expuesta a los efectos climáticos. En cubiertas inclinadas, la posición del aislamiento es importante ya que determinará el aprovechamiento energético bajo la cubierta y la inercia térmica de la misma. (Pérez, 2013)

El aislante para cubiertas se clasifica en función de la pendiente de la cubierta:

- Cubierta plana o azotea.
- Cubierta inclinada o tejado.

El aislamiento térmico de las cubiertas planas se divide en dos grupos:

- Cubierta plana tradicional, el aislamiento se sitúa bajo la impermeabilización.
- Cubierta invertida, el aislamiento se coloca sobre la impermeabilización.

Ejemplo de aislamiento bajo la impermeabilización de una cubierta plana

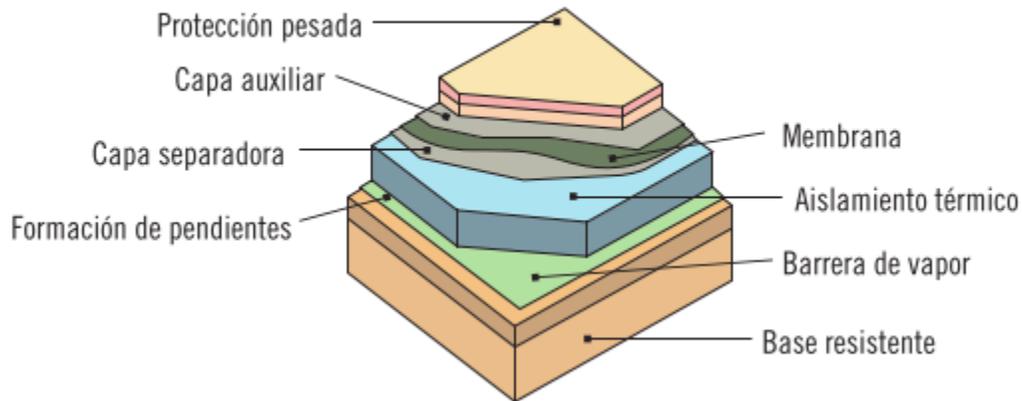


Ilustración 6- Aislamiento bajo la impermeabilización de una cubierta plana.

Fuente: (Pérez, 2013)

En cubiertas inclinadas, dependiendo del soporte del aislamiento térmico, existen dos tipos de aislamiento térmico de las cubiertas inclinadas:

- Aislamiento sobre soporte horizontal
- Aislamiento sobre soporte inclinado

Ejemplo de aislamiento de cubierta inclinada sobre soporte horizontal

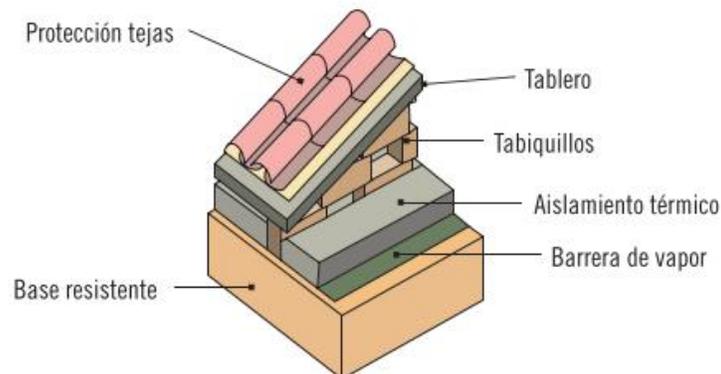


Ilustración 7- Aislamiento térmico en cubierta inclinada sobre soporte horizontal.

Fuente: (Pérez, 2013)

3.1.7. EDIFICIOS DE OFICINA

En el mundo existen una gran cantidad de empresas, lo cual hace que existan un gran número de oficinas que constituyen el trabajo día a día de las personas. El consumo de energía eléctrica de los edificios de oficina proviene de los consumos en climatización, iluminación y equipos de oficinas. Siendo la climatización uno de los que mayor consumo se tiene.

Se pueden implementar varias soluciones para reducir el consumo de energía eléctrica en la climatización. Las cuales son:

- Sistema de refrigeración centralizados. Estos sistemas son mucho más eficientes, ya sean en colectivos o individuales.
- Ventiladores. Sus principales ventajas son la fácil instalación y que son mucho más económicos que los equipos de aire acondicionado.
- Enfriadores de aire/climatizadores evaporativos. Aparatos capaces de humedecer y refrescar el ambiente de una estancia hasta 12-16°C con respecto a la temperatura exterior. Recomendados para climas secos y/o cálidos.
- Equipos de climatización energéticamente eficientes. Medida que consiste en sustituir viejos equipos de generación de frío/calor por otros sistemas más eficientes. Se logra una reducción en el consumo de energía y la factura energética de la empresa.

Instalar sistemas de eficiencia energética buscan mejorar u optimizar el uso de la energía sin afectar el confort de las personas. Para ello se deben considerar los siguientes factores para que los sistemas contribuyan en la mejora de la eficiencia energética de un edificio, las cuales son:

- Las condiciones climáticas de la localidad.
- Las particularidades propias de la zona donde se ubique el edificio.
- Las exigencias de climatización del interior de la edificación.
- La relación que existe entre el costo inicial y la eficacia de los sistemas que se deseen implementar.

IV. METODOLOGÍA

En este apartado se presenta la metodología realizada para el desarrollo de este proyecto de investigación. Se muestran los materiales, herramientas y actividades empleadas para esta investigación.

4.1. ENFOQUE

Esta investigación estará orientada en el análisis comparativo de dos tipos de edificios para la región del Valle de Sula. La comparación se realizará entre un edificio con materiales y equipos tradicionales y un edificio con materiales y equipos energéticamente eficientes, por lo tanto, el enfoque empleado en esta investigación es de tipo cuantitativo debido a que se centra en el análisis número a través de la recolección de datos sobre los materiales y equipos eficientes utilizados en los edificios diseñados para uso de oficinas, de tal forma que se pueda medir y analizar la reducción en el consumo de energía eléctrica, manteniendo ambientes climatizados adecuados.

4.2. VARIABLES

Las variables en la investigación realizada representan valores, características o propiedades que se pueden medir y sufrir cambios a lo largo de un experimento, clasificándose en variables independientes y variables dependientes. (questionpro, n.d.)

4.2.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Las variables independientes son aquellas cuyo valor al cambiar influyen o afectan a las variables dependientes. Las variables independientes identificadas para la realización de este trabajo son:

- Resistencia térmica de los materiales.
- Cargas térmicas internas.
- Eficiencia energética de los equipos A/C

4.2.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Las variables dependientes son aquellas que cambian o son afectadas por las variables independientes, usualmente se investigan para poderlas identificar. En este trabajo se han definido las variables dependientes siguientes:

- Consumo de energía eléctrica (kWh).

4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

4.3.1. TÉCNICAS

Entrevistas. A través de referencia profesionales se identificó un arquitecto, un ingeniero mecánico, un proveedor de materiales y un proveedor de equipos A/C para conocer las características de los diseños, materiales y equipos de A/C que se pueden utilizar en control de los ambientes climatizados. Se elaboró, previo a la entrevista, una serie de preguntas orientadas a conocer la información requería en el párrafo anterior para que fueran respondidas por los entrevistados.

Investigaciones de materiales y equipos. A través de entrevistas, búsquedas en línea, bibliografía y por referencias, se identificaron los tipos de materiales disponibles en mercado local para la construcción de paredes, instalación de puertas, instalación de ventanas y techos, tanto para el edificio tradicional como para el edificio alternativo (aislamiento térmico).

Cotización. El costo de los materiales y equipos conforme a sus características y especificaciones identificadas durante la fase de investigación, se obtuvo por medio de cotizaciones presentadas por comercios locales a través de solicitudes enviadas por medios electrónicos y/o visitas en los comercios mismos.

4.3.2. INSTRUMENTOS

Microsoft Office Excel. Fue una herramienta muy útil para poder realizar el cálculo de las operaciones numéricas referentes a los costos de los materiales, equipos, consumo de energía eléctrica conforme al tipo de edificio.

Software Trace 700. Fue una herramienta útil en la cual se ingresan las especificaciones térmicas de los materiales y parámetros de diseño del edificio para oficina. Se obtuvieron los resultados de las cargas térmicas.

4.3.3. OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

La obtención de datos necesarios para llevar a cabo este proyecto de investigación, se realizó a través búsquedas de información en la bibliografía disponible y a través de entrevistas realizadas a profesionales de la arquitectura e ingeniería, con el propósito de identificar los principales aspectos involucrados en el diseño de un edificio que tienen que ver con el control climático interno, como ser áreas de trabajo, que por su característica de uso, transmiten mayor calor en una región de clima cálido, similar al del Valle de Sula. Sucesivamente se obtuvieron las características de los diseños, materiales y equipos de A/C que se pueden utilizar en el control de los ambientes climatizados.

Una vez elaborado el análisis de los datos se procedió a realizar una comparación del consumo energético y resistencia térmica entre un edificio de oficinas con materiales y equipos tradicionales y un edificio de oficinas con materiales y equipos alternativos para el control térmico.

Para realizar las entrevistas a los profesionales de la arquitectura e ingeniería se utilizó un cuestionario para obtención de datos de materiales y equipos referentes a sus características, especificaciones y costos.

4.3.4. SOFTWARE TRACE 700

Para realizar la comparación de cargas térmicas en ambos tipos de edificios se consideró apropiado utilizar un software comercial.

La selección del software se llevó a cabo a través de consultas bibliográficas y con profesionales de la ingeniería cuya área de trabajo está relacionada con el análisis de la resistencia térmica en edificios, tomando en cuenta que la disponibilidad de uso de dicho software fuese accesible e inmediata.

Habiendo recopilado los datos necesarios para llevar a cabo este proyecto de investigación, se procedió a analizar los datos específicos para alimentar la entrada del software y comenzar el análisis para obtener los resultados de resistencia térmica para una temperatura que permita la climatización apropiada del área en estudio. La metodología anterior se aplicó tanto para el edificio tradicional como para el edificio alternativo.

4.3.5. ANÁLISIS DE COSTO

Una vez conocidos los tipos de materiales y equipos para un área específica de un edificio tradicional y de un edificio alternativo, así como la diferencia del consumo de energía eléctrica entre ambos tipos de edificios se procedió a realizar el análisis de costos.

El análisis de costo se realizó tomando en cuenta los precios de los equipos y materiales utilizados en la construcción del edificio.

4.4. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

En forma general la metodología de esta investigación consiste principalmente de un análisis comparativo de dos sistemas:

- a) Sistema convencional. Un edificio para oficinas construido con materiales convencionales y tradicionales, como bloques de concreto, ventanas y puertas de una hoja de vidrio y láminas de Aluzinc como techo.
- b) Sistema alternativo. El mismo edificio descrito en el inciso a) pero con la diferencia que cuenta con materiales de aislamiento térmico en paredes, techos, ventanas y puertas.

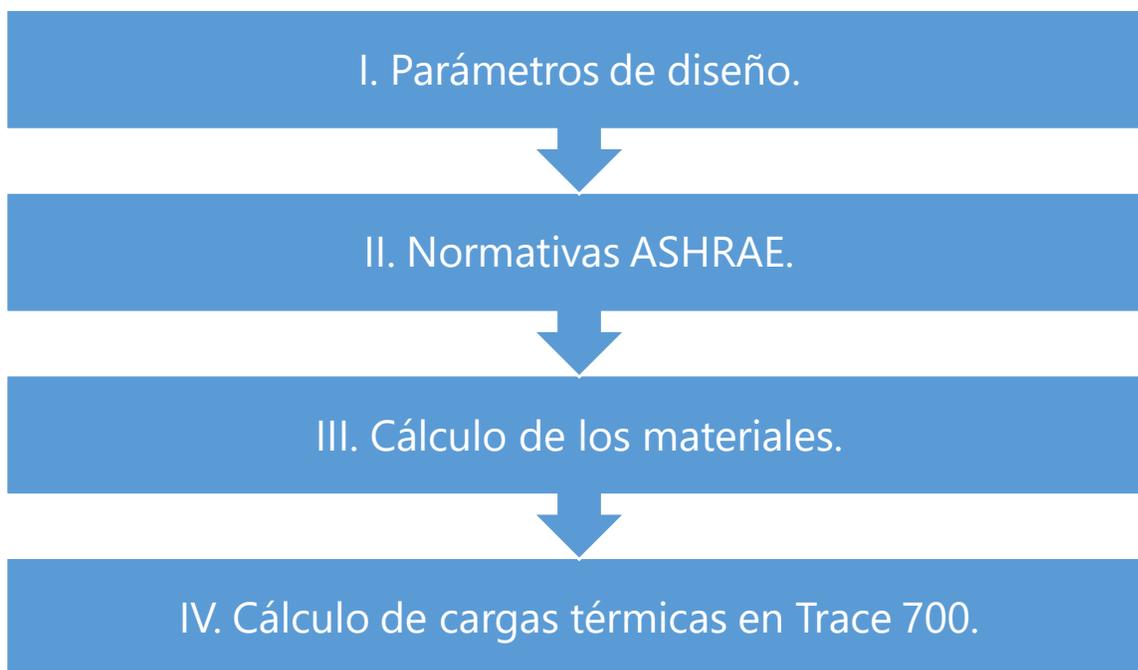


Ilustración 8-Metodología de estudio.

Fuente: Elaboración propia

4.4.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

El diseño del edificio se realizó en AutoCAD, consta de tres niveles. El segundo y el tercer nivel serán exactamente iguales, tal y como lo pueden observar en la ilustración 17. El primer nivel consta de cuatro áreas de oficina, cada una con su respectivo baño (ver Ilustración 9). El segundo y tercer nivel tienen cuatro áreas de oficinas, cada una con su respectivo baño (ver **Error! Reference source not found.**). El techo será de lámina tal y como pueden observar en la Ilustración 11.

Se realizó un diseño en 3D en Ilustración 12.

el programa Revit, ver

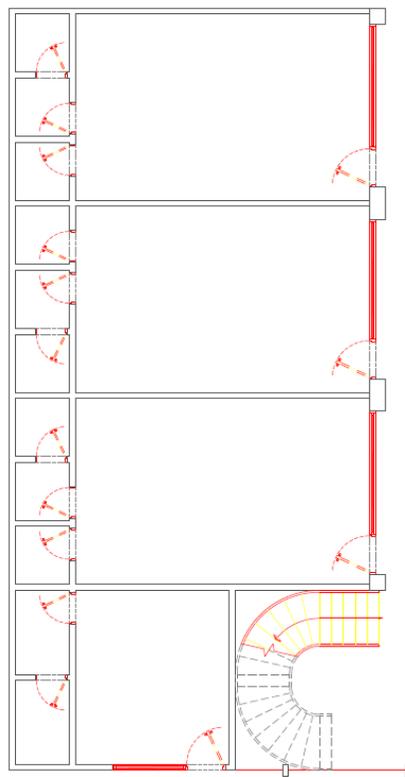


Ilustración 9 Planta arquitectónica 1 Nivel.

Fuente: Elaboración propia

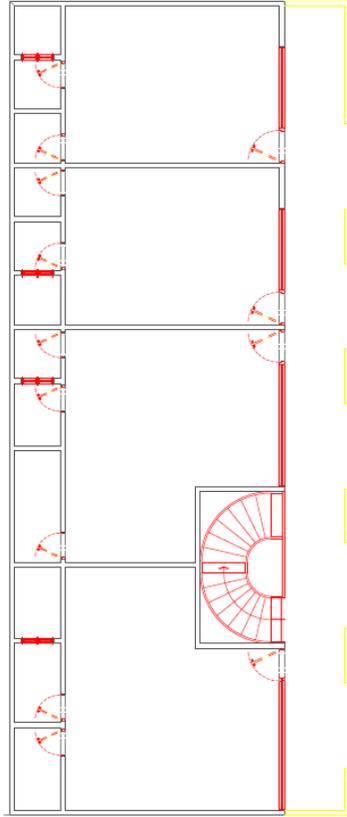


Ilustración 10 Planta arquitectónica 2 y 3 Nivel.

Fuente: Elaboración propia

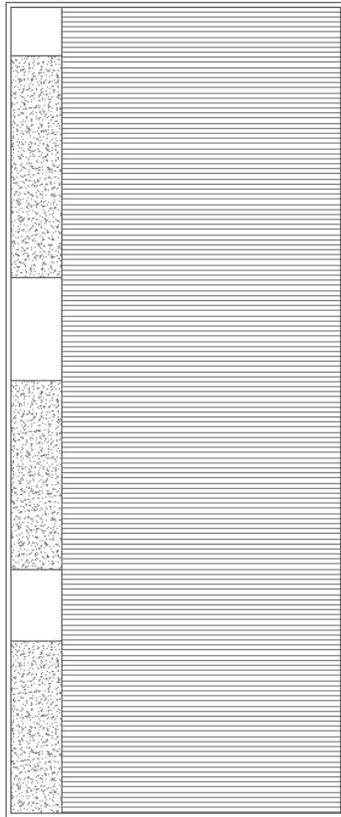


Ilustración 11 Planta de techo.

Fuente: Elaboración propia

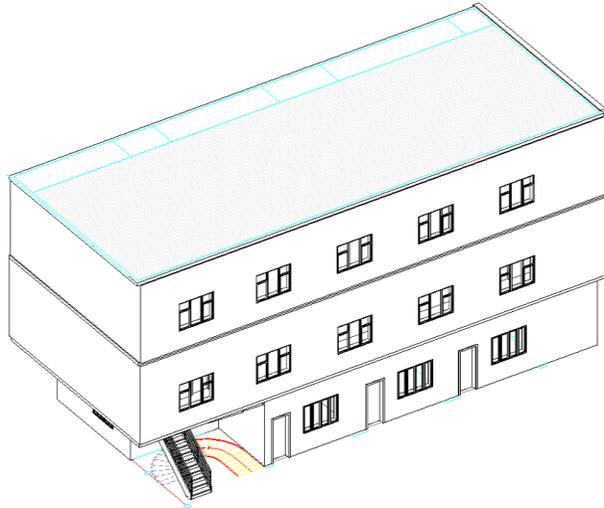


Ilustración 12 Edificio para oficina en 3D.

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. NORMATIVAS ASHRAE.

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), es una asociación mundialmente tecnológica que se enfoca en el bienestar humano a través de avances tecnológicos, investigaciones y redacciones de normas sobre el control del ambiente interior en el área de la calefacción, ventilación y calidad del aire acondicionado.

Partiendo de las normativas ASHRAE, se procede a realizar el diseño del edificio. Primeramente, se comienza identificando la zona climática en la que se encuentra el Valle de Sula, Honduras. Podemos observar en la Ilustración 13 que el valle de sula se encuentra en la zona 1A.

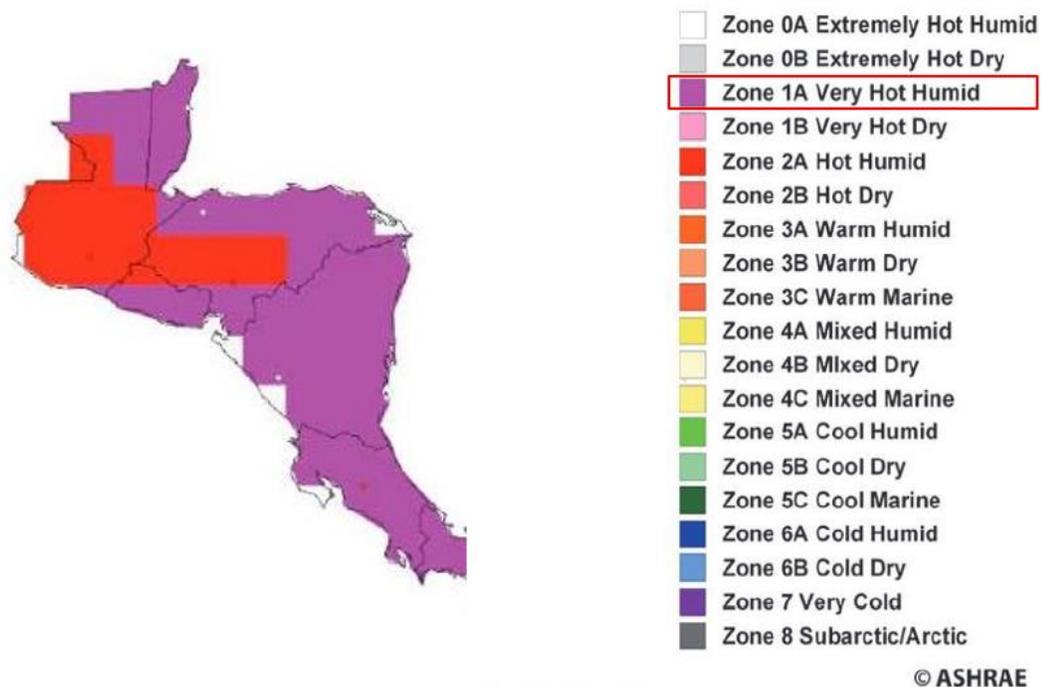


Ilustración 13 Ubicación por zonas climáticas.

Fuente: (ASHRAE, 2013)

Una vez identificada la zona procedemos a usar los cuadros, proporcionados por ASHRAE, en donde nos muestra los requisitos de la transmitancia térmica máxima para el techo, muro y vidrio en nuestro edificio. (Ver

Tabla 1 y Tabla 2).

Tabla 1 Requisitos de la envolvente del edificio para zonas climáticas 0 y 1 (A y B).

Elementos	No residencial
	Transmitancia térmica máxima [W/ (m ² K)]
Techos	
Aislamiento totalmente sobre cubierta	0.063
Paredes, sobre el nivel	
Estructura acero	0.124

Fuente: (ASHRAE, 2013)

Tabla 2 Requisitos de vidrio del edificio para las zonas climáticas 0 y 1 (A y B).

Disposición del vidrio	Transmitancia térmica máxima [W/ (m² K)]
Porcentaje de Acristalamiento en pared	
0% a 10.0%	1.22
10.1% a 20.0%	1.22
20.1% a 30.0%	1.22
30.1% a 40.0%	1.22

Fuente: (ASHRAE, 2013)

4.4.3. CÁLCULO DE MATERIALES

Comenzamos nuestros cálculos de nuestros materiales para el techo.

El techo del edificio con materiales tradicionales estará construido por una resistencia de superficie exterior, lámina de Aluzinc, un espacio de aire, cielo acústico de fibra y una resistencia de superficie interior. Cada material tiene su espesor y su conductividad térmica. Procedemos a realizar el cálculo de resistencia térmica aplicando la fórmula de la ecuación 3 luego sumamos todas las resistencias y térmicas realizamos el cálculo de la transmitancia térmica aplicando la fórmula de la ecuación 4.

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

Ecuación 3 Fórmula resistencia térmica.

Fuente: (Franco, 2018)

Siendo:

- R la resistencia térmica del material [(m² K) /W].
- e el espesor del material [m].
- λ la conductividad térmica del material [W/ (m K)].

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

Ecuación 4 Fórmula de transmitancia térmica.

Fuente: (Franco, 2018)

Siendo:

- U la transmitancia térmica del material [W/ (m² K)].

- R la resistencia térmica del material $[(m^2 K) /W]$.

Una vez hecho los cálculos del techo del edificio con materiales tradicionales, se procede a realizar el cálculo del techo del edificio con materiales alternativos. Tendrá los mismos materiales que el techo del edificio tradicional, pero con la diferencia que se le agregará el Aislante térmico R19.

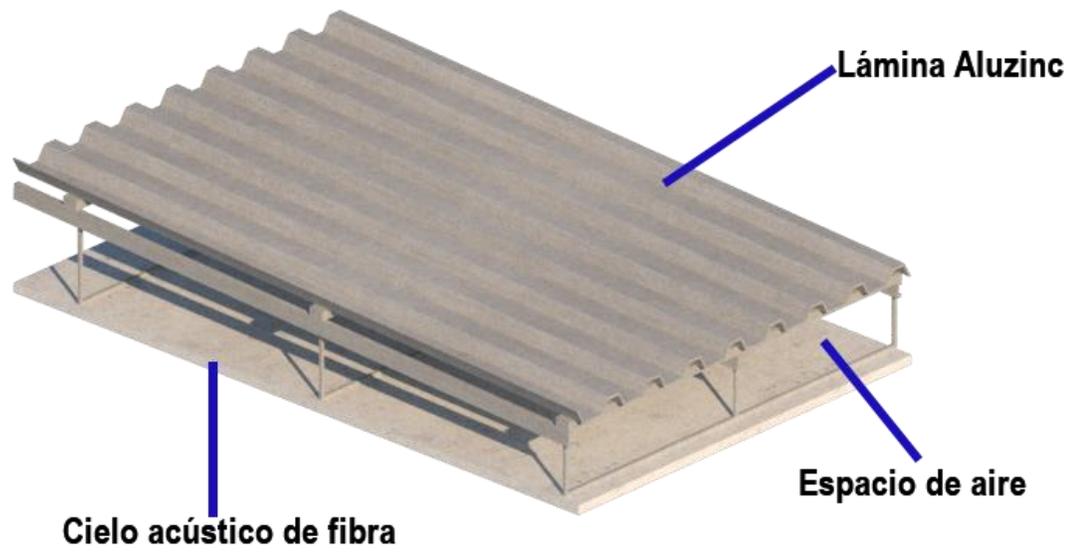
Se procede a realizar los cálculos de la resistencia térmica y la transmitancia térmica. Luego sumaremos la resistencia térmica total y le aplicaremos la fórmula de la transmitancia térmica para así saber su transmitancia térmica total.

Como vimos anteriormente en la tabla de los requisitos de la transmitancia térmica máxima proporcionados por ASHRAE, nuestro techo debe tener una transmitancia térmica menor a 0.063 $W/ (m^2 K)$. Como podemos observar en la Tabla 4 del techo del edificio alternativo tiene una transmitancia térmica de 0.015 $W/ (m^2 K)$ por lo tanto cumplimos con el criterio de las normativas ASHRAE.

Tabla 3 Cálculo de materiales tradicionales para techo.

Materiales	Espesor (m)	Conductividad Térmica $[W/(m \cdot K)]$	Resistencia Térmica $[(m^2 \cdot K) /W]$	Resistencia Térmica $[(h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F) / BTU]$
Lámina Aluzinc Cal.26	0.00044	156.897	0.000	0.000
Aire	0.175	0.022	7.955	45.168
Cielo acústico Fibra	0.004	0.042	0.095	0.541
			Total, Resistencia Térmica $[(h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F) / BTU]$	45.709
			Transmitancia Térmica $[BTU/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F]$	0.0219

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 14 Configuración de materiales para techo del edificio tradicional.

Tabla 4 Cálculo de materiales alternativos para techo.

Materiales	Espesor (m)	Conductividad Térmica [W/(m·K)]	Resistencia Térmica [(m ² ·K) /W]	Resistencia Térmica [(h·ft ² ·°F) / BTU]
Lámina Aluzinc Cal.26	0.00044	156.897	0.000	0.000
Aislante térmico R19				19.000
Aire	0.175	0.022	7.955	45.168
Cielo Acústico Fibra	0.004	0.042	0.095	0.541
			Total, Resistencia Térmica [(h·ft ² ·°F) / BTU]	64.709
			Transmitancia Térmica [BTU/h·ft ² ·°F]	0.015

Fuente: Elaboración propia

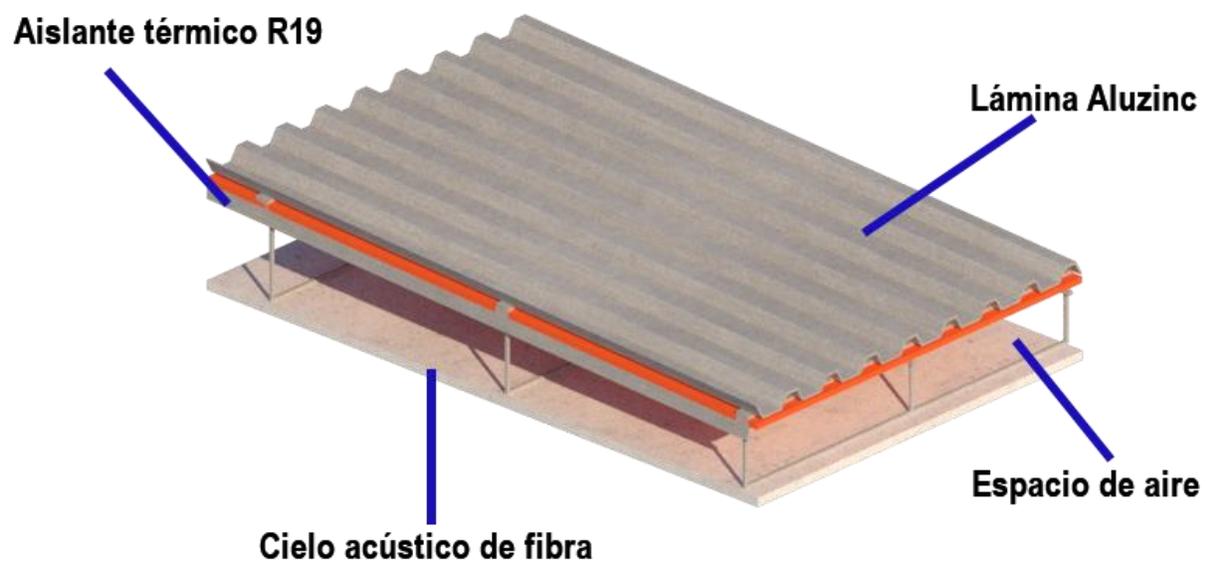


Ilustración 15 Configuración de materiales para techo del edificio alternativo.

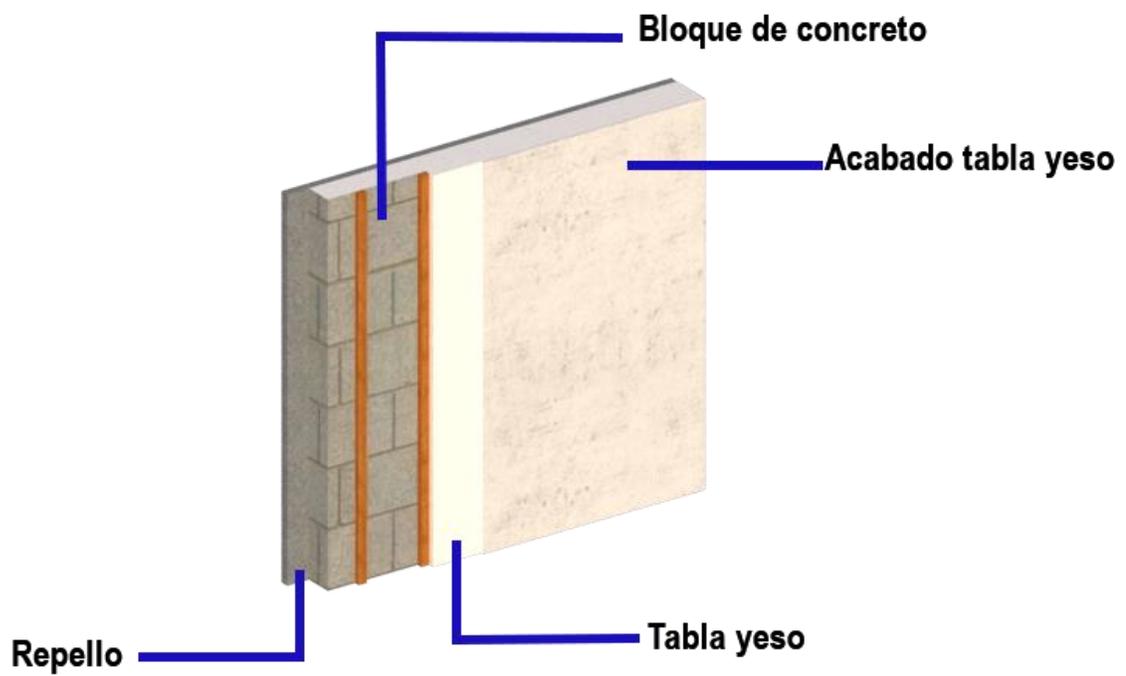
Fuente: Elaboración propia

Se realizan los mismos cálculos y procedimientos para los cálculos de los materiales de la pared (ver Tabla 5 y Tabla 6), ventanas y puertas (ver Tabla 7 y Tabla 8). Teniendo como criterio, por parte de las normativas ASHRAE una transmitancia térmica menor a 0.124 W/ (m² K) para las paredes y una transmitancia térmica menor a 1.22 W/ (m² K) para el vidrio de las ventanas y puertas. Ver anexo 3 y 4 para las especificaciones térmicas de los vidrios. En el anexo 5 se muestra los datos del fabricante de los aislantes térmicos usados para pared y techo.

Tabla 5 Cálculo de materiales tradicionales para pared.

Materiales	Espesor (m)	Conductividad Térmica [W/(m·K)]	Resistencia Térmica [(m ² ·K) /W]	Resistencia Térmica [(h·ft ² ·°F) / BTU]
Repello (Mortero)	0.010	0.720	0.014	0.079
Bloque de concreto 6"	0.152	0.770	0.198	1.124
Tabla Yeso	0.013	0.250	0.050	0.284
Acabado Tabla Yeso	0.010	0.510	0.020	0.111
			Total, Resistencia Térmica [(h·ft ² ·°F) / BTU]	1.598
			Transmitancia Térmica [BTU/h·ft ² ·°F]	0.626

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 16 Configuración de materiales para pared del edificio tradicional.

Tabla 6 Cálculo de materiales alternativos para pared.

Materiales	Espesor (m)	Conductividad Térmica [W/(m·K)]	Resistencia Térmica [(m ² ·K) /W]	Resistencia Térmica [(h·ft ² ·°F) / BTU]
Repello (Mortero)	0.010	0.720	0.014	0.079
Bloque de concreto 6"	0.152	0.770	0.198	1.124
Aislante térmico R8				8.00
Tabla Yeso	0.013	0.250	0.050	0.284
Acabado Tabla Yeso	0.010	0.510	0.020	0.111
			Total, Resistencia Térmica [(h·ft ² ·°F) / BTU]	9.598
			Transmitancia Térmica [BTU/h·ft ² ·°F]	0.104

Fuente: Elaboración propia

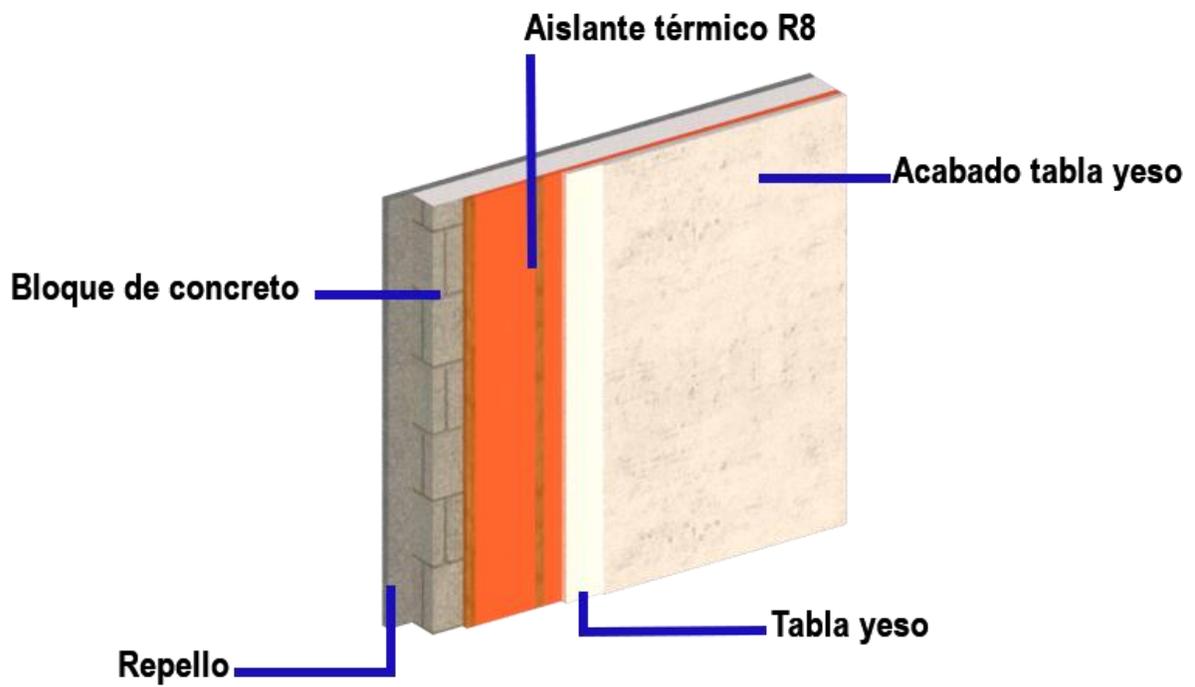


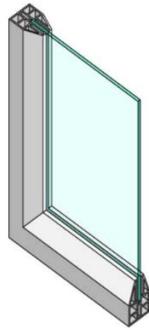
Ilustración 17 Configuración de materiales para pared del edificio alternativo.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Cálculo de materiales tradicionales para puertas y ventanas.

Materiales	Espesor (m)	Conductividad Térmica [W/(m·K)]	Resistencia Térmica [(m ² ·K) /W]	Resistencia Térmica [(h·ft ² ·°F) / BTU]	Transmitancia Térmica [BTU/(h·ft ² ·°F)]
Hoja de lámina de vidrio	0.006	0.031	0.190	1.084	0.923

Fuente: Elaboración propia



Vidrio sencillo

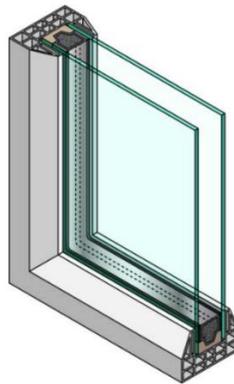
Ilustración 18 Vidrio de una lámina para puertas y ventanas del edificio tradicional.

Fuente: (OnVentanas, 2019)

Tabla 8 Cálculo de materiales alternativos para puertas y ventanas.

Materiales	Espesor (m)	Conductividad Térmica [W/(m·K)]	Resistencia Térmica [(m ² ·K) /W]	Resistencia Térmica [(h·ft ² ·°F) / BTU]	Transmitancia Térmica [BTU/(h·ft ² ·°F)]
Doble lámina de vidrio	0.018	0.053	0.340	1.931	0.518

Fuente: Elaboración propia



Vidrio doble

Ilustración 19 Vidrio de doble lámina para puertas y ventanas del edificio alternativo.

Fuente: (OnVentanas, 2019)

4.4.4. SIMULACIÓN EN SOFTWARE TRACE 700

Se realizó el cálculo de cargas térmicas en el software Trace 700.

Se ingresaron las especificaciones técnicas de nuestros materiales:

- Espesor [in.].
- Conductividad térmica [BTU/ (h·ft·°F)].
- Resistencia térmica [(h·ft²·°F) / BTU].
- Detalle del tipo de material.

Se ordenaron los materiales de acuerdo a como está construido el techo y muro.

Para el techo del edificio tradicional el orden de materiales es el siguiente:

- Lámina Aluzinc.
- Aire.
- Cielo acústico de fibra.

Para los muros del edificio tradicional el orden de materiales es el siguiente:

- Repello (mortero).
- Bloque de concreto.
- Tabla yeso.
- Acabado tabla yeso.

Para el techo del edificio alternativo el orden de materiales es el siguiente:

- Lámina Aluzinc.
- Aislante térmico R19.
- Aire.
- Cielo acústico de fibra.

Para los muros del edificio alternativo el orden de materiales es el siguiente:

- Repello (mortero).
- Bloque de concreto.
- Aislante térmico R8.
- Tabla yeso.
- Acabado tabla yeso.

Se ingresaron la cantidad de oficinas y medidas:

- Altura del muro.
- Altura entre pisos.
- Área de ventanas

Se tomaron en cuenta las cargas térmicas internas de las oficinas siendo las luces, los equipos misceláneos y las personas. Los valores son los siguientes

Luces = $1.1W/ft^2$.

Equipos misceláneos = $1W/ft^2$.

Personas = $143 ft^2/persona$.

4.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 9 Cronograma de Actividades.

Actividades para la elaboración del Proyecto de Investigación	Semanas									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Introducción	■									
Planteamiento del problema		■								
Marco teórico		■	■							
Metodología			■	■						
Consultas a ingenieros			■	■	■					
Análisis técnico				■	■	■				
Análisis económico					■	■	■			
Resultados y Análisis							■	■		
Conclusiones									■	
Recomendaciones									■	
Evolución de trabajo actual/ trabajo futuro									■	
Bibliografía			■	■	■	■	■	■		
Anexos			■	■	■	■	■	■		
Informe final									■	
Pre-defensa										■

Fuente: Elaboración propia

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este apartado se mostrarán todos los resultados obtenidos del software Trace 700 y el análisis del ahorro energético en base al análisis de costo de materiales y de equipos.

5.1. CARGA TÉRMICA EN LAS OFICINAS DEL EDIFICIO TRADICIONAL Y EL EDIFICIO ALTERNATIVO

En el anexo 1 y 2 se puede observar los resultados obtenidos por el programa Trace 700. En la ilustración 21 podemos observar que la carga térmica de las oficinas del edificio tradicional fue mayor que la carga térmica de las oficinas del edificio alternativo.

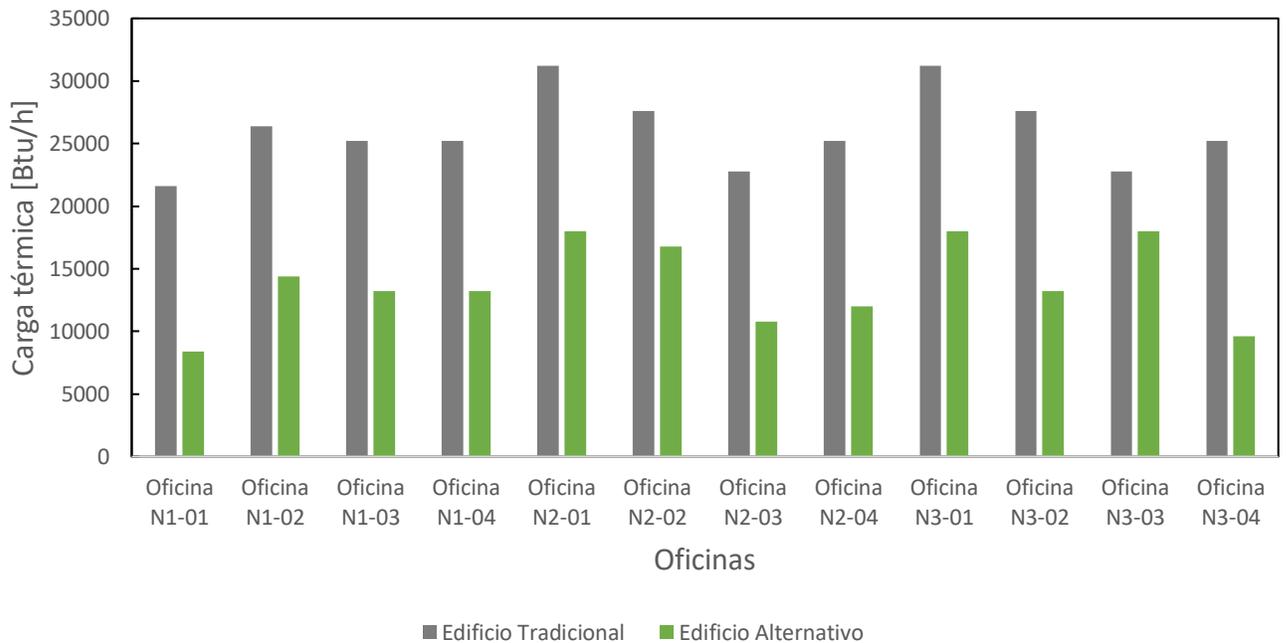


Ilustración 20 Cargas térmicas de oficinas.

Fuente: Elaboración propia

5.2. SELECCIÓN DE AIRES ACONDICIONADOS

Se seleccionaron los aires acondicionados adecuados dependiendo de la carga térmica de cada oficina para el edificio tradicional (ver tabla 10) y para el edificio alternativo (ver tabla 11).

Las oficinas del edificio tradicional tendrán aires acondicionados de 24,000 y 36,000 BTU, ya que su carga térmica en las oficinas sobrepasa de los 20,000 BTU/h

Las oficinas del edificio alternativo tendrán aires acondicionados de 12,000 y 18,000 BTU, la carga térmica de las oficinas no sobrepasa los 18,000 BTU/h

Tabla 10 Selección de aires acondicionados para el edificio tradicional.

Edificio Tradicional	Carga térmica (BTU/h)	A/C
Oficina N1-01	21,600.00	24,000 BTU
Oficina N1-02	26,400.00	36,000 BTU
Oficina N1-03	25,200.00	36,000 BTU
Oficina N1-04	25,200.00	36,000 BTU
Oficina N2-01	31,200.00	36,000 BTU
Oficina N2-02	27,600.00	36,000 BTU
Oficina N2-03	22,800.00	24,000 BTU
Oficina N2-04	25,200.00	36,000 BTU
Oficina N3-01	31,200.00	36,000 BTU
Oficina N3-02	27,600.00	36,000 BTU
Oficina N3-03	22,800.00	24,000 BTU
Oficina N3-04	25,200.00	36,000 BTU

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11 Selección de aires acondicionados para el edificio alternativo.

Edificio Alternativo	Carga térmica (BTU/h)	A/C
Oficina N1-01	8,400.00	12,000 BTU
Oficina N1-02	14,400.00	18,000 BTU
Oficina N1-03	13,200.00	18,000 BTU
Oficina N1-04	13,200.00	18,000 BTU
Oficina N2-01	18,000.00	18,000 BTU
Oficina N2-02	16,800.00	18,000 BTU
Oficina N2-03	10,800.00	18,000 BTU
Oficina N2-04	12,000.00	18,000 BTU
Oficina N3-01	18,000.00	18,000 BTU
Oficina N3-02	13,200.00	18,000 BTU
Oficina N3-03	18,000.00	18,000 BTU
Oficina N3-04	9,600.00	12,000 BTU

Fuente: Elaboración propia

5.2.1. ANÁLISIS DE COSTO DE MATERIALES

Se realizó un análisis de costo, se buscó cotizar los materiales utilizados para la construcción de ambos tipos de edificios. Se tomó como referencia el boletín estadístico "CHICO II EDICION 2020" de la cámara hondureña de la industria la construcción, así como cotizaciones con diferentes proveedores (Prodex, Windotech, DM, Comercial Larach y Owens Corning).

Primeramente, se procedió a sumar el precio del material por m² y el precio de mano de obra por m² para obtener el valor del precio unitario. Tal y como podemos observar en la tabla 12, tabla 13 y tabla 14.

Tabla 12 Precio de materiales para techo.

Materiales	Precio material por m ² (L.)	Precio mano de obra por m ²	Precio Unitario
Lámina de Aluzinc	156.52	95.00	251.52
Aislante térmico R19	194.07	60.00	254.07
Cielo acústico Fibra	147.14	153.00	300.14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 Precio de materiales para paredes.

Materiales	Precio material por m ² (L.)	Precio mano de obra por m ²	Precio Unitario
Repello y Pulido	62.5	102.00	164.5
Bloque de concreto 6"	275.80	131.00	406.8
Aislante térmico R8	90.00	60.00	150.00
Tabla Yeso	57.18	153.00	210.18
Acabado Tabla Yeso	7.00	50.00	57.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Precio de materiales para puertas y ventanas.

Materiales	Precio material por m ² (L.)	Precio mano de obra por m ²	Precio Unitario
Puerta (1 lámina de vidrio)	3720.23	744.046	4464.276
Ventana (1 lámina de vidrio)	2025.14	405.028	2430.168
Puerta (2 láminas de vidrio)	6890.92	972.00	7862.92
Ventana (2 láminas de vidrio)	3808.02	972.00	4780.02

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se multiplicaron las áreas de las paredes, ventanas y puertas de cada nivel del edificio por el precio unitario y se sumaron los precios de los aires acondicionados.

El edificio tradicional tuvo un costo total de materiales y equipos de L 1,420,038.66, tal y como podemos ver en la tabla 15. Y el edificio alternativo tuvo un costo total de L 1,739,506.62 (ver tabla 16). Teniendo un costo diferencial de L 319,467.96.

Tabla 15 Análisis de costos de materiales y equipos para el edificio tradicional.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Planta Baja				
Paredes	m ²	220.00	838.48	L 184,465.60
Ventanas	m ²	24.07	2,430.17	L 58,494.14
Puerta	m ²	8.80	4,464.28	L 39,285.63
Segunda Planta				
Paredes	m ²	237.40	838.48	L 199,055.15
Ventanas	m ²	41.00	2,430.17	L 99,636.89
Puerta	m ²	8.80	4,464.28	L 39,285.63
Tercera Planta				
Paredes	m ²	241.04	838.48	L 202,107.22
Ventanas	m ²	41.00	2,430.17	L 99,636.89
Puerta	m ²	8.80	4,464.28	L 39,285.63
Techo	m ²	231.56	551.66	L 127,742.39
Equipos A/C				L 331,043.49
Total				L 1,420,038.66

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16 Análisis de costos de materiales y equipos para el edificio alternativo.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Planta Baja				
Paredes	m ²	220.00	988.48	L 217,465.60
Ventanas	m ²	24.07	4,780.02	L 115,055.08
Puerta	m ²	8.80	7,862.92	L 69,193.70

Segunda Planta				
Paredes	m ²	237.40	988.48	L 234,665.15
Ventanas	m ²	41.00	4,780.02	L 195,980.82
Puerta	m ²	8.80	7,862.92	L 69,193.70

Tercera Planta				
Paredes	m ²	241.04	988.48	L 238,263.22
Ventanas	m ²	41.00	4,780.02	L 195,980.82
Puerta	m ²	8.80	7,862.92	L 69,193.70
Techo	m ²	231.56	805.73	L 186,574.84

Equipos A/C				L 147,940.00
-------------	--	--	--	--------------

Total **L 1,739,506.62**

Fuente: Elaboración propia

5.2.2. ANÁLISIS DEL AHORRO ENERGÉTICO

Se realizó un análisis de ahorro energético en base a los aires acondicionados seleccionados para cada oficina de ambos tipos de edificio.

Se definió:

- El tiempo de trabajo de lunes a viernes ocho horas y sábados cuatro horas.
- El factor de carga es de 0.5 para los aires acondicionados.

Como podemos observar en la ilustración 22 el consumo de energía eléctrica de aires acondicionados en el edificio tradicional fue mayor que el consumo de energía eléctrica de aires acondicionado en el edificio alternativo. En la tabla 17 podemos observar que el edificio tradicional tuvo un consumo de energía eléctrica al mes de 13,327.07 kWh y el edificio alternativo tuvo un consumo de energía eléctrica al mes de 6,865.59 kWh.

Tabla 17 Consumo de energía eléctrica al mes.

	Energía consumida al mes [kWh]
Edificio tradicional	13,327.07
Edificio Alternativo	6,865.59

Fuente: Elaboración propia

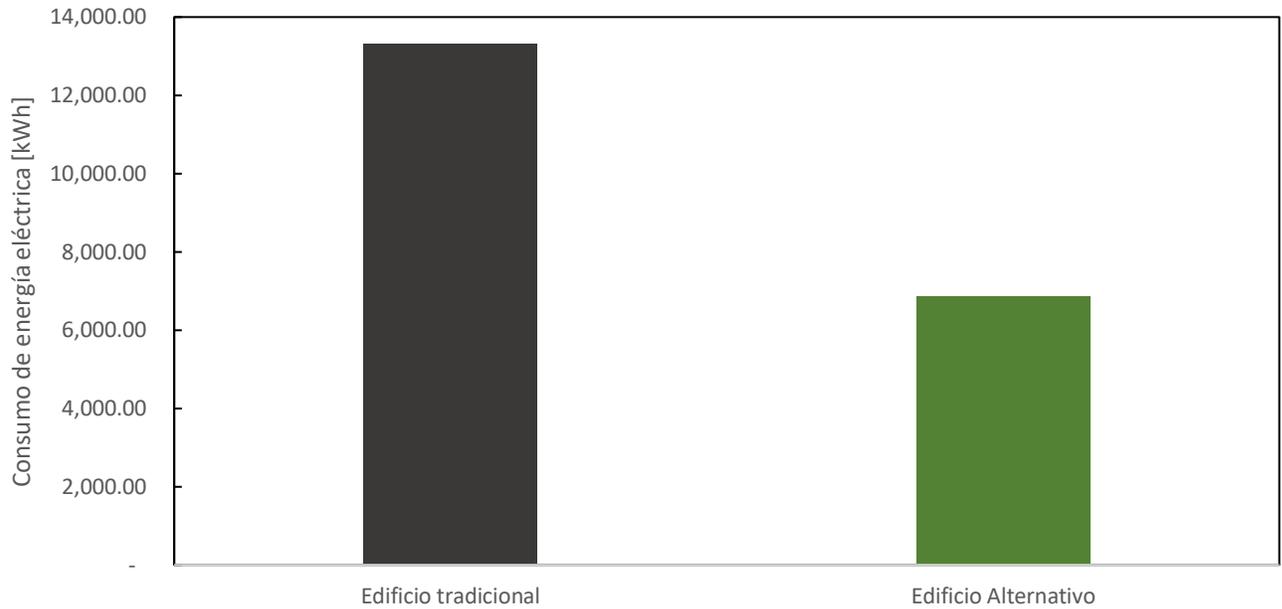


Ilustración 21 Consumo de energía eléctrica al mes.

Fuente: Elaboración propia

En base al consumo que se obtuvo al mes por parte de ambos edificios, se procedió a calcular el costo de energía eléctrica anual. El edificio tradicional tuvo un costo de energía de L 527,751.86 y el edificio alternativo tuvo un costo de energía anual de L 271,877.54 tal y como podemos ver en la tabla 18.

Se obtuvo un costo diferencial de energía eléctrica anual de L 255,874.31

Tabla 18 Costo de energía eléctrica anual.

	Costo de energía eléctrica anual
Edificio Tradicional	L 527,751.86
Edificio Alternativo	L 271,877.54

Fuente: Elaboración propia

VI. CONCLUSIONES

Se ha realizado una comparación de cargas térmicas y consumo de energía eléctrica entre dos tipos de edificios para oficina. Un edificio construido con materiales tradicionales y un edificio construido con materiales alternativos con una adecuada resistencia térmica. Esta investigación se comenzó aplicando las normas y criterios de ASHRAE para el diseño del edificio alternativo. Se utilizó el programa Trace 700 para calcular las cargas térmicas de cada oficina para ambos tipos de edificios. En base a los resultados obtenidos, se seleccionaron los aires acondicionados adecuados. Se calcularon los precios de los materiales y equipos de aire acondicionado para el análisis de costo. A su vez se analizó el consumo de energía eléctrica y el ahorro energético por parte de los aires acondicionados para ambos tipos de edificios. De los resultados y análisis obtenido se concluyó lo siguiente:

- Se determinó que, al diseñar un edificio energéticamente eficiente, la aplicación de las normativas ASHRAE es fundamental para lograr una reducción de cargas térmicas en edificios para oficinas y obtener el beneficio de un ahorro energético por parte de los aires acondicionados.
- Se logró identificar los materiales tradicionales usados en la construcción de edificios y se logró identificar los materiales alternativos adecuados para cumplir con las normativas ASHRAE para asegurar una reducción de cargas térmicas en áreas climatizadas.
- En base a los resultados obtenidos de cargas térmicas se identificaron los equipos de aire acondicionado adecuados para ambos tipos de edificios, dependiendo de su nivel de cargas térmicas en las oficinas. Se determinó que el edificio tradicional usaría equipos de 24,000 y 36,000 BTU y el edificio alternativo usaría equipos de 12,000 y 18,000 BTU.
- Los niveles de cargas térmicas en las oficinas del edificio alternativo son menores que el de las oficinas del edificio tradicional, por lo tanto, se determinó que el edificio alternativo usaría equipos de aire acondicionado con menor potencia que el edificio tradicional. Como resultado el edificio alternativo tendría un consumo energético del 48 % aproximadamente con respecto al consumo energético del edificio tradicional.
- En el análisis de costo se determinó que el proyecto es sumamente viable, al tener un costo diferencial para los materiales y equipos de aire acondicionado entre ambos tipos

de edificios de L. 319,467.96 y un costo energético anual diferencial de L. 255,874.31, lo cual nos indica que en prácticamente dos años se recuperaría la inversión en materiales con una adecuada resistencia térmica.

Esta investigación se limitó a hacer un análisis comparativo entre dos escenarios con materiales y equipos disponibles en el mercado local, se recomendaría un análisis comparativo de más escenarios con distintas combinaciones de equipos y materiales de construcción disponibles en el mercado internacional para determinar con mejor precisión la opción más viable.

Esta investigación pretender ser una referencia para dar a conocer el beneficio térmico y energético que se puede tener al implementar materiales con una adecuada resistencia térmica. En clima cálidos como el Valle de Sula, Honduras, es muy importante mantener un ambiente climatizado adecuado en el trabajo para que el usuario no sea afectado por altas temperaturas y perturben su eficiencia.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar la normativa ASHRAE en cualquier diseño constructivo que requiera contar con un ambiente climatizado adecuado y un ahorro energético importante.
- Los materiales alternativos necesitan ser más utilizados e implementados en cualquier construcción de edificaciones que se realice en el Valle de Sula puesto que el clima es cálido y húmedo, lográndose un considerable ahorro energético a nivel residencial, comercial e industrial.
- Al diseñar una construcción se recomienda el uso de un software para calcular los niveles de cargas térmicas para determinar la potencia apropiada de los equipos de aire acondicionado en las áreas sujetas a climatización.
- Para implementar políticas que permitan el ahorro energético a través del uso de materiales alternativos con una adecuada resistencia térmica, será necesaria la creación de leyes que exijan el cumplimiento de normas para el diseño de climatizaciones en la construcción de edificaciones, considerando, principalmente, que la inversión para la adquisición de dichos materiales alternativos se recuperaría rápidamente con el ahorro energético obtenido.

VIII. EVOLUCIÓN DE TRABAJO ACTUAL

Esta investigación fue desarrollada considerando materiales alternativos con resistencia térmica adecuada, que estuvieran disponibles en el mercado local. Una segunda etapa de este trabajo investigativo, consistiría en utilizar materiales alternativos existentes en otras regiones del mundo para comparar los beneficios de carga térmica y comprobar si la importación de estos materiales se justificaría con el ahorro energético que se obtenga.

IX. BIBLIOGRAFÍA

ASHRAE. (2013). *ASHRAE 169-2013*.

Asier Mediavilla, J. L. (2015). – *Plataforma colaborativa en la nube basada en BIM para el diseño de edificios energéticamente eficientes*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Inaki_Prieto/publication/308304305_HOLISTEEC_-_Plataforma_colaborativa_en_la_nube_basada_en_BIM_para_el_diseno_de_edificios_energeticamente_eficientes/links/57dfeec308ae1dcfea866b48/HOLISTEEC-Plataforma-colaborativa-en

Baixas, J. (2012). ENVOLVENTES: LA PIEL DE LOS EDIFICIOS. *SciELO*, 4.

Cideu. (14 de julio de 2008). *Zona Metropolitana Valle del Sula*. Obtenido de <https://www.cideu.org/>: <https://www.cideu.org/miembro/zona-metropolitana-valle-del-sula/#:~:text=Alrededor%20del%2055%25%20del%20Producto,sus%20centros%20urbanos%20como%20rurales>.

ec.europa.eu. (17 de febrero de 2020). *En el punto de mira: la eficiencia energética de los edificios*. Obtenido de ec.europa.eu: https://ec.europa.eu/info/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-feb-17_es#:~:text=En%20su%20conjunto%2C%20los%20edificios,%2C%20utilizaci%C3%B3n%2C%20renovaci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n.

Enerdata. (2020). *Consumo nacional de electricidad*. Obtenido de Enerdata: <https://datos.enerdata.net/electricidad/datos-consumo-electricidad-hogar.html>

Ernesto Kuchen, S. P. (2012). Eficiencia Energética y Confort en Edificios de Oficina: el Caso Alemán. *Hábitat Sustentable*, 11.

Franco, J. T. (2018). *Plataforma Arquitectura*. Obtenido de [https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/898485/como-calculer-la-transmitancia-termica-valor-u-en-la-envolvente-material-de-un-edificio#:~:text=R%20%3D%20e%20%2F%20λ,m\)%20\(según%20cada%20material\)](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/898485/como-calculer-la-transmitancia-termica-valor-u-en-la-envolvente-material-de-un-edificio#:~:text=R%20%3D%20e%20%2F%20λ,m)%20(según%20cada%20material))

- Mosquera, J. L. (diciembre de 2015). *Eficiencia energética y ahorro de energía en el Ecuador*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/291356686_Eficiencia_energetica_y_ahorro_de_energia_en_el_Ecuador
- Mundo, A. (s.f.). *AceroMundo*. Obtenido de <https://aceromundo.com.mx/que-es-el-aislamiento-termico-en-edificios/#:~:text=El%20aislamiento%20t%C3%A9rmico%20en%20edificios%20es%20la%20capacidad%20de%20controlar,su%20nivel%20de%20aislamiento%20t%C3%A9rmico>
- OnVentanas. (22 de Julio de 2019). Obtenido de <https://www.onventanas.com/tipos-vidrio-ventanas/>
- Pérez, R. G. (2013). Edificación y eficiencia energética en los edificios . En R. G. Pérez, *Edificación y eficiencia energética en los edificios* (pág. 339). Málaga: IC Editorial.
- Prensa, L. (02 de febrero de 2020). *Valle de Sula enfrentará graves racionamientos*. Obtenido de [laprensa.hn: https://www.laprensa.hn/premium/1353686-410/valle-de-sula-enfrentar%C3%A1-graves-racionamientos](https://www.laprensa.hn/premium/1353686-410/valle-de-sula-enfrentar%C3%A1-graves-racionamientos)
- Prodex. (2008). Manual de especificaciones técnicas Prodex . En Prodex, *Manual de especificaciones técnicas Prodex* (pág. 150).
- questionpro. (s.f.). *questionpro*. Obtenido de [www.questionpro.com: https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-variables-en-una-investigacion/#:~:text=Una%20variable%20de%20investigaci%C3%B3n%20o,un%20experimento%20comprobando%20los%20resultados](https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-variables-en-una-investigacion/#:~:text=Una%20variable%20de%20investigaci%C3%B3n%20o,un%20experimento%20comprobando%20los%20resultados).
- Redhonduras. (s.f.). *Municipio de San Pedro Sula*. Obtenido de [redhonduras: https://redhonduras.com/geografia/san-pedro-sula/](https://redhonduras.com/geografia/san-pedro-sula/)
- Revistaei. (28 de septiembre de 2011). *Los edificios consumen más del 40% de la energía a nivel mundial*. Obtenido de [revistaei: https://www.revistaei.cl/2011/09/28/los-edificios-consumen-mas-del-40-de-la-energia-a-nivel-](https://www.revistaei.cl/2011/09/28/los-edificios-consumen-mas-del-40-de-la-energia-a-nivel-)

mundial/#:~:text=Seg%C3%BAun%20estudio%20realizado%20por,las%20consecue
ncias%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico.

Térmica, T. (s.f.). Obtenido de <https://qsystemsaluminio.com/>:
<https://qsystemsaluminio.com/transmitancia-termica/>

X. ANEXOS

Anexo 1 Resultados de cargas térmicas en el edificio alternativo.

SYSTEM SUMMARY
DESIGN COOLING CAPACITIES
 By ICCE

Alternative 1

Building Airside Systems and Plant Capacities

Plant	System	Peak Plant Loads							Block Plant Loads									
		Main Coil ton	Aux Coil ton	Opt Vent Coil ton	Misc Load ton	Stg 1	Stg 2	Base Utility ton	Peak Total ton	Time Of Peak mo/hr	Main Coil ton	Aux Coil ton	Opt Vent Coil ton	Misc Load ton	Stg 1	Stg 2	Base Utility ton	Block Total ton
						Desic Cond ton	Desic Cond ton								Desic Cond ton	Desic Cond ton		
UC-01		13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8	5/15	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8
	OFICINA N1 01 EDIF ALTERNATIVO	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	5/15	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
	OFICINA N1 02 EDIF ALTERNATIVO	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	5/15	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
	OFICINA N1 03 EDIF ALTERNATIVO	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	5/15	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
	OFICINA N1 04 EDIF ALTERNATIVO	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	5/15	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
	OFICINA N2 01 EDIF ALTERNATIVO	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	5/15	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
	OFICINA N2 02 EDIF ALTERNATIVO	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	5/15	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
	OFICINA N2 03 EDIF ALTERNATIVO	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	5/15	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
	OFICINA N2 04 EDIF ALTERNATIVO	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	5/15	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
	OFICINA N3 01 EDIF ALTERNATIVO	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	5/15	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
	OFICINA N3 02 EDIF ALTERNATIVO	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	5/15	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
	OFICINA N3 03 EDIF ALTERNATIVO	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	5/15	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
	OFICINA N3 04 EDIF ALTERNATIVO	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	5/15	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
Building totals		13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8		13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8

Building peak load is 13.8 tons.

Building maximum block load of 13.8 tons occurs in May at hour 15 based on system simulation.

Anexo 2 Resultados de cargas térmicas en el edificio tradicional.

SYSTEM SUMMARY
DESIGN COOLING CAPACITIES
 By ICCE

Alternative 1

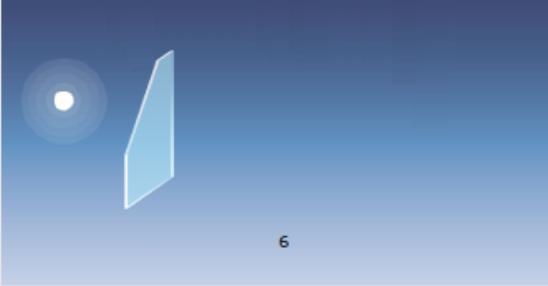
Building Airside Systems and Plant Capacities

Plant	System	Peak Plant Loads								Block Plant Loads									
		Main Coil ton	Aux Coil ton	Opt Vent ton	Misc Load ton	Stg 1	Stg 2	Base Utility ton	Peak Total ton	Time Of Peak mo/hr	Main Coil ton	Aux Coil ton	Opt Vent ton	Misc Load ton	Stg 1	Stg 2	Base Utility ton	Block Total ton	
						Desic Cond ton	Desic Cond ton								Desic Cond ton	Desic Cond ton			
UC-01		26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0	9/10	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0
	OFICINA N1 01 EDIF TRADI	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	9/10	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
	OFICINA N1 02 EDIF TRADI	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	9/10	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
	OFICINA N1 03 EDIF TRADI	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	9/10	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
	OFICINA N1 04 EDIF TRADI	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	9/10	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
	OFICINA N2 01 EDIF TRADI	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	9/10	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
	OFICINA N2 02 EDIF TRADI	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	9/10	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
	OFICINA N2 03 EDIF TRADI	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	9/10	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
	OFICINA N2 04 EDIF TRADI	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	9/10	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
	OFICINA N3 01 EDIF TRADI	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	9/10	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
	OFICINA N3 02 EDIF TRADI	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	9/10	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
	OFICINA N3 03 EDIF TRADI	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	9/10	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
	OFICINA N3 04 EDIF TRADI	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	9/10	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
Building totals		26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0		25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0

Building peak load is 26.0 tons.

Building maximum block load of 25.0 tons occurs in September at hour 10 based on system simulation.

Anexo 3 Especificaciones técnicas lámina de vidrio.



6

Hoja 1
INCOLORO 6 mm

Nombre : Gerencia Comercial

País : Honduras

Comentarios:

<p> FACTOR LUMINOSO NFRC</p> <p>Trans. Luminosa (TL) 90%</p> <p>Reflexión exterior (RLe) 8%</p> <p>Reflexión interior (RLi) 8%</p> <p> TRANS. TÉRMICA NFRC</p> <p>Ug Verano: 5.24 W/(m² .K) 0.92 Btu/(h.ft² .F)</p> <p> Invierno: 5.80 W/(m² .K) 1.02 Btu/(h.ft² .F)</p> <p>R Verano: 0.19 (m² .K)/W 1.08 (h.ft² .F)/Btu</p> <p> Invierno: 0.17 (m² .K)/W 0.98 (h.ft² .F)/Btu</p> <p>0° respecto de pos. vertical</p> <p> DIMENSIONES DE FABRICACIÓN</p> <p>Espesor nominal 6.00 mm</p> <p>Peso 15 kg/m²</p> <p> ACÚSTICA EN 12758</p> <p>Rw(C;Ctr) 32 (-1; -2) dB</p> <p> TRANSMISION UV NFRC</p> <p>TUV 67%</p> <p> SEG.DE USO EN 12600</p> <p>Resistencia a Impacto de Cuerno Pendular NPD</p>	<p> FACTORES ENERGÉTICOS NFRC</p> <p>Trans. energética (TE) 85%</p> <p>Refl. energ. exterior (Ree) 8%</p> <p>Refl. energ. interior (REi) 8%</p> <p>Absorción energ. A1(AE1) 8%</p> <p>Absorción energ. A2</p> <p>Absorción energ. A3</p> <p> FACTOR SOLAR NFRC</p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Verano</td> <td style="text-align: center;">Invierno</td> </tr> <tr> <td>Factor Solar (g)</td> <td style="text-align: center;">87%</td> <td style="text-align: center;">NaN%</td> </tr> <tr> <td>Coef. de Sombra (SC)</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">1.00</td> </tr> </table> <p> INDICE DE REPRODUCCIÓN DE COLOR</p> <p>Ra Trans. Luminosa 99</p> <p>Ra Reflexión exterior 98</p> <p> ANTI-AGRESIÓN EN356</p> <p>Resistencia Anti-Agresión NPD</p>		Verano	Invierno	Factor Solar (g)	87%	NaN%	Coef. de Sombra (SC)	1.00	
	Verano	Invierno								
Factor Solar (g)	87%	NaN%								
Coef. de Sombra (SC)	1.00									

Los valores ofrecidos en relación a la norma NFRC-2010 son indicativos. Por favor, utilice el programa certificado NFRC para obtener valores autenticados. El usuario debe imperativamente verificar la posibilidad real de combinar productos y de forma muy especial la combinación de capas, sustratos de diferente color y espesores, así como la disponibilidad comercial de la combinación realizada. Es responsabilidad del usuario verificar que la combinación de vidrios realizada es apta para la aplicación y el uso previsto y cumple con las exigencias reglamentarias que le sean exigibles a nivel nacional, autonómico o local. Los índices acústicos son representaciones del comportamiento acústico ensayado en laboratorio sobre acristalamientos de dimensiones 1.23x1.48m (EN ISO 10140-3 y EN 12758). Las mediciones realizadas in situ pueden diferir en función de las dimensiones del acristalamiento, ambiente, calidad y correcta instalación de los marcos de la ventana, fuente de ruido, etc. La precisión de los índices acústicos aportados pueden variar en un rango de +/- 1dB (EN 12758). Todas las representaciones de acristalamientos son ilustrativas.





ACM - ALUMINIO - PVC - VIDRIO

Anexo 4 Especificaciones técnicas doble lámina de vidrio.



Soluciones Arquitectónicas S.A. - Windotec

Fabrica: Conf. El Baron Edif. 7 Bodega 3

Salida vieja a La Lima - San Pedro Sula - Honduras

R.T.N. 05019011398934 Sala de Ventas S.P.S. 25440058

www.windotec.hn - servicioalcliente@windotec.net

DATOS DEL PRESUPUESTO	DATOS DEL CLIENTE
PRESUPUESTO N°: A / 675 - 1 FECHA: 12/5/2020 FORMA DE ENTREGA: En Obra FORMA DE PAGO: 70%Anticipo+30%ParaDespacho	Cliente: MARTIN MAYORQUIN 1446 Direccion: SPS Ciudad: , Pais: Tel. - Cel. 9441-1308 - Email

OBRA:

A continuación se detalla a usted la cotización por Suministro de PVC Blanco con Vidrio Insulado (Precios no incluyen instalación)

TIPO	GRAFICO	DESCRIPCION	UDS	IMPORTE	TOTAL
V-01		Ventana con vidrio Fijo <ul style="list-style-type: none"> Serie: ABATIBLE IDEAL 2000 Color: BLANCO Medida: 2500 x 2500 mm Superficie: Vidrio Insulado Low E Claro 6mm + 8Air + Claro 4mm 1.169 x 2.394 m Transmitancia térmica: 2.94 W/m2K 	1	979,43 \$	979,43 \$
P-01		Puerta Abatible 1 Hoja <ul style="list-style-type: none"> Serie: ABATIBLE IDEAL 2000 Color: BLANCO Medida: 1000 x 2200 mm Superficie: Vidrio Insulado Low E Claro 6mm + 8Air + Claro 4mm 1.169 x 2.394 m (2 u.) 	1	623,87 \$	623,87 \$

Anexo 5 Aislantes térmicos R8 y R19.



EcoTouch® PINK® FIBERGLAS™ Insulation

Manufacturers Fact Sheet

This fact sheet contains important details about Owens Corning® EcoTouch® PINK® FIBERGLAS™ Insulation. The chart below covers the entire line of EcoTouch® products sold under the names FastBatt™, Cathedral Batt, Basement Blanket™, Sound Attenuation Batt (SAB), Flame Spread 25 and Sonobatts®. The chart includes all products, both unfaced and faced with Kraft paper, foil, polyethylene ("Poly"), FSK or PSK.

EcoTouch® PINK® FIBERGLAS™ Insulation

R-value	Thickness (inches)	Width (inches)	Length (inches)	Piece Sq. Ft.	Pieces/Package	Package Sq. Ft.
8	2.5	16	96	10.7	20	213.3
8	2.5	24	96	16.0	20	320.0
11	3.5	15	93	9.7	16	155.0
11	3.5	15	94	9.8	9	88.1
11	3.5	15	105	10.9	16	175.0
11	3.5	16	96	10.7	16	170.7
11	3.5	23	93	14.9	16	237.7
11	3.5	23	96	15.3	16	245.3
11	3.5	24	48	8.0	32	256.0
11	3.5	24	96	16.0	16	256.0
11	3.5	48	720	240.0	1	240.0
13	3.5	11	93	7.1	22	156.3
13	3.5	15	93	9.7	10	96.9
13	3.5	15	93	9.7	11	106.6
13	3.5	15	93	9.7	13	125.9
13	3.5	15	105	10.9	12	131.3
13	3.5	15	94	9.8	9	88.1
13	3.5	15.25	93	9.8	12	118.2
13	3.5	15.25	93	9.8	13	128.0
13	3.5	15.25	105	11.1	12	133.4
13	3.5	16	96	10.7	11	117.3
13	3.5	16	96	10.7	13	138.7
13	3.5	19.25	93	12.4	11	136.8

EcoTouch® PINK® FIBERGLAS™ Insulation

R-value	Thickness (inches)	Width (inches)	Length (inches)	Piece Sq. Ft.	Pieces/Package	Package Sq. Ft.
13	3.5	23	93	14.9	11	163.4
13	3.5	24	48	8.0	24	192.0
13	3.5	24	96	16.0	11	176.0
13	3.5	24	96	16.0	12	192.0
13	3.5	48	480	160.0	1	160.0
15	3.5	11	93	7.1	14	99.5
15	3.5	15	93	9.7	7	67.8
15	3.5	15	93	9.7	8	77.5
15	3.5	15	105	10.9	7	76.6
15	3.5	15	105	10.9	8	87.5
15	3.5	16	96	10.7	7	74.7
15	3.5	16	96	10.7	8	85.3
15	3.5	23	93	14.9	7	104.0
15	3.5	24	96	16.0	7	112.0
19	6.25	11	93	7.1	16	113.7
19	6.25	15	48	5.0	16	80.0
19	6.25	15	93	9.7	8	77.5
19	6.25	15	94	9.8	5	49.0
19	6.25	15	105	10.9	8	87.5
19	6.25	15	470	49.0	1	49.0
19	6.25	15.25	93	9.8	8	78.8
19	6.25	15.25	105	11.1	8	89.0
19	6.25	16	48	5.3	16	85.3
19	6.25	16	96	10.7	8	85.3
19	6.25	19.25	48	6.4	16	102.7
19	6.25	19.25	93	12.4	8	99.5
19	6.25	19.25	96	12.8	8	102.7
19	6.25	23	48	7.7	16	122.7
19	6.25	23	93	14.9	8	118.8
19	6.25	23	94	15.0	5	75.1
19	6.25	23	96	15.3	8	122.7
19	6.25	23	470	75.1	1	75.1
19	6.25	24	48	8.0	16	128.0
19	6.25	24	96	16.0	8	128.0
19	6.25	48	470	156.7	1	156.7
19	6.25	48	480	160.0	1	160.0
20	5.5	15	93	9.7	8	77.5
20	5.5	15	105	10.9	8	87.5
20	5.5	23	93	14.9	8	118.8
21	5.5	15	93	9.7	7	67.8
21	5.5	15	93	9.7	8	77.5
21	5.5	15	105	10.9	8	87.5
21	5.5	16	96	10.7	7	74.7

Read This Before You Buy

What you should know about R-Values

The chart shows the R-values of this insulation. R means resistance to heat flow. The higher the R-value, the greater the insulating power. Compare insulation R-values before you buy.

There are other factors to consider. The amount of insulation you need depends mainly on the climate you live in. Also, your fuel savings from insulation will depend on the climate, the type and size of house, the amount of insulation already in your house, and your fuel-use patterns and family size. If you buy too much insulation, it will cost you more than what you'll save on fuel.

To get the marked R-value, it is essential that this insulation be installed properly.