



MAESTRÍA EN GESTIÓN DE LA CONSTRUCCION

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**EL SISTEMA DRYWALL COMO OPCIÓN DE MEJORA DE LA HABITABILIDAD EN
EDIFICACIONES RESIDENCIALES DEL SECTOR NOR OESTE DEL DISTRITO DE**

PIURA EN EL AÑO 2020

PRESENTADO POR:

ARQ. GIANCARLO RENE BENDEZÚ MARTÍNEZ

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

ASESOR: JAIME EXEQUIEL ESPINOZA ROSADO

LIMA – PERÚ

2021

RESUMEN

El presente trabajo de investigación busca determinar la factibilidad de usar el sistema drywall para mejorar las condiciones de habitabilidad a través del confort térmico y acústico en edificaciones residenciales, para lo cual se presenta el análisis cualitativo de los componentes del sistema drywall y cómo estos responden a factores como el flujo de calor y ruido, evaluando particularidades como la resistencia térmica, coeficiente de reducción de ruido, conductividad térmica y clase de transmisión de sonido.

Se utilizan procedimientos inductivos para explicar el fenómeno estudiado permitiendo construir teorías, hipótesis y proposiciones partiendo de marcos teóricos existentes, así mismo se aplica un cuestionario pre estructurado con alternativas de respuesta basadas en la escala de Likert con el propósito de obtener la opinión de expertos sobre la aplicación del sistema drywall como opción de mejora de la habitabilidad en edificaciones residenciales.

Los resultados evidencian que el sistema impacta de manera positiva en la habitabilidad logrando mejorar los niveles de confort térmico y acústicos, sin embargo, algunos componentes deben ser reemplazados para mejorar la eficiencia del sistema.

Por lo tanto, se concluye que el sistema drywall sí mejora las condiciones de salud y confort, características mínimas para lograr las condiciones de habitabilidad en edificaciones residenciales.

Palabras clave: Sistema Drywall, muros trasdosados, aislamiento térmico, aislamiento acústico, habitabilidad.

ABSTRACT

This research work seeks to determine the feasibility of using the drywall system to improve living conditions through thermal and acoustic comfort in residential buildings, for which the qualitative analysis of the components of the drywall system and how they respond to factors such as heat flow and noise, evaluating particularities such as thermal resistance, noise reduction coefficient, thermal conductivity and sound transmission class.

Inductive procedures are used to explain the studied phenomenon allowing the construction of theories, hypotheses and propositions based on existing theoretical frameworks, likewise a pre-structured questionnaire with response alternatives based on the Likert scale is applied in order to obtain the opinion of experts on the application of the drywall system as an option to improve habitability in residential buildings.

The results show that the system has a positive impact on habitability, improving the levels of thermal and acoustic comfort, however some components must be replaced to improve the efficiency of the system.

Therefore, it is concluded that the drywall system does improve health and comfort conditions, minimum characteristics to achieve habitability conditions in residential buildings.

Keywords: Drywall system, lining wall, thermal insulation, acoustic insulation, habitability.

| | |
|---|------|
| RESUMEN | ii |
| ABSTRACT..... | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS | v |
| INDICE DE FIGURAS..... | vi |
| Delimitación del tema | viii |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.1 Situación problemática..... | 1 |
| 1.2 Preguntas de investigación | 3 |
| 1.2.1 Pregunta general | 3 |
| 1.2.2 Preguntas específicas..... | 3 |
| 1.3 Objetivos de la investigación | 3 |
| 1.3.1 Objetivo general | 3 |
| 1.3.2 Objetivo específico | 3 |
| 1.4 Justificación..... | 4 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 5 |
| 2.1 Antecedentes de la investigación | 5 |
| 2.1.1 Antecedentes internacionales | 5 |
| 2.1.2 Antecedentes nacionales..... | 9 |
| 2.2 Bases Teóricas..... | 12 |
| 2.2.1 Sistema Drywall como aislamiento termoacústico..... | 12 |
| 2.2.1.1 Sistema Drywall..... | 12 |
| a) Definición | 12 |
| b) Componentes principales | 15 |
| - Perfiles de acero galvanizado..... | 18 |
| - Placas de yeso | 21 |

| | | |
|--------------------------------|--|----|
| - | Lana de fibra de vidrio..... | 23 |
| 2.2.1.2 | Aislamiento térmico..... | 24 |
| a) | Perfil de acero galvanizado..... | 29 |
| b) | Placa de yeso..... | 32 |
| c) | Lana de fibra de vidrio..... | 33 |
| 2.2.1.3 | Aislamiento acústico..... | 35 |
| a) | Perfil de acero galvanizado..... | 38 |
| b) | Placa de yeso..... | 39 |
| c) | Lana de fibra de vidrio..... | 40 |
| 2.2.2 | Habitabilidad en edificaciones..... | 41 |
| 2.2.2.1 | Confort térmico..... | 42 |
| 2.2.2.2 | Confort acústico..... | 46 |
| 2.2.3 | Aplicación del sistema drywall como muro trasdosado..... | 49 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGÍA..... | | 54 |
| 3.1 | Enfoque, alcance y diseño..... | 54 |
| 3.1.1 | Enfoque..... | 54 |
| 3.1.2 | Alcance..... | 54 |
| 3.1.3 | Diseño..... | 55 |
| 3.2 | Matrices de alineamiento..... | 56 |
| 3.2.1 | Matriz de consistencia..... | 56 |
| 3.2.2 | Matriz de operacionalización de variables..... | 57 |
| 3.3 | Población y muestra..... | 59 |
| 3.4 | Técnicas e instrumentos..... | 59 |
| 3.5 | Aplicación de instrumentos..... | 60 |

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS | 62 |
| 4.1 Resultados y análisis del sistema drywall como aislamiento termoacústico | 63 |
| 4.2 Análisis de la relación entre el sistema drywall y la habitabilidad en edificaciones residenciales. | 73 |
| CAPÍTULO V: PROPUESTA DE SOLUCIÓN | 74 |
| 5.1 Propósito..... | 74 |
| 5.2 Actividades..... | 78 |
| 5.2.1 Análisis y zonificación de valores de resistencia térmica y transmisión acústica requeridos en el sector nor oeste de la ciudad de Piura. | 78 |
| 5.2.2 Diseño de detalles y procedimientos de construcción de muros trasdosados como aislamiento termoacústico de edificaciones residenciales. | 78 |
| 5.2.3 Estimación de costo aproximado por m2 de muro instalado..... | 78 |
| 5.2.4 Reunión de difusión al público sobre los beneficios y ventajas del muro trasdosado de drywall en el aislamiento termoacústico de edificaciones residenciales. | 78 |
| 5.3 Cronograma de ejecución..... | 79 |
| 5.4 Análisis costo beneficio | 80 |
| CONCLUSIONES | 83 |
| RECOMENDACIONES..... | 84 |
| Referencias BIBLIOGRÁFICAS..... | 85 |
| ANEXOS | 96 |
| Anexo 1 | 96 |
| Cuestionario | 96 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Características del Sistema Drywall | 13 |
| Tabla 2 Niveles de STC | 36 |
| Tabla 3 Matriz de consistencia..... | 56 |
| Tabla 4 Matriz de operacionalización de variables..... | 57 |
| Tabla 5 Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 1 | 63 |
| Tabla 6 Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 2 | 64 |
| Tabla 7 Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 3 | 65 |
| Tabla 8 Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 4 | 66 |
| Tabla 9 Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 5 | 67 |
| Tabla 10 Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 6..... | 68 |
| Tabla 11 Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 7..... | 69 |
| Tabla 12 Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 2..... | 70 |
| Tabla 13 El Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 2 | 71 |
| Tabla 14 Edificaciones Residenciales – Cuestionario escala de Likert: ítem 10..... | 72 |
| Tabla 15 Transmitancia térmica (U) W/m ² K de muro perimétrico de ladrillo común tarrajado | 76 |
| Tabla 16 Transmitancia térmica (U) W/m ² K de muro de drywall trasdosado..... | 77 |
| Tabla 17 Cronograma de ejecución de propuesta | 79 |
| Tabla 18 Costos por actividad para desarrollar la propuesta | 80 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Temperaturas promedio por hora de todo el año en la ciudad de Piura | 15 |
| Figura 2 Elementos principales en el sistema drywall..... | 18 |
| Figura 3 Perfilería de acero galvanizado para drywall | 20 |
| Figura 4 Tipos de palcas de yeso | 22 |
| Figura 5 Transmitancia térmica con Valor $U=1$ por m^2 | 26 |
| Figura 6 Niveles de confort térmico interior y exterior | 27 |
| Figura 7 Transmisión de calor a través de la envolvente en una edificación | 28 |
| Figura 8 Eficiencia en la insulación térmica..... | 29 |
| Figura 9 Reducción de insulación térmica..... | 30 |
| Figura 10 Distribución de temperatura a través de parantes de acero. | 31 |
| Figura 11 Distribución de flujo de calor por parantes de acero..... | 31 |
| Figura 12 Movimiento del fujo de calor a través de la estructura de un tabique..... | 32 |
| Figura 13 Conductividad térmica de Ladrillo y Placa de yeso laminada (PYL) | 33 |
| Figura 14 Valor R-22 para distintos materiales | 34 |
| Figura 15 Reflexión, transmisión, aislamiento y absorción del sonido | 35 |
| Figura 16 Reducción del sonido a través en db | 37 |
| Figura 17 Coeficiente de reducción de ruido (NRC) | 37 |
| Figura 18 Distinta vibración por ondas a) $f=50\text{Hz}$ genera que el perfil de distorsione separando los extremos, b) $f=2000\text{Hz}$ genera vibraciones cortas en el perfil sin distorsionar notablemente sus extremos, los colores indican la magnitud de la vibración. | 38 |
| Figura 19 Modulación y calibre de perfiles y su impacto en el STC..... | 39 |
| Figura 20 Absorción del sonido vs Materiales | 41 |
| Figura 21 Grafico Psicométrico de Givoni | 45 |
| Figura 22 Zona de confort térmica Verano – Invierno | 46 |
| Figura 23 Ruido generado por actividades | 47 |
| Figura 24 Los efectos en la salud..... | 47 |
| Figura 25 Tipo de trasdosados (a) directo con pegamento, b) directo con estructura auxiliar, c) autoportante..... | 50 |
| Figura 26 Muro trasdosado autoportante a) fijación puntual al muro, b) estructura independiente. | 50 |

| | |
|---|----|
| Figura 27 Muro trasdosado a muro perimétrico de ladrillo | 51 |
| Figura 28 Prestaciones térmicas de muros trasdosado y transmitancia térmica | 52 |
| Figura 29 Prestaciones acústicas de muros trasdosados y aislamiento al ruido aéreo | 52 |
| Figura 30 Esquema en vivienda típica medianera | 53 |
| Figura 31 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 1 | 63 |
| Figura 32 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 2 | 64 |
| Figura 33 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 3 | 65 |
| Figura 34 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 4 | 66 |
| Figura 35 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 5 | 67 |
| Figura 36 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 6 | 68 |
| Figura 37 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 7 | 69 |
| Figura 38 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 8 | 70 |
| Figura 39 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 9 | 71 |
| Figura 40 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 10 | 72 |
| Figura 41 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 14 | 73 |
| Figura 42 Zonificación bioclimática del Perú..... | 74 |
| Figura 43 Valores máximo de transmitancia térmica (U) en W/m^2K | 75 |
| Figura 44 Conductividad térmica de ladrillo corriente y mortero cemento-arena..... | 75 |
| Figura 45 Detalle general para muro trasdosado de Drywall en perímetro de ladrillo..... | 77 |

DELIMITACIÓN DEL TEMA

En el presente desarrollo busca analizar el desempeño de los componentes del sistema constructivo no convencional tipo Drywall, materiales, técnicas, aportes y complemento al sistema constructivo convencional como opción de mejora de la habitabilidad, enfocado en mejorar la calidad térmica y acústica de las edificaciones residenciales del Sector Nor Oeste del Distrito de Piura en el año 2020 tomando en cuenta las características asociadas a edificaciones de uso residencial.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

Con el transcurrir del tiempo la vivienda, definida como una construcción acondicionada para habitar ha ido evolucionando, desde el uso de materiales rudimentarios e incipientes técnicas constructivas para hacer frente principalmente al clima, con materiales como el barro cocido, que constituyó el punto de partida en el proceso evolutivo de la industria de la construcción hasta procesos tecnológicos e industrializados que a través de factores fundamentales como la economía y el desarrollo tecnológico generan mayor demanda y dispendio de recursos naturales principalmente energía y agua, por lo que la tendencia en los últimos años se ha enfocado en utilizar materiales y diseñar procesos que se centren en el montaje en seco de elementos prefabricados y modulados con características que ayuden a mejorar el confort y las condiciones de habitabilidad, específicamente el térmico y acústico de los espacios interiores.

Miranda et al. (2015) afirman que a nivel mundial la construcción utiliza de manera directa más del 40% de la energía y aproximadamente la mitad de los materiales producidos, inclusive produce más del 50% de los residuos. A pesar de ello, en nuestro país numerosas ciudades continúan con la tradición de edificar usando únicamente métodos constructivos convencionales y húmedos como el concreto armado y albañilería confinada, que aparte de ser lento trae consigo un elevado costo y excesivo consumo de materiales.

El crecimiento urbano edificatorio del sector residencial muestra un estancamiento del sistema constructivo convencional y poco sostenible, siendo el principal responsable del uso desmedido de recursos, dejando de lado un sistema constructivo en seco tipo Drywall que con el transcurrir de los años se ha logrado implantar en el mercado inmobiliario mundial a razón de ser un sistema versátil, alternativo y complementario en la construcción, ampliación y remodelación

que articula las tres variables conocidas como el triángulo de hierro del *project management* (costo, tiempo, y alcance). (Salas, 2016)

En Perú, por tradición o falta de información relacionada a los métodos constructivos existentes, complementarios o alternativos para la construcción de viviendas, se prefiere utilizar únicamente el sistema de albañilería confinada el cual es a nivel mundial el que genera mayor porcentaje de desperdicio sin muchas posibilidades de reciclaje, existen por ello opciones modernas como el sistema de edificación en seco tipo Drywall, que mejora, complementa y reemplaza a sistemas constructivos convencionales incrementando principalmente los niveles de confort térmico y acústico que repercuten en beneficios para sus habitantes.(Diario Expreso, 2019)

La problemática se sustenta en la necesidad de mejorar las condiciones de habitabilidad, orientado al confort termoacústico de las edificaciones de uso residencial construidas de un clima cálido desértico como es la ciudad de Piura, en el cual se emplea tradicionalmente la albañilería confinada.

Ante este óbice se manifiesta la inercia de investigar, describir y analizar el sistema constructivo no convencional tipo drywall; tomando como referencia los criterios, características buenas prácticas y estándares de confort termoacústico como propuesta constructiva complementaria o alternativa en edificaciones residenciales con la finalidad de conocer la conveniencia a través del uso de la tecnología de sus materiales y cómo estos se comportan frente a distintos factores como son la resistencia térmica, transmisión térmica, coeficiente de transmisión acústica, clase de transmisión de ruido y de qué manera impactan en las condiciones mínimas de habitabilidad en el cambiante mundo de la construcción moderna.

1.2 Preguntas de investigación

1.2.1 Pregunta general

¿De qué manera el sistema Drywall puede mejorar la habitabilidad en edificaciones residenciales de albañilería confinada en el sector Nor Oeste del distrito de Piura en el año 2020?

1.2.2 Preguntas específicas

- ¿Puede el sistema Drywall mejorar el confort térmico en edificaciones residenciales de albañilería confinada en el sector Nor Oeste del distrito de Piura en el año 2020?
- ¿Puede el sistema Drywall mejorar el confort acústico en edificaciones residenciales de albañilería confinada en el sector Nor Oeste del distrito de Piura en el año 2020?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar de qué manera el sistema Drywall puede mejorar la habitabilidad en edificaciones residenciales de albañilería confinada en el sector Nor Oeste del distrito de Piura en el año 2020

1.3.2 Objetivo específico

- Analizar y describir el sistema Drywall como opción de mejora del confort térmico en edificaciones residenciales de albañilería confinada en el sector Nor Oeste del distrito de Piura en el año 2020.
- Analizar y describir el sistema Drywall como opción de mejora del confort acústico en edificaciones residenciales de albañilería confinada en el sector Nor Oeste del distrito de Piura en el año 2020.

1.4 Justificación

En el presente desarrollo se buscó mostrar a nivel teórico el análisis de los componentes del sistema constructivo no convencional tipo Drywall como complemento a los métodos de construcción convencional. Así mismo mostrar a la sociedad la aplicación del sistema Drywall y los materiales que favorecen al desarrollo urbano sostenible y confortable como propuesta de aislamiento termoacústico para mejorar la habitabilidad en edificaciones residenciales en la ciudad de Piura.

Del mismo modo ofrecer información de calidad para el conocimiento y toma de decisión de profesionales y de la sociedad a través de un método alternativo o complementario que permita obtener mejores resultados con relación al sistema convencional.

A nivel práctico la intención es aportar alternativas que favorezcan a la población para mejorar el diseño y construcción, así como incrementar el confort y sostenibilidad en la construcción de edificaciones residenciales con un sistema constructivo moderno y no convencional que permita establecer nuevas políticas para mitigar el impacto ambiental.

A nivel metodológico el estudio hará uso del análisis de materiales y características asociadas al aislamiento y confort termoacústico del sistema edificativo Drywall, con la intención de presentar una propuesta de mayor conveniencia para incrementar las condiciones de habitabilidad en edificaciones residenciales.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Fontana (2019), en su investigación titulado “Uso do pré-fabricado drywall em casas populares” tuvo como objetivo analizar la posibilidad de aplicación del sistema drywall como método alternativo en viviendas populares con la finalidad de mejorar las variables de costo y tiempo asociados a su construcción y determinar los beneficios y desventajas acerca del uso de la tecnología asociada a este sistema constructivo, tomando como muestra los edificios populares en Brasil. La metodología precisa un cuantitativo, respecto al alcance se considera correlacional y el diseño de la investigación es no experimental.

El autor indica que dada la deficiente calidad y cantidad de edificaciones residenciales de uso popular en Brasil es necesario realizar la búsqueda de alternativas constructivas, encontrando que las ventajas del sistema con panel de yeso superan las desventajas, resaltando características de rendimiento acústico y resistencia a la temperatura, así mismo indica que el sistema permite realizar reparaciones de manera limpia y sin necesidad de materiales húmedos. Menciona que la construcción civil en Brasil se encuentra estancada por lo que él considera falta de conocimiento o rechazo a nuevos métodos y materiales.

Esta tesis es relevante porque muestra características que hacen al sistema drywall una alternativa sostenible examinada desde el punto de vista de los materiales, técnicas, versatilidad en el trabajo, limpieza y la capacidad de reciclar los residuos del proceso constructivo y su impacto en tiempo y costo comparado con el sistema convencional. Asimismo, el autor sostiene el ahorro que genera el sistema drywall y la calidad obtenida propio de un trabajo especializado junto al aprovechamiento de materiales previamente fabricados y listos para ensamblaje, del mismo modo

afirma que la reacción al uso del drywall no es totalmente negativa y observó que la desinformación es la raíz de la limitada aplicación en unidades residenciales.

Castro (2019) en su tesis “Diseño de una vivienda del programa Casa Para Todos en sistema “Steel Framing” y análisis comparativo económico con sistema de construcción tradicional” tuvo como objetivo promover alternativas constructivas que colaboren con el cuidado ambiental y la reducción o reutilización de los desperdicios, así como minimizar el uso de recursos no renovables sin descuidar el confort de los usuarios y la estética propia de un proyecto arquitectónico, tomando como muestra la tipología de construcción de viviendas convencionales y con sistema drywall. La metodología precisa un cuantitativo, respecto al alcance se considera correlacional y el diseño de la investigación es diseño no experimental.

El autor indica que el sistema estructural de acero galvanizado usado para la construcción en seco impacta positivamente reduciendo el costo y tiempo respecto al sistema tradicional, asimismo comenta que de acuerdo con su investigación este sistema es usado desde hace muchos años en otros países de América Latina, siendo aplicable a construcciones, remodelaciones y ampliaciones, sin embargo, la falta de acogida es atribuible a la desinformación de clientes y constructores.

La importancia de esta tesis es su aporte en cuanto al análisis del desperdicio, el nivel de CO₂ que se genera en la producción del sistema tradicional en contraposición al drywall, así como el reciclaje y reutilización de elementos portantes y la velocidad de construcción como factor determinante en el cumplimiento de cronogramas que repercuten en el ahorro e impacto ambiental.

Cortez & Muñoz (2020) en su investigación “Incremento del confort térmico en viviendas construidas con materiales ligeros” tuvieron como objetivo incrementar el confort térmico de una

vivienda construida con materiales ligeros mediante al análisis de alternativas de bajo costo la metodología precisa un enfoque mixto, respecto al alcance es correlacional y el diseño de la investigación se considera experimental.

Los autores resaltan que efectivamente el uso de materiales para mejorar la insulación de edificaciones residenciales generan mejores condiciones de habitabilidad térmica, menciona que el sistema drywall es una solución rápida y de fácil instalación, repercutiendo en un ahorro por concepto de instalación correspondiente en 40% en comparación con los sistemas tradicionales. Asimismo expresa que de acuerdo con la ASTM en el proceso E60-75, el panel de yeso es considerado como un material que proporciona altos valores acústicos.

La revisión de esta investigación es importante porque permite conocer que el confort térmico de las viviendas cuenta con grandes deficiencias debido a los materiales usados en la envolvente, los cuales por tradición cuentan con baja conductividad térmica, la cual es una característica importante en el aislamiento. Los resultados térmicos permitieron seleccionar una opción de mejores prestaciones y con costos accesibles convirtiéndose en una estrategia viable para muchas viviendas.

Venegas et al. (2018) en su investigación “Efecto del nivel de aislamiento en la respuesta térmica de una envolvente modificada con PCM de una vivienda en Chile”. Tuvieron como objetivo aumentar el rendimiento térmico de la envolvente en viviendas. La metodología precisa una perspectiva cuantitativa, el alcance se considera correlacional y el diseño de la investigación es experimental.

Los autores resaltan que Chile presenta un crecimiento constante, debido a ello se ha generado políticas para el ahorro energético a través del cambio de fase en los materiales de

construcción que conforman la envolvente de una edificación. Estos materiales de cambio de fase (PCM) se han vuelto muy importantes sobre todo en la zona norte gracias a que mejoran la inercia térmica de los materiales de construcción ligeros.

Esta investigación es relevante porque muestra resultados numéricos referente al almacenamiento de calor y la temperatura en la envolvente de una edificación, así como la demanda de climatización para mantener adecuados niveles de confort en el interior de las viviendas, de acuerdo al nivel de aislamiento utilizado.

Pacheco (2016) en su tesis “Análisis comparativo para establecer la diferencia de costo y tiempo de la construcción de paredes interiores en una edificación entre el sistema tradicional y el sistema drywall” tuvo como objetivo estudiar el costo y plazo en la ejecución muros de una edificación entre el sistema drywall y el modelo tradicional, con la finalidad de establecer que sistema es el más adecuado en la construcción de paredes en una edificación. La metodología precisa un cuantitativo, muestra un alcance correlacional y el diseño de la investigación es no experimental.

El autor indica que en la actualidad se continúa usando el sistema constructivo tradicional de albañilería confinada, a pesar de que la reducción en costo y plazo se encuentran asociados al uso de nuevas técnicas y sistema constructivos de mayor eficiencia que incluyen nuevos materiales y procesos mucho más ágiles.

Esta tesis es relevante porque muestra que los plazos de ejecución en sitio y la posibilidad de preensamblaje, es considerablemente reducida frente al sistema de construcción tradicional de albañilería confinada; esta reducción de tiempo garantiza una construcción oportuna reduciendo las actividades realizadas húmedas que generan grandes volúmenes de desperdicio, de esta manera

se pueden entregar la obras en el tiempo programado. Respecto al impacto ambiental, al ser un sistema de construcción en seco, es sumamente limpio y gracias a su rápida ejecución no genera gran volumen de desperdicios manteniendo un alto nivel de calidad generando menor contaminación.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Quesquén (2019) investigó *“El sistema Drywall como alternativa constructiva sostenible en edificaciones de viviendas en el distrito de Chiclayo – Lambayeque”* tuvo como objetivo evaluar económica, social y ambientalmente el sistema constructivo en seco tipo drywall en la ciudad de Chiclayo con la finalidad de lograr una construcción sostenible y en armonía con los planes de acondicionamiento y desarrollo territorial. energético. La metodología precisa un enfoque cualitativo, muestra un alcance correlacional y el diseño de la investigación es no experimental.

El autor destaca la ligereza estructural del sistema drywall sobre el sistema de albañilería confinada y la capacidad de resistencia a fuerzas sísmicas, resalta la disminución del tiempo de ejecución debido a las piezas prefabricadas y listas para el montaje y el bajo impacto ambiental que se genera en la fabricación de los materiales y ejecución del proyecto.

Esta tesis es relevante porque analiza el sistema drywall tomando como elementos de estudio los materiales (durabilidad, tecnología de sus componentes y comodidad en la construcción), sostenibilidad, costos y apreciación socio cultural bajo matrices comparativas frente al sistema constructivo tradicional aportando información de importancia para evaluar la habitabilidad aplicada a criterios confort térmico y acústico de los materiales, reduciendo el consumo de energía de las viviendas.

López (2015) en su tesis *“Propuesta alternativa de uso del sistema constructivo no convencional en seco para la construcción de un módulo residencial”* tuvo como objetivo estudiar el uso del sistema constructivo no convencional tipo drywall para lo cual consideró como muestra la ejecución de un módulo de uso residencial, analizando principalmente la inversión económica y el tiempo total requerido. La metodología precisa un cuantitativo, muestra un alcance correlacional y el diseño de la investigación es no experimental.

El autor resalta en su investigación que el sistema alternativo en seco posee un alto grado de versatilidad, los materiales técnicas y procedimientos son puntos clave para la ejecución rápida y de calidad de edificaciones livianas y económicas.

Esta tesis es relevante porque reúne los factores técnicos y económicos, así como las actividades necesarias para la ejecución y condicionantes para el cumplimiento de plazo.

Daza (2018) en la investigación *“Análisis comparativo de la construcción con drywall con la construcción tradicional en edificaciones del parque industrial Villa El Salvador- Lima-2018”* tuvo como propósito identificar los beneficios generados por el método de edificación tradicional y en seco tipo drywall en viviendas de Villa El Salvador. La metodología precisa un diseño de medición única, por lo mismo un cuantitativo y una investigación comparativa.

El autor resalta en el sistema constructivo en seco la practicidad de su instalación la cual minimiza las fallas y errores en la ejecución, así como el bajo costo de ejecución que permite la construcción rápida y segura de edificaciones, así mismo destaca la alta resistencia del material y sus elementos que permiten la prefabricación y sobre todo la autoconstrucción.

Esta tesis es relevante porque analiza el costo de construcción del sistema tradicional frente al uso de perfilería de acero galvanizado y planchas de yeso que conforman el sistema drywall, así

como los beneficios asociados al tiempo de ejecución con cada uno de los sistemas, lo cual va a permitir identificar si la construcción con drywall es accesible para la ejecución en viviendas residencial de clase media.

Espinoza (2020) en su investigación “*Envolvente arquitectónica para la mejora del confort térmico en edificios multifamiliares certificados de la ciudad de Piura (2016-2019)*” tuvo como objetivo identificar si el incremento en el aislamiento térmico de edificaciones, utilizando como caso de estudio edificios multifamiliares. energético. La metodología fue de cuantitativo, tipo correlacional y el diseño asumido fue experimental.

El autor destaca que la norma “EM.110 Confort Térmico y Lumínico con eficiencia energética” del Reglamento Nacional de Edificaciones, debe ser estudiada con la finalidad de dotar de una adecuada climatización a las edificaciones.

Esta investigación es relevante porque analiza los métodos y características que impactan en el aislamiento térmico de la vivienda masiva.

Aguado (2016) en su investigación “*Planteamiento del sistema constructivo drywall para la mejora de la autoconstrucción de viviendas PP.JJ. Enrique Montenegro, San Juan de Lurigancho - Lima 2016*” tiene como propósito conocer de qué manera el sistema drywall mejora la a construcción de edificaciones residenciales, evaluando los criterios social, económico y ambiental, teniendo como base la tecnología aplicada a la construcción en seco. energético. La metodología precisa un enfoque cualitativo y cuantitativo, muestra un alcance correlacional y el diseño de la investigación es no experimental.

El autor realiza las características del sistema drywall como alternativa para reducir costos en la construcción de edificaciones en reemplazo de la albañilería confinada, destaca que este

sistema puede mejorar la condición social de los habitantes hasta en 12%, reduciendo el consumo de agua en 100%, además considera el uso del sistema drywall genera una mejora en la autoconstrucción de viviendas.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Sistema Drywall como aislamiento termoacústico

2.2.1.1 Sistema Drywall

a) Definición

El sistema de edificación en seco tipo drywall viene siendo aplicado en Perú hace poco más de veinticinco años, comúnmente usado para construcción y remodelación de tabiquería interior, incluso es aplicable a la construcción de una vivienda en su totalidad. En la actualidad a la construcción en drywall se le atribuyen diferentes prejuicios, la mayoría debido a la escasez de información o desconocimiento por parte de los inversionistas y propietarios o de personal técnico y profesional que en su experiencia no ha logrado utilizar de forma adecuada el sistema constructivo. (Construye Seguro, 2018)

De acuerdo con Coronel (2012), el sistema no convencional tipo drywall emplea una perfilería de acero, revestido con placas de yeso, excelente para el diseño y construcción de edificaciones resistentes a sismos, detalle de suma importancia ya que Castillo & Alva (1994), sostienen que a nivel mundial el Perú es uno de los países con mayor riesgo sísmico, encontrándose así en constante riesgo, lo cual implica potenciales pérdidas materiales y de seres humanos.

Así mismo Núñez (2008), sostiene que el sistema de construcción tipo drywall soluciona en la actualidad las necesidades especiales para el diseño arquitectónico de edificaciones modernas y es aceptado a nivel mundial en proyectos de uso comercial, industrial, salud, educacional,

residenciales unifamiliares y masivo. Por su parte Garcés (2011), manifiesta que es sostenible, seguro y eficaz, que toma cada vez más fuerza y al usar materiales que no necesitan morteros compuestos de cemento, agua y arena, mejoran las condiciones de construcción convencional utilizando una alternativa más limpia y ligera. Además Pacheco (2016), considera que los procedimientos constructivos en Drywall conforman un sistema innovador en la construcción de muros autoportantes, techos y tabiques.

Cabe destacar la insulación de edificaciones dentro de una de las particularidades más notables en el uso del drywall, un concepto de ascendente importancia sobre todo porque las normas y estándares de edificación a nivel mundial lo consideran dentro del análisis de eficiencia energética. Teniendo en cuenta diversos manuales de construcción con drywall de fabricantes nacionales e internacionales, en la tabla 1 se identifican sus principales características.

Tabla 1 Características del Sistema Drywall

| | |
|------------------------|--|
| Versátilidad | El sistema es flexible respecto a los requerimientos de diseño y permite desarrollar gran variedad de proyectos arquitectónicos, así como cubrir considerables áreas con tabiquería y/o cielorrasos, dada su estructura liviana puede desarrollar los detalles necesarios para mantener la armonía con otras instalaciones. |
| Ligereza | Considerando la estructura y placas de yeso, se calcula un peso de 25Kg/m ² aprox. a diferencia de un muro de albañilería confinada que es de 182 kg/m ² incluyendo tarrajeo, teniendo el drywall el 14% del peso del muro de albañilería. |
| Fácil instalación | Su instalación es simple, se reduce al máximo los llamados vicios ocultos o errores en la ejecución de la obra. Las instalaciones eléctricas, sanitarias, telefónicas, entre otros, pasan por las aberturas de los parantes o perfiles, se instalan simultáneamente con el armado de las placas |
| Velocidad de ejecución | Los plazos de obra se reducen sustancialmente con respecto a la construcción tradicional, una cantidad de tareas o actividades se pueden realizar en forma simultánea. Los costos administrativos y financieros se reducen aproximadamente en un treinta por ciento en comparación con el sistema tradicional |
| Menor Costo y tiempo | Como los tiempos de ejecución de una obra son muy reducidos, y su peso muerto representa el 14 por ciento de un tabique de albañilería, entonces los requerimientos, materiales, horas hombre y exigencias estructurales en la construcción de fundaciones se reduce, generando ahorros significativos. |
| Vida útil | El perfil de acero galvanizado presenta una vida útil promedio de treinta a cuarenta años, la placa de yeso treinta años y los elementos de fijación como calvos tornillos y fulminantes de quince a veinte años, siendo cada uno de estos fácil de desmontar y reemplazar como parte de mantenimiento preventivo o mejoras en las condiciones de confort. |
| Reciclaje | Especialistas y técnicos, manifiestan que el porcentaje de reciclaje y recuperación asciende a ochenta por ciento el cual puede ser nuevamente usado con la facilidad de realizar nuevos montajes y detalles que permitan el máximo aprovechamiento del material. |

Fuente: Elaboración propia

La elección del sistema drywall como muro trasdosado y su aplicación en la ciudad de Piura se fundamenta en que la ciudad de Piura se caracteriza por mantener altos niveles de temperatura durante la mayor cantidad de meses del año, se ubica en la franja costera del desierto peruano, sin embargo el desarrollo proyectual de las edificaciones, en su mayoría residenciales no ha considerado el contexto ambiental para la construcción, la solución arquitectónica no responde de manera eficiente a estas características térmicas ambientales. La figura 1 muestra una ilustración de las temperaturas promedio por hora de todo el año, el eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora.

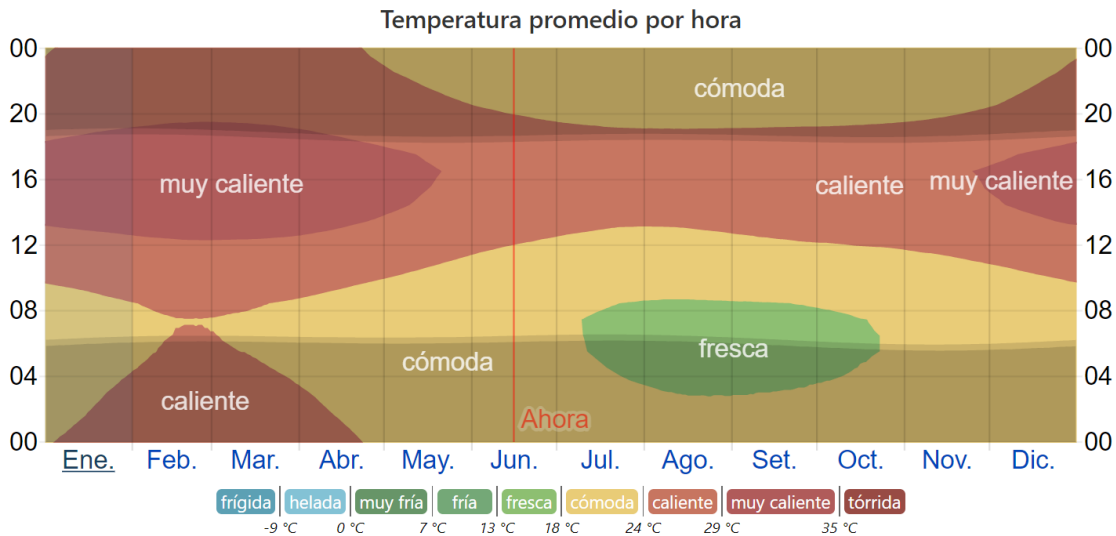


Figura 1 Temperaturas promedio por hora de todo el año en la ciudad de Piura

Fuente: Weather Spark

En el presente desarrollo se sostiene la relevancia de la característica de lo envolvente en las edificaciones de residencias que logran genera una temperatura adecuada, con un efecto de filtro, el mismo que facilita el cuidado y la privacidad, armonizando con los recursos circundantes, generando espacios cómodos en función a las condiciones climatológicas.

La aplicación de un muro trasdosado en el perímetro interior es una estrategia para mejorar la eficiencia energética aplicada a la rehabilitación de edificios, su uso en la actualidad constituye uno de los ejes fundamentales sobre los que pivotará el sector de la construcción en los próximos años buscando la mejora del confort térmico en los meses calurosos de verano, este aislamiento interior ayuda de la misma manera en la reducción de la contaminación acústica.

La insulación interior de edificaciones residenciales muestra una gran eficiencia para alcanzar el confort ideal, además, reduce el uso de sistemas de enfriamiento para mitigar el daño ambiental, de hecho, su aplicación en la ciudad de Piura representa una alternativa para mejorar la calidad de la infraestructura de manera sostenible; a primera vista la infraestructura de la ciudad de Piura no está preparada para enfrentarse a la realidad ambiental, presentando problemas de confort térmico. La transferencia de energía a través de los muros o fachadas de una vivienda significa un consumo energético de alrededor del 35% para una óptima climatización; en zonas territoriales como Piura, donde la radiación solar es extremadamente alta, se alcanzan niveles de radiación entre 13 y 16 de acuerdo con SENHAMI 2019, dicha radiación y alta transmitancia térmica puede ser reducida con la aplicación de muros trasdosados en los edificios, generando principalmente alta resistencia térmica disminuyendo el desconfort térmico que genera el clima cálido desértico.

La durabilidad asociada al sistema drywall en la construcción se ha convertido en el nuevo enfoque de la tecnología moderna en las viviendas. La mejora constante en el rendimiento de placas de yeso para adaptarse al uso en proyectos residenciales se sostiene en un alto nivel especificaciones en las áreas de aislamiento acústico, térmico, resistencia al fuego y a la humedad, Además de cumplir con los requisitos funcionales legales como clasificaciones de fuego. Los

paneles de yeso están diseñados para resistir altos impactos y soportar cargas como televisores. y armarios, los paneles de yeso son capaz de resistir cargas de 25 kg en cada punto.

De acuerdo al estándar de Singapur SS492: 2001 en cuanto al rendimiento, el sistema drywall compuesto de pacas de yeso laminado es adecuado para uso residencial y de servicio, el sistema ha sido sometido a pruebas tales como rigidez, golpe de puertas, impactos, peso muerto y ensayos de anclajes.

Asimismo el tiempo de duración del Drywall es entre 40 a 60 años dependiendo mucho a la calidad de los materiales y el nivel de experiencia de las personas que lo instalaron. El sistema de paneles de yeso se puede instalar fácilmente y puede ser rápidamente reubicado según las necesidades de cada usuario. Una vez que el sistema de placas de yeso se vea deteriorado es muy sencillo de intervenir y reparar. Los propietarios pueden renovar y rediseñar los espacios interiores en poco tiempo, además no contiene residuos ni escombros como el hormigón o ladrillos.

b) Componentes principales

- *Perfiles de acero galvanizado*

La estructura de soporte del sistema drywall se encuentra constituida principalmente por parantes como elementos verticales, rieles como elementos horizontales que se instalan en la parte superior e inferior confinando los parantes; así como otros elementos y accesorios de arriostre, anclaje, fijación y colaborativos para la instalación de las placas de revestimiento como se evidencia a continuación:

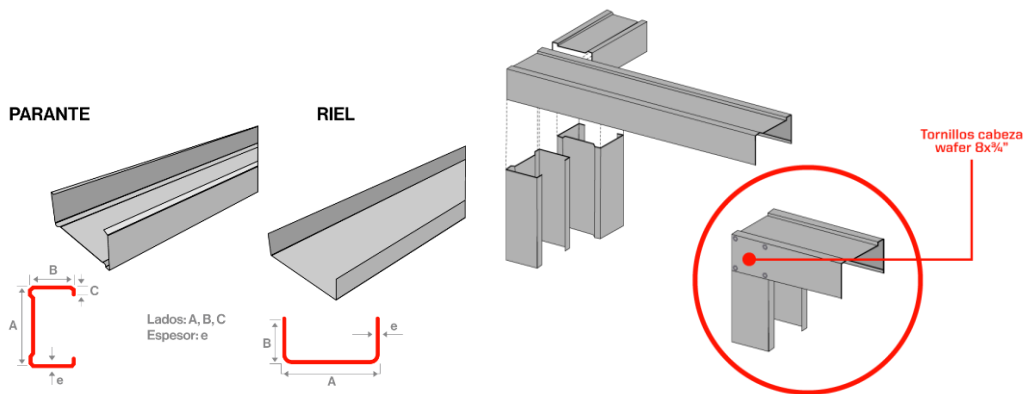


Figura 2 Elementos principales en el sistema drywall.

Fuente: www.Construyebien.com

El Steel Framing según Siuciak (2015), es un sistema constructivo que emplea perfiles de acero galvanizado, haciendo de este un sistema liviano y resistente, además se puede industrializar lo que hace que su construcción sea rápida, limpia y de bajo impacto ambiental.

Además, el acero galvanizado es un material inactivo altamente resistente, estable, incombustible, libre de ataques a la corrosión y reciclable (Pachecho, 2016). Lo más importante es que puede ser comercializada en gran variedad de presentaciones gracias a su versatilidad de forma y dimensiones.

El acero tiene varios aspectos que contribuyen a la construcción eficiente y sostenible, como son:

- Alto contenido de reciclado (mínimo 25% para todo el acero).
- Infinitamente reciclable; es decir fácil puede continuar reutilizándose varias veces.
- Reducción de desperdicio en el lugar de trabajo.
- Oportunidad de abastecimiento local.
- Alta durabilidad durante la vida de la estructura.
- Potencial de reutilización.

Cabe mencionar que en Estados Unidos y de acuerdo con la Steel Framing Alliance (SFA) cada año la industria del acero recicla millones de toneladas de chatarra de acero de latas, electrodomésticos, automóviles y materiales de construcción reciclados. Este material se vuelve a fundir para producir acero nuevo. El 64% de todos los productos de acero se reciclan más que cualquier otro material incluyendo vidrio, papel, plástico y aluminio.

El reciclaje de acero ahorra el equivalente energético para la construcción de aproximadamente 18 millones de hogares durante un año, del mismo modo cada tonelada de acero reciclado ahorra 1,134 kilogramos de mineral de hierro, 635 kilogramos de carbón y 25 Kilogramos de piedra caliza; siendo la estructura de acero veinticinco porcientos de material reciclado, según lo mencionado por la Steel Framing Alliance (SFA). Los principales perfiles de acero galvanizado que conforman la estructura principal del sistema de muros son lo siguientes y se pueden visualizar en la figura 32.

- **Parantes:** Los cuales son idóneos en la construcción de elementos verticales, conforman parte del esqueleto al que se fijarán las planchas de yeso o fibrocemento, en muros y cielo

raso; los parantes se fabrican con perforaciones que permiten el refuerzo de la estructura del tabique.

- **Riel o carril:** Son colocados en posición horizontal y cumplen la función de mantener en su interior al parantes
- **Esquinero:** Cumple la función de salvaguardar el canto vivo de las placas de yeso y fibrocemento.
- **Omega:** Perfil con geometría trapezoidal utilizado como accesorio en muros que requieren mayor dimensión debido a instalaciones eléctricas y sanitarias, asimismo sirve como elemento de suspensión de cielos rasos.
- **Perfil J:** Cumple la función de proteger la terminación de placa que mantienen juntas de en muros y cielos rasos.
- **Platina de arriostre:** Utilizada para empalme de perfiles, así como fijación en configuraciones de jambas y cabezales de acuerdo al diseño requerido.

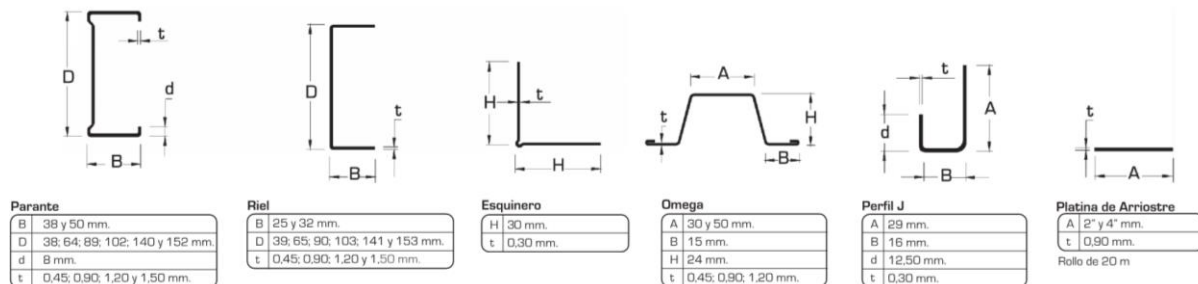


Figura 3 Perfilería de acero galvanizado para drywall

Fuente: www.precor.com

Malin (1994), menciona que Liza Bowles directora del centro de investigación NAHB (National Association of Home Builders) considera el control de calidad como un factor clave por lo cual la estructura de acero es atractiva, y es que el acero se fabrica con exigentes

especificaciones, sin torsiones ni deformaciones y otros defectos que, si pueden afectar a materiales como la madera, asimismo una ventaja es su peso ligero lo cual favorece la facilidad de construcción, por otro lado, menciona las ventajas del acero frente a incendios y terremotos.

- *Placas de yeso*

De acuerdo con lo mostrado por Gyplac (2016), en su manual técnico, la placa de yeso o cartón-yeso forma parte importante en la edificación, en su interior cuenta con yeso bihidratado y una superficie revestida con láminas de cartón incrementando la resistencia del elemento. Es importante que la producción de las placas de yeso se ejecute con adecuados protocolos de calidad para asegurar que cumpla la función de acuerdo al uso requerido; es importante destacar que este componente del sistema drywall no contribuye a la propagación de incendios.

Del mismo modo ESSALUD (2009), en su informe “*Conveniencia del uso en infraestructura física de los centros asistenciales*” menciona que en el mercado peruano existen diferentes presentaciones comúnmente identificadas por colores como se puede apreciar en la figura 4.

- Standard: De color amarillo, compuesta de yeso y fibra de vidrio, recubierta por papel color beige en la cara vista, y color crema en al tras cara, la recomendación de uso es en cualquier tipo de recinto interior, que no esté expuesto a la humedad.
- Resistentes a la humedad: De color verde, compuesta de yeso, aditivos especiales y fibra de vidrio, recubierta por lámina de papel de color verde en la cara vista, y color crema en la tras cara, para uso en recintos interiores con humedad como baños, cocinas y cualquier superficie que no esté expuesta a agua directa.
- Resistentes al fuego: De color rojo, compuesta de alma de yeso y mayor cantidad de fibra de vidrio (0.2% de su peso), revestida por lámina de papel de color rosa en

la cara vista, y la oculta de color crema, está especialmente diseñada para recintos interiores que requieran protección corta fuego.



Figura 4 Tipos de placas de yeso

Fuente: Knauf placas de yeso-cartón

Existen variantes en la tabiquería de acuerdo al uso que se requiera, por lo cual el tipo de tabique puede adoptar distintas configuraciones como las siguientes:

- Estándar - Estándar (ST -ST): Compuesto por placas Standard en ambos lados, utilizado convenientemente en interiores.
- Sanitario - Sanitario (RH-RH): Aplicable a zonas húmedas y que reciben mortero para enchape tipo cerámico.
- Estándar - Sanitario (ST-RH): Usado para tabique compartido entre ambientes húmedos y de uso estándar.
- Exterior - Exterior (Ex-Ex): Orientados a resistir la intemperie en exteriores e la edificación, para cual aplican dos variantes:
 - Placas de fibrocemento con juntas visibles.
 - Placas de yeso Cartón para exteriores preparadas para recibir revestimiento adicional.

- Exterior-Interior (Ex-ST): Utilizado en muro perimétrico, utiliza las placas standard por el lado interior y las placas para exteriores hacia afuera.
- Exterior-Sanitario (Ex-RH): Este tipo de muro utiliza placas de yeso resistente a la humedad en el lado interior y placas para exteriores para el lado opuesto.
- Resistente al Fuego-Resistente al Fuego (RF - RF): Este tipo de muro es dirigido a interiores y utiliza placas de yeso cartón cortafuego.

De acuerdo a sus propiedades químicas las placas de yeso o fibrocemento esta compuestas por material no combustibles, es decir no favorecen a la expansión ni combustión, y cumpliendo las condiciones técnicas adecuada de instalación pueden resistir aproximadamente los rangos de 30, 60, 90, 120, 180 y 240 minutos dependiendo del tipo de placa y su fabricante. (ESSALUD, 2009)

- *Lana de fibra de vidrio*

El aislamiento de lana de fibra de vidrio según Straight Benefits of Fiber Glass Insulation (2012), ayuda a mejorar la eficiencia térmica de las edificaciones al mantener la temperatura deseada de los espacios cerrados, ya sea conservando el calor o el frio. Su rendimiento térmico reduce los costos de servicios, conserva las fuentes de combustible no renovables y proporciona una mayor comodidad a los ocupantes, este aislamiento se produce en rangos desde R-8 a R-40, con presentaciones en rollos o planchas.

Respecto a la humedad y la resistencia al fuego; el aislamiento de fibra de vidrio no absorbe ni retiene agua, además es un componente resistente al fuego fabricado de arena y vidrio reciclado, el aislamiento de fibra de vidrio es naturalmente incombustible y permanece así durante la vida útil del producto. No requiere ningún tratamiento adicional más que una adecuada instalación, por lo cual es posible considerarla como un elemento cortafuegos aceptable.

Labs, Home Innovation Reserch (2019), en el reporte sobre la evolución de materiales aislantes menciona que, según los resultados de la encuesta de prácticas de constructores, el aislamiento de fibra de vidrio sigue siendo el material más popular en las casas nuevas lo cual incluye pisos, paredes y techos, el aislamiento de fibra de vidrio comprende aproximadamente el 71% de las instalaciones en los Estados Unidos.

Los componentes para la ejecución del sistema drywall e insulación pueden adquirirse rápidamente debido que son productos que se comercializan a nivel nacional, en caso se requiera sustituir algún panel o componente fácilmente se puede encontrar su reemplazo con las mismas características. Además requiere una instalación bastante simple lo que lo convierte en una opción rápida y fácil, asimismo para las reparaciones no es necesario retirar los paneles o elementos interiores por completo, puede intervenir una sección determinada. La perfilería, placas de yeso, lana de fibra de vidrio y demás componentes y accesorios del sistema drywall son adaptables a distintas geometrías y dimensiones para cumplir los requisitos de diseño así como requerimientos de aislamiento térmico y acústico incrementando los valores de resistencia térmica (R) y transmisión acústica (STC).

2.2.1.2 Aislamiento térmico

El aislamiento térmico es un concepto asociado a una de las condiciones mínimas de habitabilidad que define la construcción de edificaciones para proporcionar un apropiado nivel de confort en su interior, distinguiéndose principalmente la temperatura. En efecto es un conjunto de materiales y métodos que generan elevada resistencia a calor, así como un valor mínimo de transferencia del calor a la superficie opuesta, por lo tanto, podemos afirmar que ayuda a mantener una superficie y ambiente frío o caliente, evitando la transferencia de calor de un espacio a otro

que por naturaleza tendrían que igualarse en temperatura, esta transmisión del calor sucede de tres formas:

- **Conducción:** El calor se traslada desde zonas con altas temperaturas a áreas de baja temperatura utilizando un determinado material o por contacto de dos de ellos hasta lograr la igualdad térmica.
- **Convección:** El calor es transmitido con el desplazamiento de fluidos.
- **Radicación:** Se transfiere por ondas electromagnéticas y se transmite de un cuerpo a otro sin necesidad de contacto entre los mismos.

En edificaciones, la transmisión de calor de mayor relevancia es la de conducción generada por el intercambio de calor a través de la envolvente, en otras palabras los valores de resistencia y transmisión térmica más relevantes se generan en el cerramiento exterior.

Envolvente térmica

La envolvente térmica en una edificación ayuda a mantener los niveles de confort térmico en el interior, se compone por todos los cerramientos que estén potencialmente expuestos a la transmisión de calor por conducción, convección o radiación considerando los puentes térmicos que admiten la transferencia de calor de una región a otra.

Dentro de la envolvente se consideran los siguientes conceptos como indicadores principales para determinar el aislamiento en una edificación.

- Transmitancia Térmica (U)

La transmitancia térmica se expresa en $W/m^2.K$ y está asociada específicamente a un elemento constructivo y guarda relación con la conductividad térmica y la geometría de sus

elementos, se aplica para comprender la pérdida o ganancia de calor de una edificación en función a los componentes que constituyen la envolvente (Blender, 2015).

Un deficiente aislamiento genera un alto coeficiente de transmitancia térmica, mientras que cuando se obtiene un alto valor U significa que el aislamiento térmico ha sido diseñado adecuadamente, en la figura 5 se puede observar la transferencia de calor entre regiones que atraviesa 1 m² de muro, en la cual al tener un valor U=1 la pérdida o ganancia de calor con una diferencia de temperatura de 20°C corresponde a 20W.

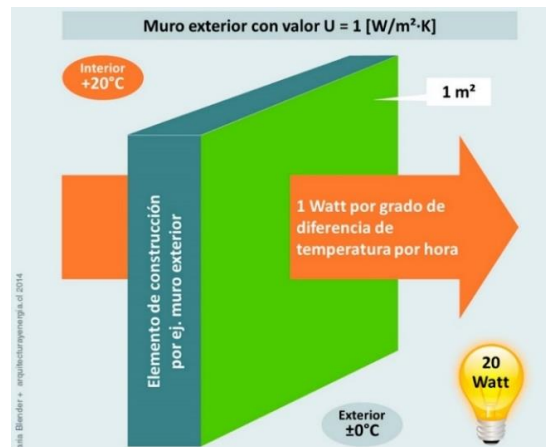


Figura 5 Transmitancia térmica con Valor U=1 por m²

Fuente: Arquitectura&Energía

Para el cálculo de la transmitancia térmica se define la siguiente expresión:

$$U = 1/Rt$$

$$U = \text{Transmitancia Térmica (W/m}^2 \cdot \text{K)*}$$

$$Rt = \text{Resistencia Térmica Total del elemento compuesto por capas (m}^2 \cdot \text{K/W)}$$

Resistencia térmica (R): La resistencia térmica o también denominada Valor R es la capacidad que posee un determinado material o componente para resistir el flujo de calor, es así que un valor R más alto indica una mayor resistencia (Aldawi, & Alam, 2016). De esta manera la resistencia térmica cumple un rol importante en el aislamiento de edificaciones, como se muestra en la figura 4 ayuda a mantener niveles de confort estables al interior de una edificación cuando en el exterior se llegan a temperaturas muy altas o bajas.



Figura 6 Niveles de confort térmico interior y exterior

Fuente: www.especificar.cl

Asimismo el valor R es la capacidad con la que cuenta un material para impedir la transmisión del flujo de calor por cada capa con determinado espesor, así mismo es inversamente proporcional a la conductividad térmica e incrementa su valor en conjunto con las dimensiones del material; su expresión se define en $m^2.K/W$, en la figura 7 se presenta gráficamente el flujo de calor y la resistencia térmica que genera un muro en la envolvente de una edificación.

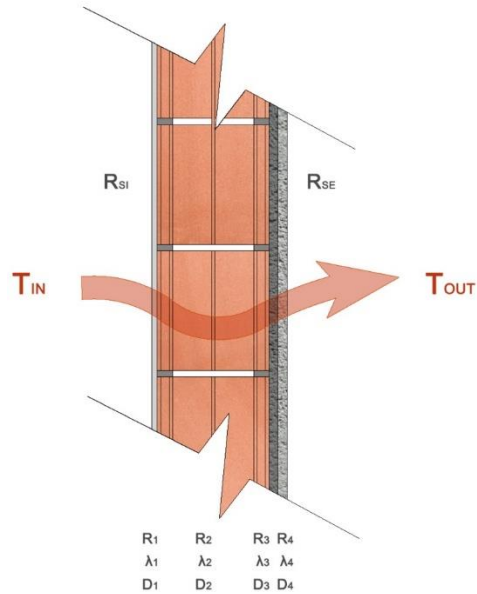


Figura 7 Transmisión de calor a través de la envolvente en una edificación

Fuente: Archdialy

Los valores de la resistencia térmica se calculan de la siguiente manera.

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n + R_{se}$$

R_{si} = Resistencia Térmica Superficial Interior

R_{se} = Resistencia Térmica Superficial Exterior

R_1, R_2, R_3, R_n = Resistencia Térmica de cada capa.

$$R = e / \lambda$$

e = Espesor del Material (m)

λ = Conductividad Térmica del Material (W/K·m) (según cada material)

En este apartado de la investigación se aborda el análisis y características de los componentes del sistema drywall en función a sus beneficios y desventajas relacionados al aislamiento térmico.

a) Perfil de acero galvanizado

Como expresa Overbey (2017), los elementos estructurales de acero generan puentes térmicos reduciendo la eficiencia de la insulación, para lo cual presenta el comportamiento de perfiles de acero galvanizado durante un escaneo infrarrojo, evidenciando que los perfiles típicos del sistema drywall no generan resistencia térmica, por el contrario contribuyen en la reducción del valor R generado por del aislamiento interior de un tabique, adicionalmente se compara con el desempeño de elementos estructurales de madera, ambos componentes se evalúan considerando espaciamientos de 16” y 24” como se evidencia en la figura N°8.

Effective Insulation/Framing Layer R-Values
Steel-framed wall information adapted from ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007 Table A9.2B.

| Stud Wall Framing Type | Nominal Cavity Depth (inches) | Actual Cavity Depth (inches) | Rated R-Value | Effective R-Value at 16 in. on Center ¹ | % Change (Rated vs Effective) | Effective R-Value at 24 in. on Center ² | % Change (Rated vs Effective) |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------|--|-------------------------------|--|-------------------------------|
| Batt Insulated Cavity | | | | | | | |
| Steel | 4 | 3.50 | R-11 | R-5.5 | -50% | R-6.6 | -40% |
| Steel | 4 | 3.50 | R-13 | R-6.0 | -54% | R-7.2 | -45% |
| Steel | 4 | 3.50 | R-15 | R-6.4 | -57% | R-7.8 | -48% |
| Steel | 6 | 6.00 | R-19 | R-7.1 | -63% | R-8.6 | -55% |
| Steel | 6 | 6.00 | R-21 | R-7.4 | -65% | R-9.0 | -57% |
| Steel | 8 | 8.00 | R-25 | R-7.8 | -69% | R-9.6 | -62% |
| Wood | 4 | 3.50 | R-11 | R-9.3 | -15% | R-9.5 | -14% |
| Wood | 4 | 3.50 | R-13 | R-10.8 | -17% | R-11.1 | -15% |
| Wood | 4 | 3.50 | R-15 | R-12.3 | -18% | R-12.7 | -15% |
| Wood | 6 | 5.50 | R-19 | R-16.0 | -16% | R-16.3 | -14% |
| Wood | 6 | 5.50 | R-21 | R-17.5 | -17% | R-17.9 | -15% |
| Wood | 8 | 7.50 | R-25 | R-21.1 | -16% | R-21.5 | -14% |

Figura 8 Eficiencia en la insulación térmica

Fuente: *Effective Insulation R-Values in Steel vs. Wood Framing*

Asimismo como se ilustra en la figura N°9, la perfilería de acero galvanizado reduce la insulación térmica en un 63% de un R19 a un R7.1 considerando una modulación de parantes de 16”, y en las mismas condiciones una estructura de madera pasa de R19 a R16 perdiendo el 16% de aislamiento térmico.

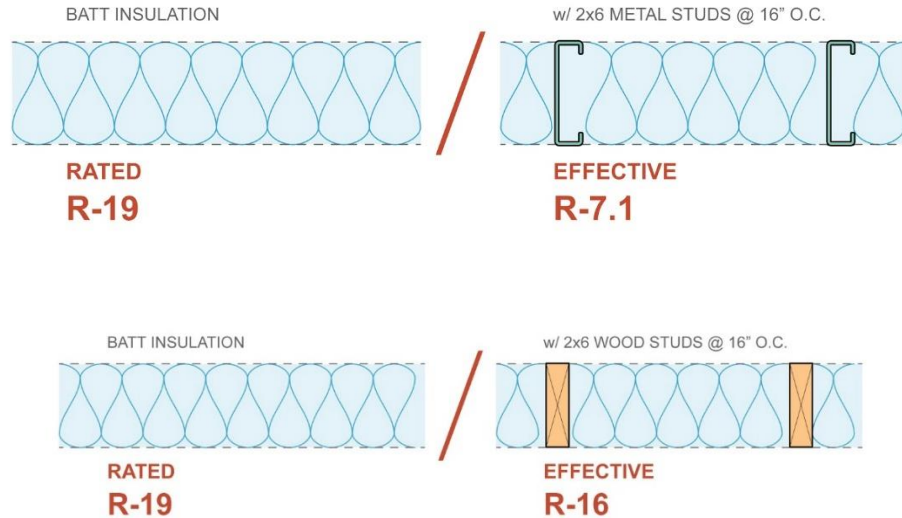


Figura 9 Reducción de insulación térmica

Fuente: Buildingenclosure

Es importante precisar que el uso de perfiles de acero galvanizado puede formar puentes térmicos lineales cerca de la ubicación de las secciones de acero, asimismo la presencia de estos puentes térmicos está relacionada con la transferencia de calor acelerada (Major & Maciej Major, 2017), lo que generaría mayor pérdida o ganancia de calor, por lo tanto mayores costos de climatización de los edificios, en la figura 10 y figura 11 se evidencia el incremento de la distribución de la temperatura en la esquina en donde convergen dos perfiles de acero galvanizado incrementando la transmisión de calor debido al puente térmico mencionado.

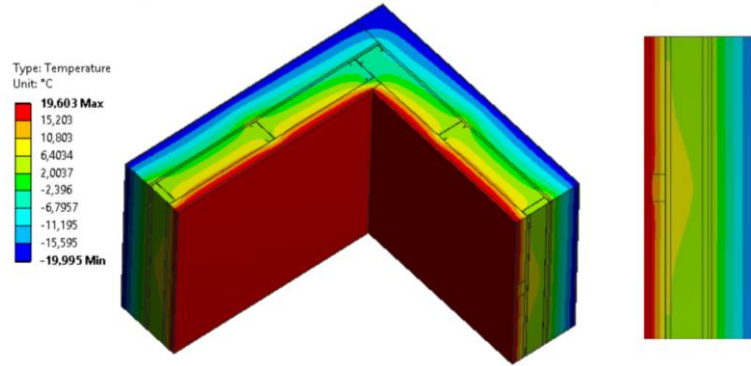


Figura 10 Distribución de temperatura a través de parantes de acero.

Fuente: Effect of steel framing for securing drywall panels on thermal and humidity parameters of the outer walls

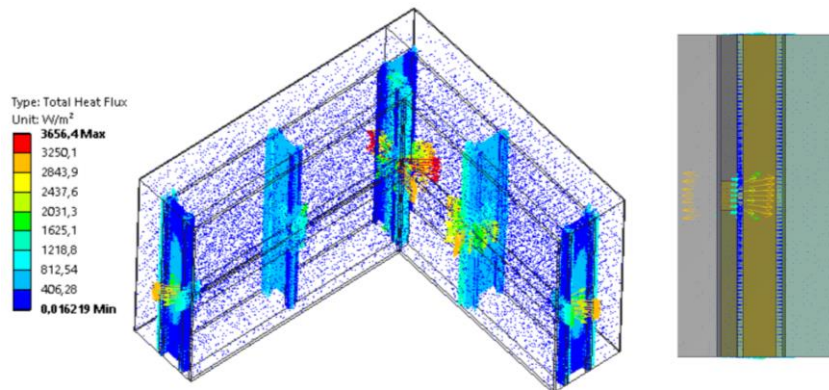


Figura 11 Distribución de flujo de calor por parantes de acero.

Fuente: Effect of steel framing for securing drywall panels on thermal and humidity parameters of the outer walls

Como alternativa a los parantes metálicos también se usan bastidores de madera tal y como se presenta en la figura 12, donde Malin (1994), muestra líneas de flujo de calor que atraviesan las pared utilizando el concepto de método de trayectoria paralela, con lo cual se puede evidenciar que la cantidad de flujo de calor se incrementa ligeramente en el bastidor de madera mientras que con el perfil de acero el flujo de temperatura generado por el puente térmico es mucho más notorio, en

el perfil de acero se observa que las líneas de flujo desaparecen en el medio del tabique, esto debido a que convergen en el alma del perfil.

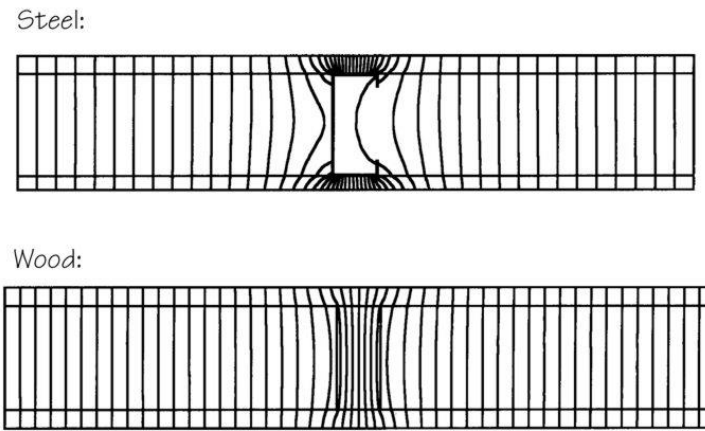


Figura 12 Movimiento del flujo de calor a través de la estructura de un tabique

Fuente: Estructura de acero o madera: ¿qué camino debemos tomar? (Malin, 1994)

b) Placa de yeso

Gardner (2007), refiere que la placa de cartón yeso generalmente posee valores resistencia térmica de 0.5 (ft² o Fh / BTU) lo cual puede incrementarse de acuerdo a espesor de la misma, por ello este componente no desempeña de manera independiente un rol importante como material de aislamiento térmico, cabe precisar entonces que los paneles de yeso se consideran un material de construcción adecuado para paredes interiores, pero su propósito principal no es el aislar térmicamente.

Por otro lado Oliver (2012), destaca una placa de yeso compuesta en un 45% de materiales de cambio de fase reforzada con aditivos, lo cual genera que este componente almacene el quintuple de energía de una placa de yeso laminada convencional, lo cual equivale a la energía de una pared de ladrillo de 120 mm de espesor. De esta manera se muestra que en placas que

incorporan a su proceso materiales de cambio de fase, incrementan su capacidad para reducir el calor y por ende mejorar el consumo energético e incremento de confort.

- *Transmisión térmica (λ)*

De acuerdo al informe de Torres (2018), las placas de yeso laminado presentan conductividad térmica (Λ) de 0.25 W/m.K, generando baja conducción en comparación con el ladrillo tal como se muestra en al figura 12, el cual presenta conductividad térmica (Λ) de 0.80 W/m.K; por lo cual se entiende que menor conductividad genera menor transferencia de calor, por lo tanto la edificación o ambiente construido utilizando placas de yeso conserva su propia temperatura, reduciendo las pérdidas de energía en ambientes con aire acondicionado y el uso de elementos de enfriamiento.

| Material | λ |
|--------------|-----------|
| Aire | 0,02 |
| Lana mineral | 0,036 |
| Madera | 0,13 |
| Hormigón | 0,25 |
| PYL | 0,25 |
| Ladrillo | 0,80 |
| Acero | 50 |
| Aluminio | 160 |

Figura 13 Conductividad térmica de Ladrillo y Placa de yeso laminada (PYL)

Fuente: *Aislamiento térmico y acústico Knauf*

c) Lana de fibra de vidrio

Con el objetivo de lograr el mismo nivel de aislamiento térmico equivalente a R-22, Pispua (2018), realiza el análisis que se muestra en la figura 14; cuatro materiales cada uno con el espesor

necesario para lograr el mismo valor R de insulación térmica, determinando que en comparación con el ladrillo la lana de vidrio logra el mismo nivel de insulación con 15.7 veces menos espesor.

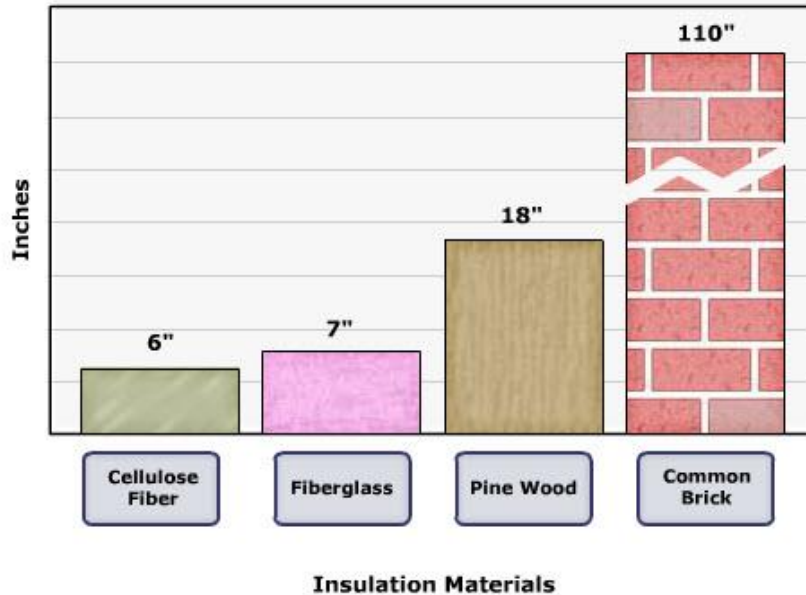


Figura 14 Valor R-22 para distintos materiales

Fuente: Department of Energy and Mineral Engineering - PennState College of Earth and Mineral Sciences

La transmisión térmica se sustenta en la conductividad térmica de los gases, la insulación mediante la lana de fibra de vidrio emplea las bolsas de aire que se generan en su interior para evitar la convección a mayor escala; es así que la barrera de aire creada entre la cara de transmisión térmica y los componentes sólidos hacen que el calor se traslade con gran dificultad, induciendo la rápida reducción de transmisión térmica. En promedio los valores de transmisión térmica representativa para lanas de vidrio son entre 0.023 y $0.040 \text{ W} / \text{ m} \cdot \text{ K}$, dependiendo del espesor considerado del muro. (Connor, 2019)

2.2.1.3 Aislamiento acústico

El aislamiento acústico es la capacidad de proteger un espacio frente al ruido y se compone de técnicas y materiales con cualidades absorbentes o reflejantes que ayudan a controlar la transmisión o reverberación del sonido. Al aislar acústicamente se interviene en los niveles de intensidad de ruido generado por el emisor, impactando en la intensidad de sonido que se percibe (Soto, 2012). De acuerdo con la descripción de aislamiento acústico por la Universidad del País Vasco (2003), la energía generada por el ruido que impacta (E_i); se divide en energía reflejada al transmisor (E_r) y energía absorbida (E_a); asimismo la energía absorbida por el material se fragmenta en energía disipada en el material (E_d) y energía transmitida al medio receptor (E_t) tal como se observa en la figura 15.

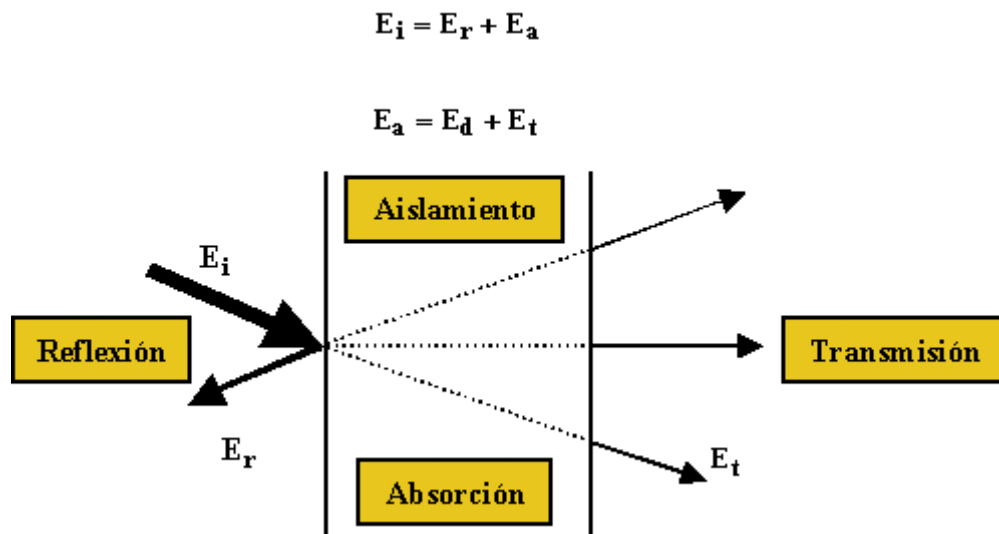


Figura 15 Reflexión, transmisión, aislamiento y absorción del sonido

Fuente: Universidad del País Vasco

Dos de los conceptos de mayor relevancia en el aislamiento acústico son la clase de transmisión de sonido, que indica la capacidad en decibeles que posee un elemento para reducir el ruido y el coeficiente de reducción de ruido que es la medida en que un material absorbe el ruido.

- **Clase de transmisión de sonido (STC)**

La clase de transmisión de sonido (STC) es un valor entero que muestra la capacidad para reducir el sonido en el aire y se aplica en la clasificación de tabiques interiores, techos, pisos, puertas, ventanas y configuraciones de paredes exteriores. (Soundproofing Company, 2019). El STC se calcula a través de los valores perdidos en la transmisión del sonido (TL) en 16 frecuencias estándar en el rango de 125Hz a 4000 Hz, en la tabla 2 se presentan los valores del sonido que puede contener un elemento a través del STC relacionándolo con lo que se puede oír en cada nivel. En la figura 16 se muestra como el uso de un valor STC 45 y STC 60 se reduce la cantidad de decibeles transmitidos de una región a otra.

Tabla 2 Niveles de STC

| STC | Se puede escuchar |
|-----|---|
| 25 | Se puede entender el habla normal. |
| 30 | Se puede entender el habla en voz alta. |
| 35 | Habla fuerte audible pero no inteligible. |
| 40 | Habla ruidosa audible como un murmullo. |
| 45 | Se escucha un discurso fuerte pero no audible |
| 50 | Los sonidos fuertes se escuchan débilmente. |
| 60+ | Buena insonorización; la mayoría de los sonidos no molestan a los residentes vecinos. |

Fuente: construyebien.com

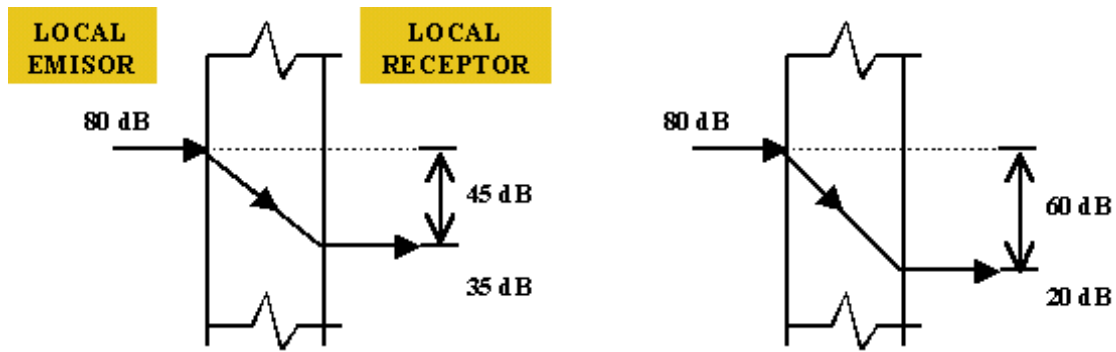


Figura 16 Reducción del sonido a través en db

Fuente: Universidad del País Vasco

- **Coefficiente de reducción de ruido (NRC)**

El coeficiente de reducción de ruido es el valor promedio que indica la magnitud de absorción que tiene un producto frente al sonido, es decir que tan silencioso se puede volver un ambiente utilizando el NRC en una escala de 0 a 1, donde 0 indica que no existen absorción del sonido mientras que el 1 muestra que el sonido es absorbido por completo, por lo cual se entiende que a mayor NRC, un producto absorberá mejor el sonido (Audimute, 2021). En la figura 17 se puede apreciar gráficamente lo antes mencionado.

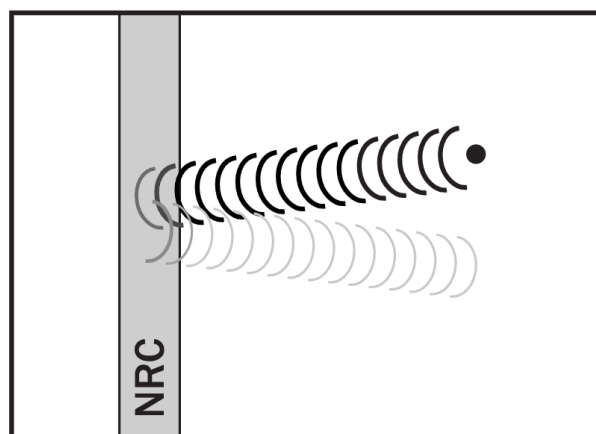


Figura 17 Coeficiente de reducción de ruido (NRC)

Fuente: <https://www.archtoolbox.com>

a) Perfil de acero galvanizado

Para satisfacer los requisitos constructivos y dotar de rigidez al muro se utilizan perfiles de acero galvanizado de distintos calibres, sin embargo, el espesor de estos elementos impacta directamente en el confort y transmisión acústica entre ambientes, se crea una nueva ruta de transmisión de vibraciones a través de las cavidades generadas por el sistema constructivo. De acuerdo con Poblet & Rodriguez (2009), la geometría del perfil no es relevante a bajas frecuencias, pero tiene una mayor influencia en altas; la flexibilidad del material proporciona insulación ante de la vibraciones es decir mientras mayor rigidez y calibre tenga el elemento de soporte vertical mayor serán el efecto de transmisión acústica, por otro lado la flexibilidad del perfil generará disipación de las ondas en la cavidad del tabique reduciendo los efectos del sonido en habitaciones colindantes, no obstante la disminución de la transmisión acústica solo es efectiva ante altas frecuencias que es donde el material actúa como un resorte de disipación, como se evidencia en la figura 18.

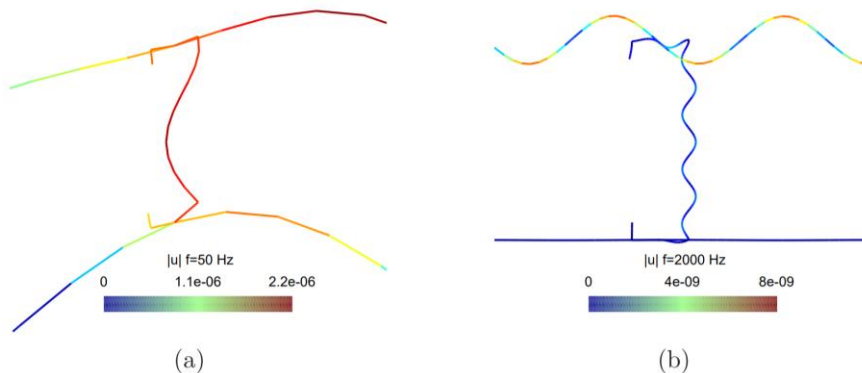


Figura 18 Distinta vibración por ondas a) $f=50\text{Hz}$ genera que el perfil se distorsione separando los extremos, b) $f=2000\text{Hz}$ genera vibraciones cortas en el perfil sin distorsionar notablemente sus extremos, los colores indican la magnitud de la vibración.

Fuente: *The Role of Studs in the Sound Transmission of Double Walls* (Poblet-Puig & Rodriguez-Ferran, 2009)

Los perfiles acero galvanizado, su modulación y características en la conformación de un tabique suponen un efecto en los valores de STC, el incremento en la rigidez de un muro pasando de una modulación de parantes e 24" a 16" repercute en la reducción del STC manteniendo un calibre constante, en la figura 19 se puede observar los resultados del estudio realizado por (Pridham, 2016) en el cual el espaciamiento y el calibre de la perfilería reduce el confort acústico deseado.

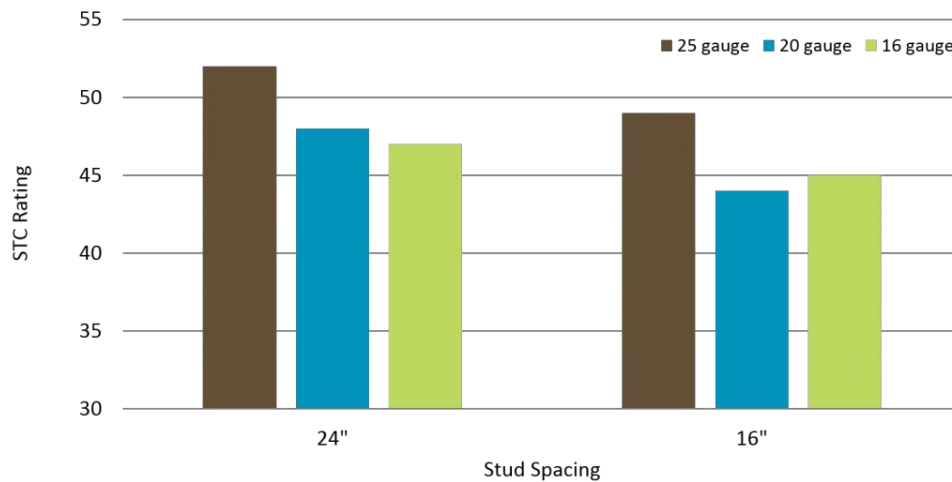


Figura 19 Modulación y calibre de perfiles y su impacto en el STC

Fuente: NovusBlog

De acuerdo con Pridham (2016) esta variación del STC podría significar desde la perspectiva de los ocupantes de una edificación hasta 10 decibeles adicionales en la transmisión de ruido a través de un muro, marcando la diferencia entre una conversación ilegible, claramente perceptible o nula.

b) Placa de yeso

De acuerdo al proceso E90-75 correspondiente a la medición de transmisión acústica a través del aire por la "American Society For Testing and materials, las placas de yeso otorgan altos

valores de rendimiento acústico, sustentado en la medición para reducir la transmisión de energía acústica de 5000Hz a 100 Hz en tabiques interiores y de 5000Hz a 80 Hz respecto al exterior.

Las ondas sonoras pierden energía a medida que pasan a través de los elementos de muros, pisos y techo utilizados para construir un edificio, el aumento en el volumen de los tabiques utilizando placas adicionales ayuda considerablemente en la disminución de la energía del sonido porque aumenta la resistencia a la transferencia de las vibraciones provocadas por el ruido; es por ello que se puede mejorar el control de la transmisión de sonidos solamente agregando placas de yeso a uno o ambos lados del tabique sin incurrir en modificaciones estructurales.

Siendo el SCT (Sound Transmission Class) una calificación entera de qué tan bien una partición del edificio atenúa el sonido en el aire y de acuerdo con Gypsum Association (2020) un sistema drywall conformado por 1 placa de ½” a ambos lados con estructura de 2½” calibre 25, otorga un valor SCT entre 45 a 49, ubicándose en un nivel en el que los sonidos fuertes se escuchan débilmente de acuerdo los niveles que indica Bradley (2001) como se muestra en tabla 2.

De acuerdo al artículo “*Control of Sound Transmission through Gypsum Board Walls*” (1997) el factor principal a considerar en la construcción de muros para controlar la transmisión del sonido es el aislamiento de las capas de placas de yeso en cada cara del muro. Si al menos una de las capas no está soportada elásticamente, o si las dos caras de la pared no están aisladas entre sí, el material reductor de sonido en la cavidad se vuelve ineficaz.

c) Lana de fibra de vidrio

A través de un comparativo con 10 distintos elementos Azkorra et al (2014) sostienen que a mayor frecuencia la fibra de vidrio genera proporciona mejores resultados de absorción acústica tal y como se evidencia en la figura 20.

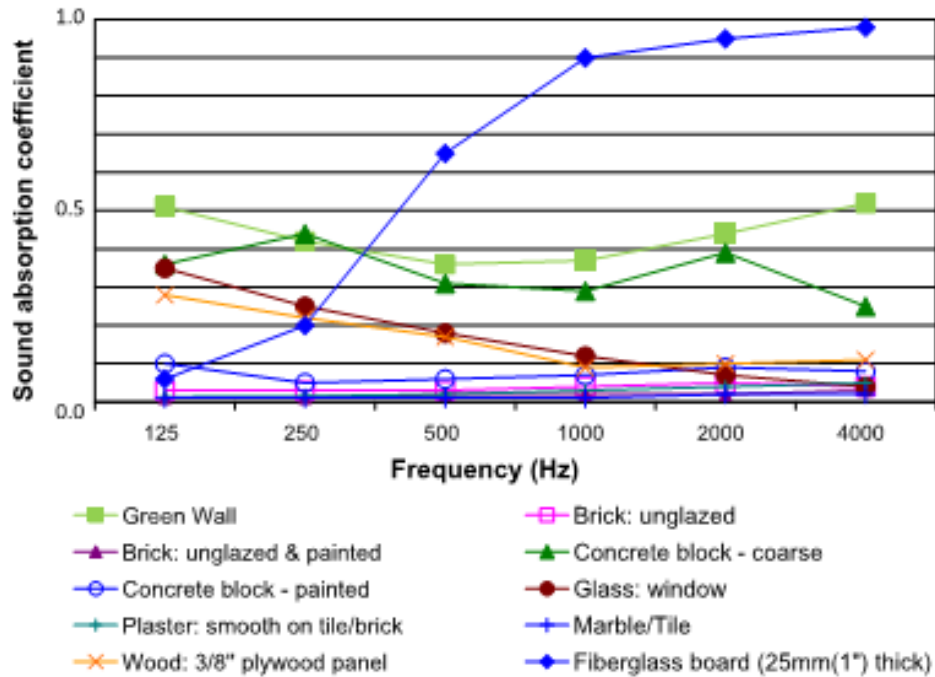


Figura 20 Absorción del sonido vs Materiales

Fuente: Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings

Las mantas o rollos de fibra de vidrio son un material que reduce la transmisión de sonido en las distintas configuraciones de tabiques, cielos rasos y como revestimiento de instalaciones; Straight, Benefits of Fiber Glass Insulation (2012) menciona que la primera pulgada de aislamiento de fibra de vidrio en la cavidad de un muro puede aumentar el valor de la clase de transmisión de sonido (STC) en tres o cuatro puntos en algunas construcciones y cada pulgada adicional puede incrementar el STC en 2 puntos.

2.2.2 Habitabilidad en edificaciones

Dentro del Reglamento Nacional de Edificaciones, la Norma G.010 define dentro del inciso de habitabilidad la protección térmica y sonora, la cual se precisa como la manera en que la temperatura interior y el ruido percibido no genere malestar en la salud de los ocupantes, haciendo posible que realicen sus actividades satisfactoriamente.

La real academia española (2014) define el confort como “aquello que facilita la comodidad y produce bienestar al cliente” es decir es factible de producirse a través de elementos físicos u ocurrencias ambientales como la temperatura adecuada y el silencio. En tal sentido el confort puede relacionarse al concepto de bienestar y abarca una mayor amplitud relacionada con el estado de salud de los usuarios.

2.2.2.1 Confort térmico

Desde la antigüedad y en la arquitectura se evidencia que el ser humano ha buscado crear ambientes que generen comodidad térmica, actualmente y nivel mundial en el diseño de edificaciones uno de los parámetros de mayor importancia es el confort térmico, el cual de acuerdo a norma ISO 7730 es “aquella condición psicológica que expresa complacencia con el ambiente térmico”.

Del mismo modo concepto de confort higrotérmico se refiere al “bienestar a nivel térmico; en otras palabras, es el estado en el cual no es necesaria la intervención de nuestro sistema termorregulador para que el cuerpo se sienta a gusto en una habitación. Es posible registrar este fenómeno para evitar que se superen los índices recomendados y se provoquen efectos tales como la sudoración” (Pérez & Ana, 2013).

Aunque el confort es el resultado de la interacción de distintos factores, la En el presente desarrollo busca analizar los componentes del sistema drywall para mejorar el confort térmico y acústico.

Blender (2015), señala que la comodidad al interior de una edificación es determinada por la actitud y comportamiento de los usuarios frente a los niveles de temperatura, consecuentemente es relativo, individual y está sujeto a distintas variables. Además menciona que las edificaciones

tienen como fin principal otorgar a los habitantes condiciones mínimas de habitabilidad dentro de las cuales se enmarca el aislamiento térmico. Comprender las exigencias del ser humano y los requerimientos de confort en la actualidad es esencial e inevitable si se busca desarrollar un adecuado proyecto de construcción que logre mantener la comodidad empleando estrategias de climatización pasivas evitando el uso de equipos de enfriamiento y calefacción. Es conocido que en los últimos años el impacto del clima y la temperatura en la salud han recibido una mayor atención por lo cual Blender (2015), en su publicación “El confort Térmico” sustenta que los niveles de confort térmico óptimos para habitar un espacio se encuentran en torno a los 20°C en época de invierno y 25°C en los meses de verano.

Guimaraes (2008), en su publicación “Confort Térmico y Tipología Arquitectónica en Clima Cálido-Húmedo” señala que el hombre en la necesidad de resguardarse, sea del calor o de las precipitaciones atmosféricas, genera intuitivamente en el diseño arquitectónico consideraciones para hacer frente a las limitantes climáticas, tales como materiales locales y accesibles , métodos, técnicas y procedimientos constructivos, costumbres del lugar, etc. En zonas calurosas la estrategia arquitectónica busca minimizar la transmisión de calor a través de soluciones que reduzcan el flujo de calor o disipen rápidamente la temperatura. Menciona que la táctica consiste en minimizar el impacto de radiación del sol y liberar el flujo de calor que ha ingresado a una construcción haciendo uso de barreras que impidan la conducción del calor del exterior al interior así como el uso de ventilación cruzada, para ello los materiales deben ser de limitada conductividad y alta resistencia la temperatura.

Por otro lado la compañía House&Energy (2013), en su publicación sobre niveles de aislamiento para áticos, paredes, suelos y sótanos en climas fríos, mixtos y calientes, menciona

que el valor de aislamiento recomendado para paredes exteriores en climas fríos debe ser R-30 a R-40, para climas cálidos R-10 a R-20 y para climas templados: R-20 a R-30.

Sobre todo, la percepción del confort térmico se obtiene al alcanzar el equilibrio térmico determinado por la pérdidas y ganancia de calor, lo cual requiere mantener una temperatura media corporal de 37°C.

Hace algunas décadas se ha descubierto un incremento en el interés hacia por mejorar calidad acústica en la arquitectura, ratificándose con el origen de nuevas normativas acústicas y de evaluaciones en el sector de la calidad acústica en los edificios en distintos países del mundo (D'Aula & Zamora Mestre, 2008). La Organización Mundial de la Salud (OMS) refiere que el límite máximo de ruido durante la noche asciende a 50 dB y durante el día, el máximo aceptable asciende a 60 dB, tal como menciona Bustillos (2017), en su artículo científico donde explica las características acústicas requeridas en las viviendas ubicadas en la ciudad de Cuenca para lograr adecuados niveles de calidad interior.

El Departamento de Energía de Estados Unidos (2008), sostiene que el calor fluye naturalmente de un lugar más cálido a uno más frío; en invierno, el calor se traslada directamente de todos los espacios con calefacción, al aire libre y adyacentes como áticos, garajes y sótanos es decir donde sea hay una variación de temperatura. De igual forma en verano, el calor pasa del exterior al interior de las edificaciones, por ello y para mantener la comodidad, el calor perdido en época de frío debe ser reemplazado por su sistema de calefacción y el calor ganado en los meses más cálidos debe ser eliminado por el aire acondicionado.

El aislamiento térmico ayuda a conservar la temperatura de los ambientes, librando transferir el calor a espacios con aire acondicionado. Es decir, mejora las condiciones de confort

de los ocupantes sin hacer uso excesivo de medios mecánicos para enfriar o calentar un ambiente (Construir, 2018).

Podemos decir que el confort al que se aspira en una vivienda depende de distintos factores y variables, dentro de los cuales encontramos la temperatura, la cual es necesario que se ubique en un rango, en la figura 21 Baruch Givoni desarrolla un diagrama basado en datos psicrométricos, dentro del cual considera ratios de humedad y temperatura para determinar la sensación térmica y el confort; de esta manera se puede identificar las necesidades de calefacción o refrigeración al interior de edificaciones.

GRAFICO PSICROMETRICO DE GIVONI

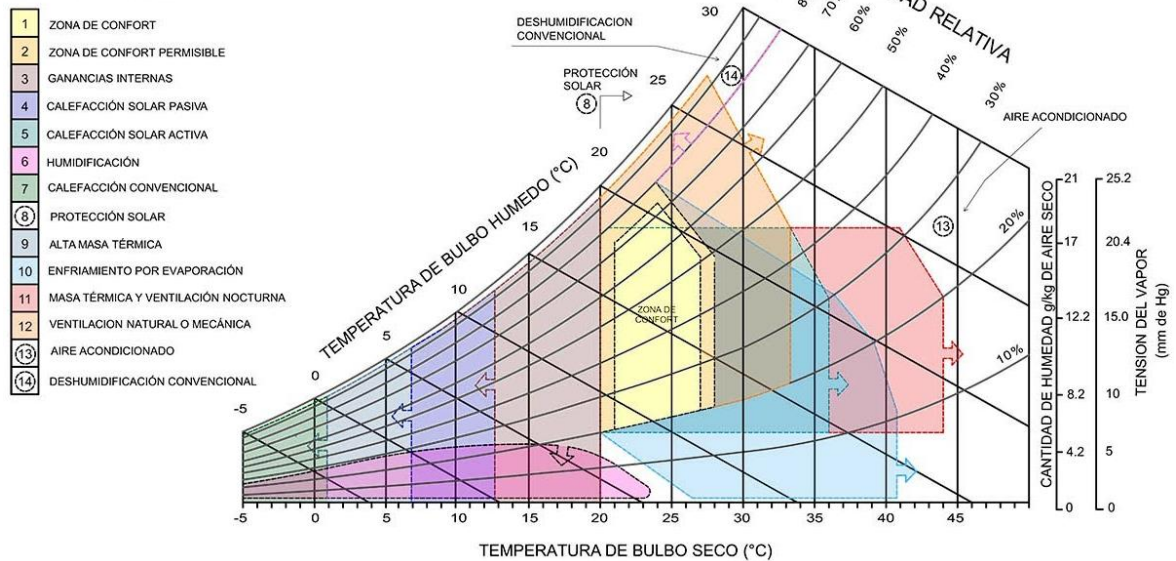


Figura 21 Grafico Psicométrico de Givoni

Fuente: Psicrometrico de Gioni

Asimismo apoyado en la figura anterior se puede establecer la temperatura ideal para una vivienda, en concordancia con ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado), se pueden identificar dos zonas las cuales se encuentran en la figura 22; la primera de color rojo muestra la temperatura de confort para la temporada de

invierno mientras que el color azul representa la temperatura de confort para el verano, además las líneas curvas ascendentes representan la humedad relativa, dentro de las cuales se considera como optimo 50%. La intersección de estos valores delimita la zona de confort térmica la cual se ubica en 21°C para invierno y 26°C en verano.

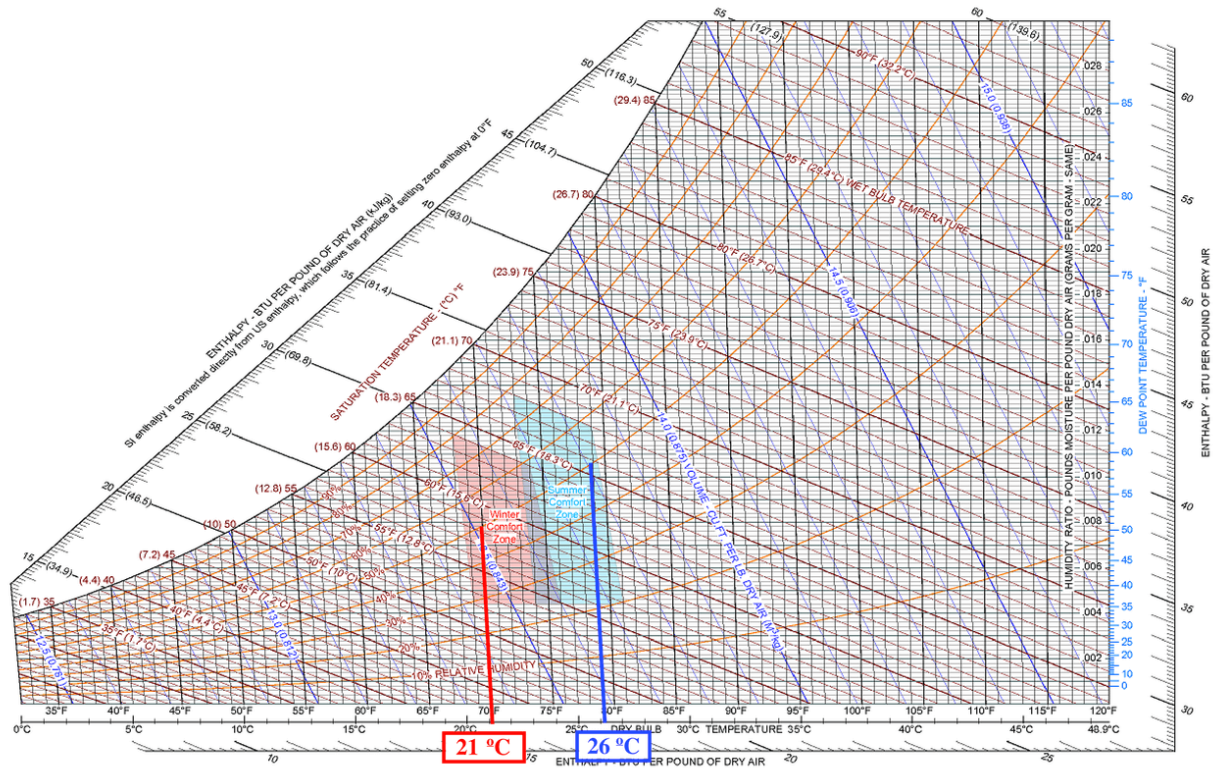


Figura 22 Zona de confort térmica Verano – Invierno

Fuente: ASHRAE: Standard 55 / UNE-EN ISO 7730:2006

2.2.2.2 Confort acústico

Las características del aislamiento acústico para el confort en edificaciones residenciales son fundamentales para impedir el ingreso de sonidos incómodos provenientes del exterior, por lo cual Quesada y Trebilcock (2015), mencionan la importancia de respetar los valores mínimos de reducción del ruido, la OMS establece que el límite de exposición al ruido no debe superar los

55dB ya que el ruido genera daño a los 75dB, genera dolor a los 120dB y a los 180dB puede causar la muerte, en la figura 23 se muestran los decibeles generados por actividades en un día promedio, dentro de los cuales el tráfico normal e intenso así como ruido generado por motocicletas sobrepasa el umbral de exposición al ruido de 55db impactando en una de las condiciones de habitabilidad como es el confort acústico, repercutiendo de acuerdo a OMS en la salud de los ocupantes como se evidencia en la figura 24.



Figura 23 Ruido generado por actividades

Fuente: Organización Mundial de la Salud



Figura 24 Los efectos en la salud

Fuente: Organización Mundial de la Salud

La importancia del confort acústico es un tema desarrollado por el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid donde menciona que la falta del aislamiento de ruido puede llegar a reducir hasta en 48% el nivel de concentración de los habitantes de una edificación. Asimismo se menciona que el ruido incrementa el estrés en 27% reduciendo de esta manera un 12% la productividad, entendiéndose de esta manera que mejoras en el confort acústico en entornos residenciales logran mejorar la concentración y el descanso. (Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, s.f.)

Goldberg (2017), en su artículo explica que los oídos saben inmediatamente cuando una persona se encuentra en una habitación o en lugar del exterior, debido a que se escuchan muchos reflejos; un poco de reflexión es muy importante porque incrementa el volumen de la voz, pero demasiado resulta incómodo, por lo que afirma que quien construye una casa debe considerar la acústica de la habitación como una característica de suma importancia.

Uno de los factores que a menudo se pasa por alto en la etapa de planificación es la acústica, sin embargo, el entorno acústico de un edificio puede tener un impacto significativo en las experiencias de los ocupantes. (Acustica Projects, 2019), por esta razón el sonido puede afectar negativamente la salud y los períodos de recuperación en los hospitales, las tendencias de diseño que están impulsando la creación de espacios de trabajo abiertos para la colaboración también pueden tener el efecto de disminuir la privacidad y la productividad, las prácticas de construcción y los productos seleccionados para mantener con estándares de sostenibilidad pueden, en ocasiones, sacrificar inadvertidamente la capacidad de un espacio para brindar comodidad a los ocupantes al disminuir el ruido no deseado.

Respecto al aislamiento acústico, la ASTM en su proceso E90-75 califica al Drywall como un material altamente acústico, característica importante en la insulación de ruidos en edificaciones de vivienda. Asimismo en edificaciones que tienen un nivel de resistencia térmica muy baja o casi

nula, es muy probable que el aislamiento sonoro también sea insuficiente, la incomodidad o malestar como resultado de no contar con un adecuado aislamiento y tener que resistir el ruido exterior o de espacios colindantes, puede ocasionar problemas en la salud, el ruido es capaz de producir daños definitivos en la salud a medida que se incrementa la intensidad o tiempo de exposición. El estrés, perturbación del sueño, nerviosismo, incremento en la presión, y migraña son algunos de los síntomas producidos por la exposición al ruido, de acuerdo a lo mencionado por la Organización Mundial de la Salud. (OMS)

En definitiva para que una edificación garantice calidad a sus habitantes deben considerar un diseño sostenible con un equilibrio adecuado de estética, accesibilidad, rentabilidad, seguridad y protección. Sobre todo, asegurar que la calidad interior de la edificación cuenta con un nivel confort térmico adecuado y acústico que garantice las condiciones de habitabilidad de sus ocupantes.

2.2.3 Aplicación del sistema drywall como muro trasdosado

Gyptec (2017), en su manual de instalación de placas de yeso menciona que en el sistema drywall, se considera muro trasdosado al revestimiento interior de los muros perimetrales de una edificación utilizando placas de yeso, este sistema es empleado en la rehabilitación de edificaciones favoreciendo los niveles de confort sustentados en el aislamiento térmico y acústico aplicado a sistemas constructivos nuevos y existentes.

Dentro de la clasificación de muros trasdosados que se muestra en la figura 25 se encuentran; el trasdosado directo, que consiste en la fijación de paneles de yeso utilizando pegamento como elemento de adherencia al muro existente; trasdosado con estructura auxiliar, en el cual se hace uso de perfiles omega anclados mecánicamente al muro sobre los cuales se fijan placas de yeso; y trasdosado autoportante en el que se utiliza como elementos principales, carriles

horizontales y perfiles verticales de piso a techo, esta clasificación permite insertar en el espacio generado por los perfiles elementos que mejoran el aislamiento térmico y acústico de una edificación como es la lana de fibra de vidrio.

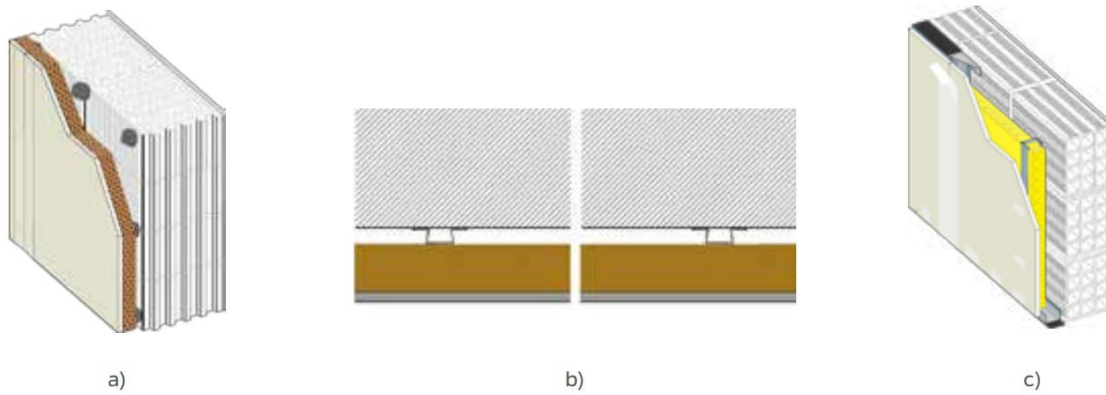


Figura 25 Tipo de trasdosados (a) directo con pegamento, b) directo con estructura auxiliar, c) autoportante

Fuente: Manual técnico instalación de sistemas en placas de yeso

Siendo el muro trasdosado autoportante el más utilizado, puede ser independientes o puntualmente anclado a la estructura existente tal como se presenta en la figura 26 y como se menciona anteriormente esta clasificación de trasdosado permite el uso de mantas de fibra de vidrio o distintos elementos aislantes dentro de la cámara de aire generada entre la perfilaría de acero galvanizado y el muro perimétrico.

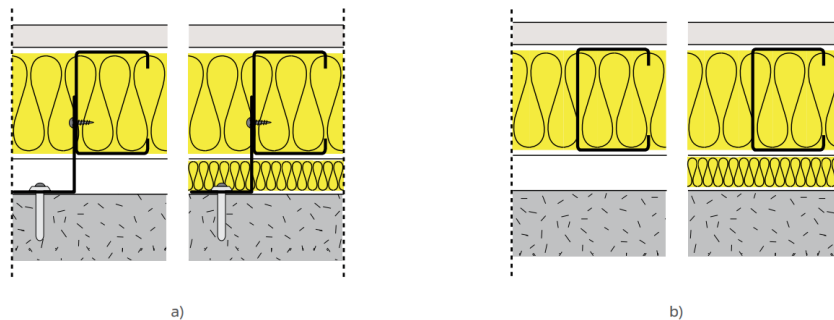


Figura 26 Muro trasdosado autoportante a) fijación puntual al muro, b) estructura independiente.

Fuente: Manual técnico instalación de sistemas en placas de yeso

La figura 27 muestra un muro autoportante trasdosado a la estructura perimetral de albañilería confinada, así como el uso de aislamiento de lana de fibra de vidrio en la capsula de aire como estrategia para mejorar la eficiencia térmica y acústica en una edificación.



Figura 27 Muro trasdosado a muro perimétrico de ladrillo

Fuente: www.giireformas.com

Las ventajas del muro trasdosado se evidencian en la capacidad para mejorar el aislamiento térmico e incrementar el aislamiento acústico, al ser un sistema de construcción en seco el proceso constructivo es rápido y no es necesario desocupar los ambientes en su totalidad, así mismo pueden intervenir sectores específicos sin modificar los muros en su totalidad. Mientras que la mayor desventaja que puede generar sería la reducción del espacio interior.

El Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (2008), presenta un análisis sobre las prestaciones térmicas y acústicas de muros trasdosados antes y después de ser aplicados a un sistema constructivo determinado, en la figura 28 y figura 29 se demuestra que el muro trasdosado mejora el valor de transmitancia térmica y aislamiento acústico al ruido aéreo después de incluir un muro trasdosado de drywall.

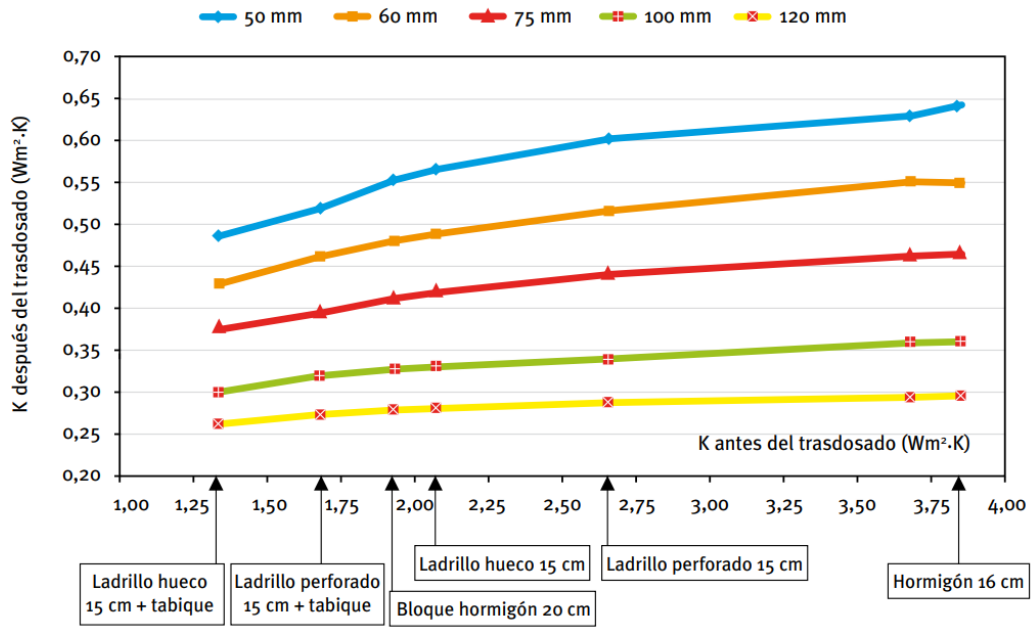


Figura 28 Prestaciones térmicas de muros trasdosado y transmitancia térmica

Fuente: IDAE 2008

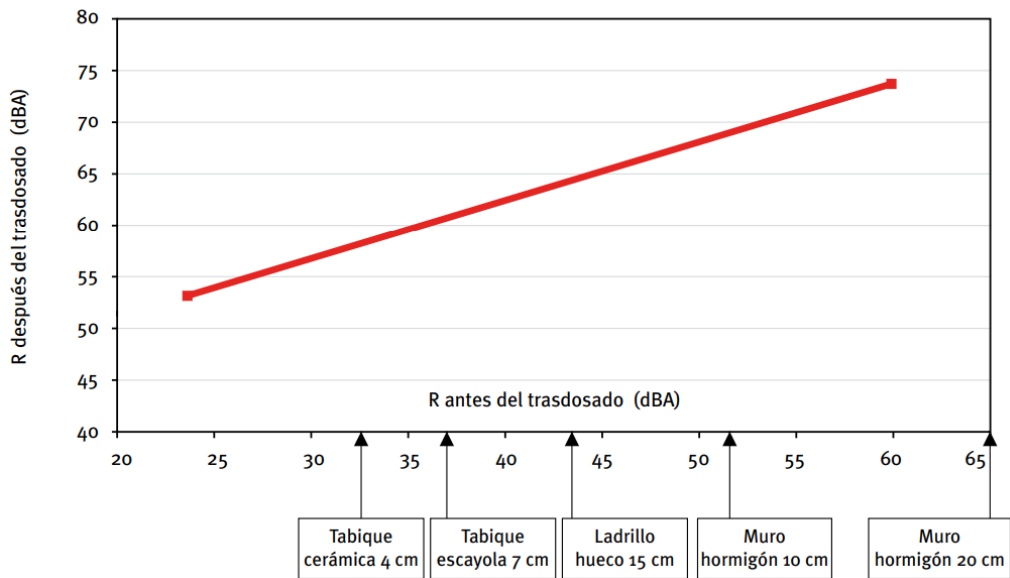


Figura 29 Prestaciones acústicas de muros trasdosados y aislamiento al ruido aéreo

Fuente: IDAE 2008

En nuestro país la mayor cantidad de viviendas se encuentran ubicadas en medianera, para lo cual el sistema trasdosado se aplica al perímetro en contacto con el exterior para mitigar la transmisión térmica y acústica.

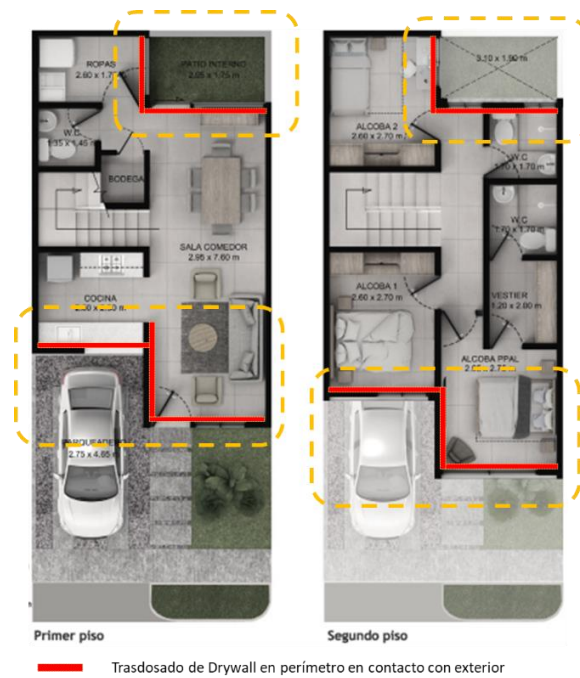


Figura 30 Esquema en vivienda típica medianera

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Enfoque, alcance y diseño

3.1.1 Enfoque.

En el presente desarrollo se analizan los componentes del sistema drywall como aislamiento termoacústico como opción de mejora de la habitabilidad en edificaciones residenciales en el sector nor oeste de la ciudad de Piura.

Hernández et al. (2014) indican que en el enfoque cualitativo el investigador profundiza en el tema y posee una particular forma de interpretarlo, además en este tipo de enfoque la investigación responde a interrogantes de ¿por qué?, ¿cómo? y ¿para qué? estableciendo correlación entre las variables definidas a través de la teoría, el método y el análisis; asimismo, señalan que los puntos de vista se encuentran basados en el objeto de estudio.

En este sentido el estudio presenta un enfoque cualitativo en el cual se utiliza la recolección de datos sin medición numérica, así como datos obtenidos a través de puntos de vista de los profesionales con experiencia en el sistema constructivo, el enfoque se orienta a obtener información valiosa para proponer el uso del sistema drywall opción de mejora de la habitabilidad en térmico de confort térmico y acústico en viviendas

3.1.2 Alcance.

De acuerdo con Hernández et al. (2014), el alcance del desarrollo es de tipo descriptivo ya que tiene como finalidad explicar propiedades y particularidades importantes en distintas situaciones.

3.1.3 Diseño.

En referencia al diseño, es de teoría fundamentada debido a que describe un fenómeno o contesta al planteamiento de un problema, el mismo que él investigador dilucida de forma general en relación a una teoría o fenómeno, proceso, acción o interacciones que se aplican a un contexto concreto (Hernández, 2014). Además, se utilizan procedimientos inductivos para explicar el fenómeno estudiado permitiendo construir teorías, hipótesis y proposiciones partiendo de marcos teóricos existentes. (Cuñat, 2007).

Para lo cual se busca determinar de qué manera el sistema Drywall puede mejorar la habitabilidad en edificaciones residenciales de albañilería confinada en el sector Nor Oeste del distrito de Piura en el año 2020.

3.2 Matrices de alineamiento

3.2.1 Matriz de consistencia.

Tabla 3 Matriz de consistencia

| <i>Problema</i> | <i>Objetivos</i> | <i>Variables</i> | <i>Dimensiones</i> | <i>Metodología</i> |
|---|---|-------------------------------|---|---|
| <p><i>¿De qué manera el Sistema Drywall puede mejorar la habitabilidad en edificaciones residenciales de albañilería confinada en el sector Nor Oeste del distrito de Piura en el año 2020?</i></p> <p><i>1. ¿Puede el Sistema Drywall mejorar el confort térmico en edificaciones residenciales de albañilería confinada en el sector Nor Oeste del distrito de Piura en el año 2020?</i></p> <p><i>2. ¿Puede el sistema Drywall mejorar el confort acústico en edificaciones residenciales de albañilería confinada en el sector Nor Oeste del distrito de Piura en el año 2020?</i></p> | <p><i>Determinar de qué manera el Sistema Drywall puede mejorar la habitabilidad en edificaciones residenciales de albañilería confinada en el sector Nor Oeste del distrito de Piura en el año 2020</i></p> <p><i>1. Analizar y describir el Sistema Drywall como opción de mejora del confort térmico en edificaciones residenciales de albañilería confinada en el sector Nor Oeste del distrito de Piura en el año 2020.</i></p> <p><i>2. Analizar y describir el Sistema Drywall como opción de mejora del confort acústico en edificaciones residenciales de albañilería confinada en el sector Nor Oeste del distrito de Piura en el año 2020</i></p> | <p><i>Sistema Drywall</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Aislamiento térmico</i> • <i>Aislamiento acústico</i> | <p><i>Enfoque: Cualitativo.</i></p> <p><i>Alcance: Descriptivo.</i></p> <p><i>Diseño: No experimental de Teoría fundamentada.</i></p> <p><i>Población: Arquitectos o ingenieros supervisores y residentes de Drywall.</i></p> <p><i>Muestra: 10 Arquitectos o ingenieros.</i></p> |
| | | <p><i>Habitabilidad</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Confort térmico</i> • <i>Confort acústico</i> | <p><i>Técnica: Encuesta y recopilación de información.</i></p> <p><i>Instrumentos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Cuestionario</i> • <i>Recopilación de información bibliográfica.</i> |

3.2.2 Matriz de operacionalización de variables.

Tabla 4 Matriz de operacionalización de variables.

| Variable | Definición conceptual | Def. operacional | Dimensiones | Indicador | Item |
|------------------------|---|--|-----------------------------|---|---|
| <i>Sistema Drywall</i> | <i>Pacheco (2016) considera el sistema drywall como un sistema novedoso para la construcción de muros, techos y revoques. El sistema está se compone por perfilería metálica de acero galvanizado formando paneles, que luego serán cubiertas por placas de yeso.</i> | <i>Será medido a través de valores, coeficientes y datos técnicos indicados por los fabricantes referidos al aislamiento térmico y aislamiento acústico.</i> | <i>Aislamiento térmico</i> | <i>Resistencia térmica (R)</i> | <i>Los componentes del sistema drywall mejoran la resistencia térmica generando un clima estable en el interior de la edificación.</i> |
| | | | | <i>Conductividad térmica (λ)</i> | <i>Los componentes del sistema drywall mitigan la conductividad térmica del exterior requiriendo menor consumo de sistemas de enfriamiento.</i> |
| | | | <i>Aislamiento acústico</i> | <i>Clase de transmisión del sonido (STC)</i> | <i>Los componentes del sistema drywall ayudan a incrementar el nivel STC impidiendo el paso de ruido de una región a otra.</i> |
| | | | | <i>Coefficiente de reducción de ruido (NRC)</i> | <i>Los componentes del sistema drywall disminuyen la reverberación al interior de la edificación mejorando el confort de los habitantes.</i> |

| | | | | | |
|----------------------|--|--|-------------------------------|--|---|
| <i>Habitabilidad</i> | <i>El Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma G.010 define habitabilidad como la protección térmica y sonora sobre la cual se precisa que es la manera en que la temperatura interior y el ruido percibido, no vulnere el confort y salud de los ocupantes de una edificación posibilitando que realicen gratamente sus actividades.</i> | <i>Será medido a través de una escala de niveles de confort térmico y acústico</i> | <i>Confort térmico</i> | <i>Bienestar</i> | <i>Percepción de satisfacción en un entorno térmico.</i> |
| | | | | <i>Estrés</i> | <i>Sensación de malestar que se manifiesta por esfuerzos del organismo para mantener un equilibrio en la temperatura.</i> |
| | | | | <i>Perturbación del sueño</i> | <i>El calor produce sueño superficial provocando interrupciones durante el descanso.</i> |
| | | <i>Confort acústico.</i> | <i>Bienestar</i> | <i>Percepción de satisfacción en un entorno sonoro.</i> | |
| | | | <i>Estrés</i> | <i>Sensación de desagrado, molestia y pérdida de concentración por ruidos.</i> | |
| | | | <i>Perturbación del sueño</i> | <i>Los ruidos generan actividad, movimientos y respuestas autónomas del cuerpo cambiando a fases de sueño más superficiales.</i> | |

3.3 Población y muestra

En lo que refiere a la población, se encuentra conformada por profesionales arquitectos o ingenieros con experiencia en residencia o supervisión del sistema de construcción no convencional tipo drywall en obras a nivel nacional, el tipo de muestreo es no probabilístico en función del diseño de la investigación.

Los criterios electivos para la conformación muestral fueron; ser arquitecto o ingeniero titulado y colegiado con más de 8 años de experiencia en residencia o supervisión del sistema de construcción no convencional tipo drywall en obras a nivel nacional.

En el muestreo no probabilístico, la elección de un elemento de la población que va a constituir la muestra se fundamenta, de cierto modo, en el juicio del investigador. Asimismo “la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia posibilita elegir por medio de la accesibilidad y proximidad de los participantes” (Hernández et al., 2006).

Conforme a lo mencionado por Hernández et al. (2016), en las investigaciones cualitativas la dimensión de la muestra no es trascendental desde un panorama probabilístico por lo cual su propósito no es la universalización del resultado.

3.4 Técnicas e instrumentos

Las técnicas son procedimientos que selecciona el investigador dada su conveniencia para aproximarse a comprender la variable en estudio, mientras que los instrumentos ayudan en el registro como fuente de soporte de la información recolectada.

La técnica por desarrollar será la encuesta, donde el investigador formulará a la muestra predeterminada, las preguntas concretas relacionadas a las variables de la investigación a fin de recoger la perspectiva de especialistas y así obtener información que brinde respuesta a los

objetivos planteados. Además se aplicará la revisión documental de investigaciones y fabricantes sobre el comportamiento térmico y acústico de los principales componentes del sistema drywall.

El instrumento a aplicar como método para recolección de datos será el cuestionario pre estructurado con alternativas de respuesta basadas en la escala de Likert, en el cual se consideran las siguientes opciones: totalmente de acuerdo, parcialmente de acuerdo, ni en desacuerdo ni de acuerdo, parcialmente en desacuerdo y totalmente en desacuerdo, con el propósito de obtener la opinión de expertos sobre la aplicación del sistema drywall como opción de mejora de la habitabilidad en edificaciones residenciales en la ciudad de Piura. El cuestionario pre estructurado se encuentra en el ANEXO 1.

3.5 Aplicación de instrumentos

Para recolectar información desarrollo lo siguiente:

- Se realizó la investigación documental recopilando información sobre el comportamiento térmico y acústico de los componentes del sistema drywall.
- Se solicitó permiso a los profesionales de la muestra para su inclusión en la encuesta.
- Se explicó a los profesionales participantes la aplicación del cuestionario con alternativas de respuesta basadas en la escala de Likert.
- Se estructuró el cuestionario en línea apoyado en la plataforma de Microsoft Forms.
- Se aplicaron los instrumentos del 20 al 22 de enero del 2021 en la modalidad virtual mediante un enlace al cuestionario.
- Se comunicó que no hay respuestas erradas o acertadas.

- Se les exhortó a responder el cuestionario basándose en su experiencia y conocimientos técnico-profesionales.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS

Aquí se desarrollan los hallazgos y alcances del análisis inferencial de cada indicador evaluado en función de las variables, así como respuesta a las preguntas específicas evidenciando el cumplimiento de los objetivos específicos.

Al momento de efectuar la investigación, el objetivo principal es determinar de forma teórica, basada en el análisis documental y juicio de expertos de qué manera el sistema Drywall puede mejorar la habitabilidad en edificaciones residenciales de albañilería confinada en el sector Nor Oeste del distrito de Piura en el año 2020, en tal sentido se realizó el análisis de los componentes principales del sistema Drywall y su comportamiento frente a factores externos como son el flujo de calor y ruido; de esta manera poder determinar teóricamente y basado en estudios previos, el nivel de conveniencia de aplicar el sistema constructivo Drywall como alternativa o complemento para mejorar el confort térmico y acústico; de esta manera mejorar el bienestar, disminuir los niveles de estrés y reducir la perturbación del sueño en ocupantes de edificaciones residenciales a través del uso de un sistema constructivo no convencional, analizando sus características de resistencia térmica, clase de transmisión de sonido, coeficiente de reducción de ruido y transmisión térmica en la ciudad de Piura.

Asimismo se utilizó un instrumento con escalamiento tipo Likert para recolectar datos, el cual fue aplicado a una muestra de diez profesionales ingenieros y arquitectos supervisores y residentes de obra con experiencia en la ejecución del sistema constructivo tipo drywall a nivel nacional con la finalidad de obtener un juicio de expertos referente a la beneficio o desventajas que conlleva aplicar el sistema drywall como opción de mejora de la habitabilidad en edificaciones residenciales.

4.1 Resultados y análisis del sistema drywall como aislamiento termoacústico

Tabla 5 Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 1

| |
|---|
| Variable: Sistema drywall |
| Dimensión: Aislamiento térmico |
| Indicador: Resistencia térmica (R) |
| Ítem 1 |

Como respuesta al primer indicador, 70% de los encuestados confirman que la resistencia térmica del sistema drywall garantiza el aislamiento térmico, sin embargo el 30% no considera que la insulación generada por el sistema Drywall sea suficiente para aislar térmicamente la envolvente de una edificación, es decir el sistema Drywall mejora el aislamiento térmico pero no es el único elemento que se encuentra en la envolvente de la edificación por lo cual cumple parcialmente la afirmación.

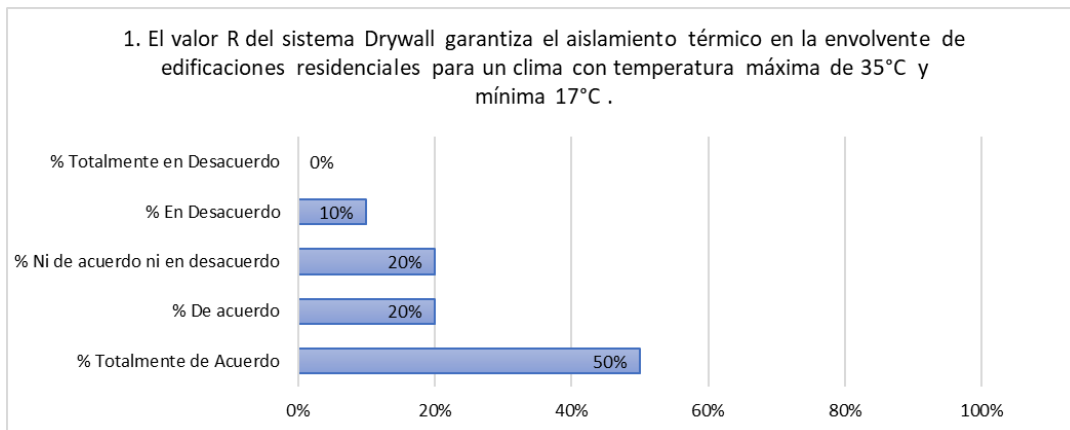


Figura 31 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 2

| |
|---|
| Variable: Sistema drywall |
| Dimensión: Aislamiento térmico |
| Indicador: Conductividad térmica (λ) |
| Item 2 |

El 100% de los encuestados aseguran que la perfilería de acero galvanizado utilizada en el sistema drywall impacta negativamente en las características de aislamiento térmico, de acuerdo a la información recolectada en las bases teóricas este material genera puentes térmicos desde una región a otra a través del muro de drywall, reduciendo así los valores de resistencia que aportan otros componentes del sistema constructivo.

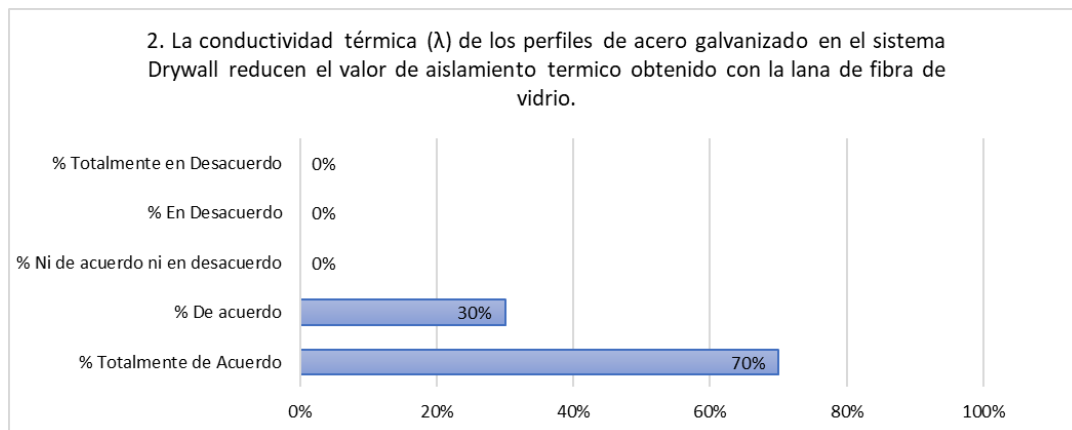


Figura 32 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 3

| |
|---|
| Variable: Sistema drywall |
| Dimensión: Aislamiento acústico |
| Indicador: Clase de transmisión acústica (STC) |
| Item 3 |

Con referencia al tercer indicador, el 70% de los encuestados concuerdan en que el valor STC garantiza el aislamiento de ruido en la envolvente de una edificación, por otro lado el 30% no aprueba esta afirmación, de acuerdo con los datos mostrados en las bases teóricas, el STC es una escala para medir ruido en mediana y altas frecuencias, excelente para tabiques interiores sin embargo los ruidos del exterior se encuentran en su mayoría en bajas frecuencias por lo que no sería un indicador muy certero para evaluar la capacidad de aislamiento en la envolvente de una edificación.

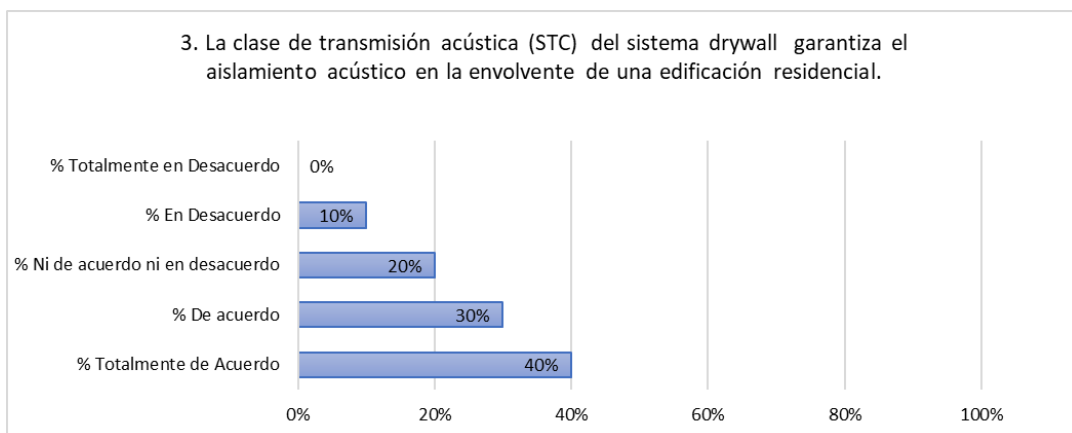


Figura 33 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 4

| |
|---|
| Variable: Sistema drywall |
| Dimensión: Aislamiento acústico |
| Indicador: Coeficiente de reducción de ruido (NRC) |
| Item 4 |

Respecto a coeficiente de reducción de ruido como estrategia para aislar acústicamente una edificación residencial, el 90% de los encuestados no se encuentra de acuerdo mientras que el 10% responde en total acuerdo, por lo tanto basados en la información recolectada durante la investigación, se encuentra que el coeficiente de reducción de ruido cumple la función de absorber mas no disminuir los niveles de ruido de una región a otra, siendo un indicador deficiente para medir el aislamiento acústico en la envolvente de una edificación.

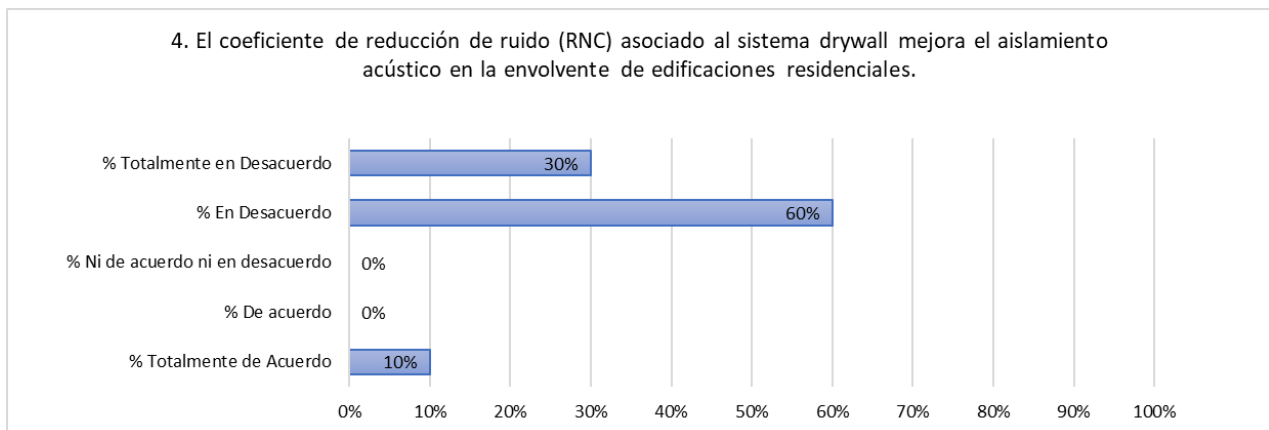


Figura 34 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 5

| |
|-----------------------------------|
| Variable: Habitabilidad |
| Dimensión: Confort térmico |
| Indicador: Bienestar |
| Item 5 |

Como resultado al Item 5, el 100% de los encuestados consideran que el confort térmico se sustenta en la percepción de bienestar de los ocupantes, como factor clave para alcanzar la habitabilidad en una edificación.

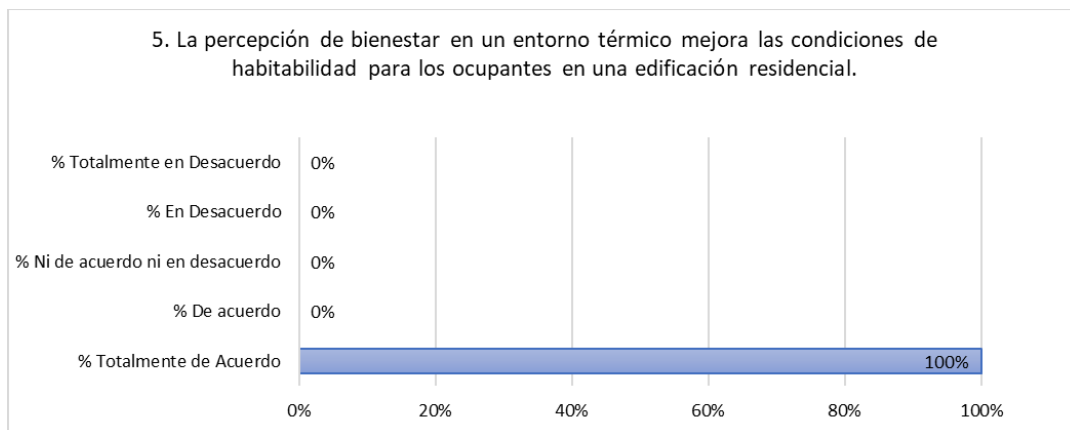


Figura 35 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10 Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 6

| |
|-----------------------------------|
| Variable: Habitabilidad |
| Dimensión: Confort térmico |
| Indicador: Estrés |
| Item 6 |

La totalidad de los encuestados afirma que el equilibrio térmico al interior de las edificaciones residenciales es un factor importante para asegurar condiciones mínimas salud y confort que corresponden al concepto de habitabilidad.

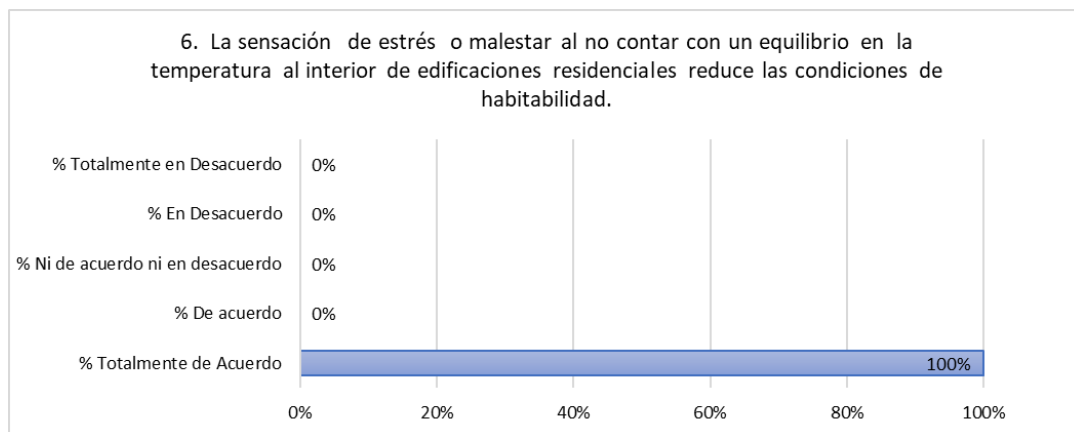


Figura 36 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11 Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 7

| |
|--|
| Variable: Habitabilidad |
| Dimensión: Confort térmico |
| Indicador: Perturbación del sueño |
| Item 7 |

En el Item 7 el 100% de encuestados están de acuerdo que una de las causas de la interrupción del sueño es el incremento en los niveles de temperatura interior reduciendo el confort de los ocupantes.

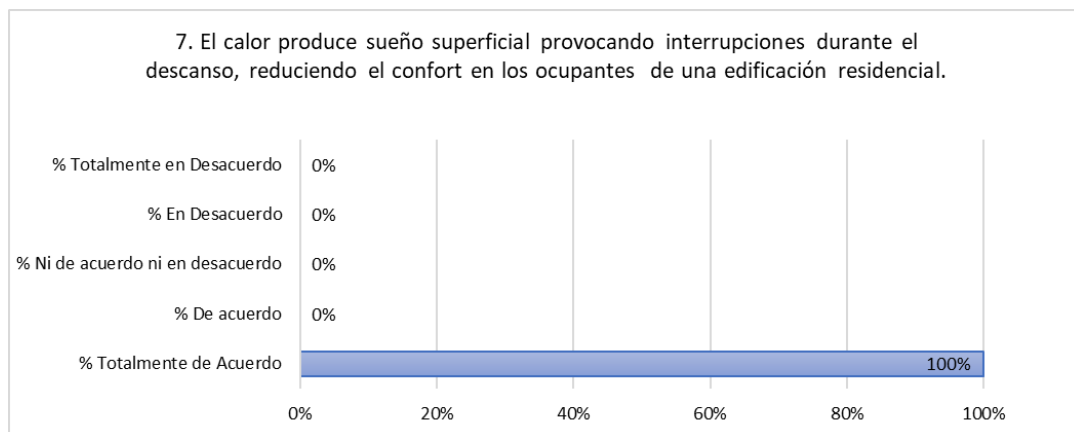


Figura 37 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12 Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 2

| |
|------------------------------------|
| Variable: Habitabilidad |
| Dimensión: Confort acústico |
| Indicador: Bienestar |
| Item 8 |

El 100% de la muestra se encuentra totalmente de acuerdo con la importancia del aislamiento acústico para lograr el confort y por ende el bienestar o satisfacción de los ocupantes de una edificación residencial.

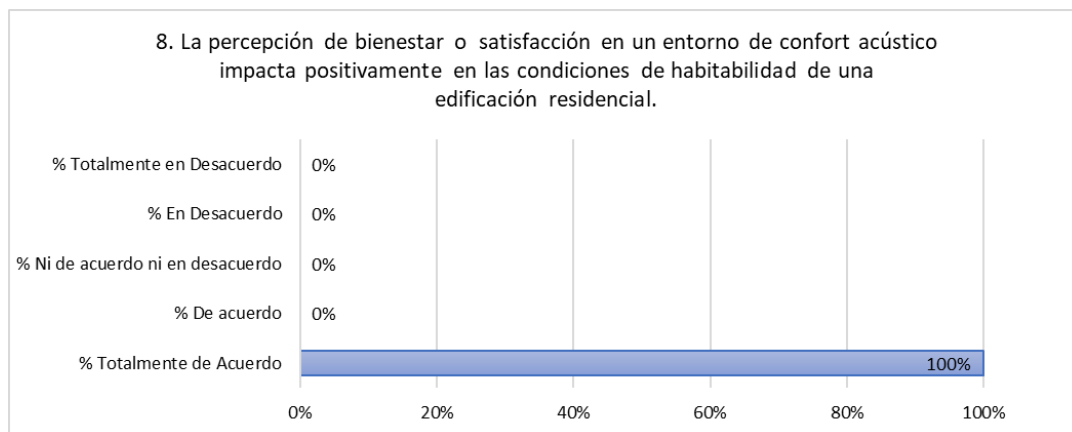


Figura 38 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 El Sistema drywall como aislamiento termoacústico – Cuestionario escala de Likert: ítem 2

| |
|------------------------------------|
| Variable: Habitabilidad |
| Dimensión: Confort acústico |
| Indicador: Estrés |
| Item 9 |

En lo concerniente al estrés, la totalidad de los encuestados afirman que el aislamiento acústico efectivamente ayuda a reducir los ruidos que impactan en el confort de los ocupantes de la edificación residencial, expresado en términos de sensación de desagrado, molestias y distracciones.

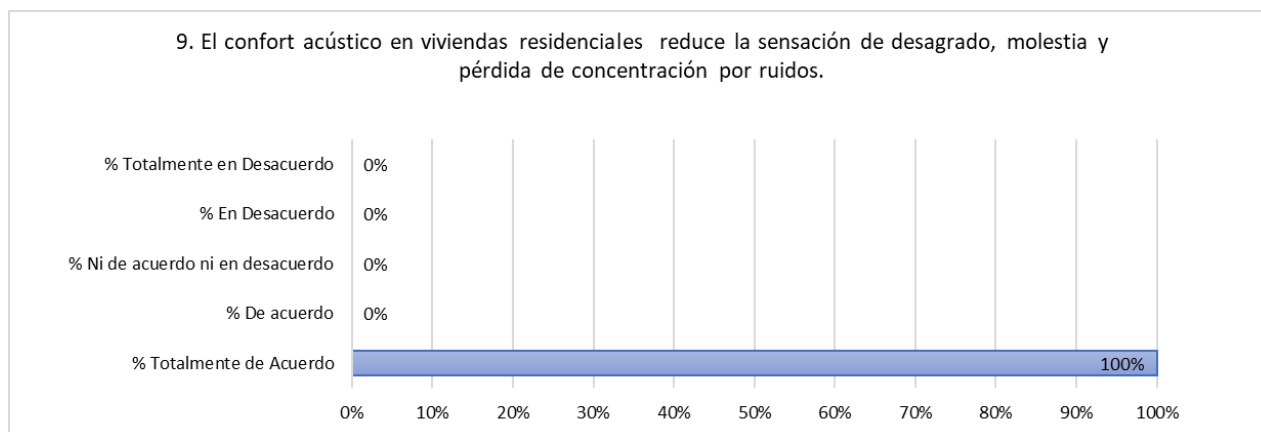


Figura 39 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Edificaciones Residenciales – Cuestionario escala de Likert: ítem 10

| |
|--|
| Variable: Habitabilidad |
| Dimensión: Confort acústico |
| Indicador: Perturbación del sueño |
| Item 10 |

En referencia al Item 10, el 100% de los profesionales encuestados se encuentra totalmente de acuerdo que el confort acústico es importante para garantizar el adecuado descanso de los ocupantes como requisito para lograr la habitabilidad en una edificación residencial.

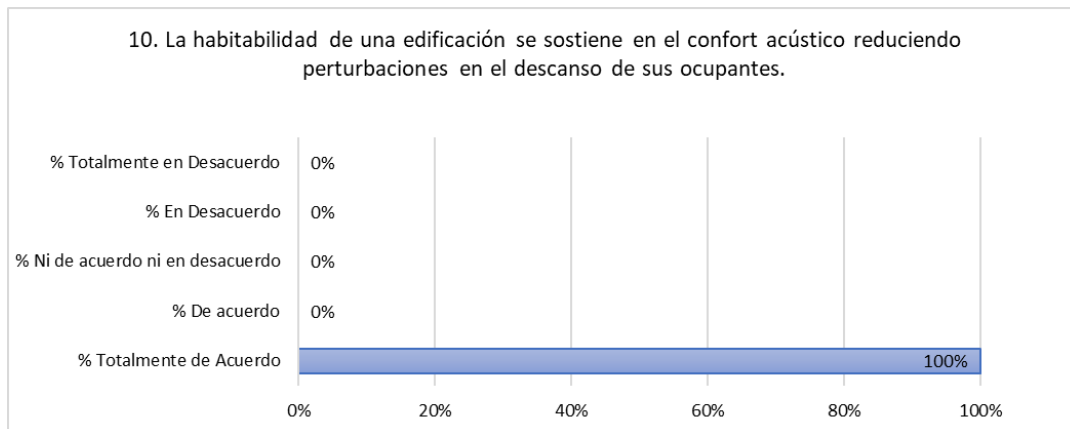


Figura 40 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 10

Fuente: Elaboración propia

4.2 Análisis de la relación entre el sistema drywall y la habitabilidad en edificaciones residenciales.

Como resultado del Item 11 del cuestionario, se obtuvo que el 100% de los profesionales encuestados se encuentra totalmente de acuerdo con la estrategia de usar el sistema drywall como mejora para lograr el confort térmico y acústico en edificaciones residenciales, impactando positivamente en los niveles de habitabilidad, entendiéndose que los ocupantes contarán con salud, bienestar, satisfacción y reducirán los niveles de estrés durante el transcurso del día y durante las horas de sueño al contar con un ambiente mucho más estable.

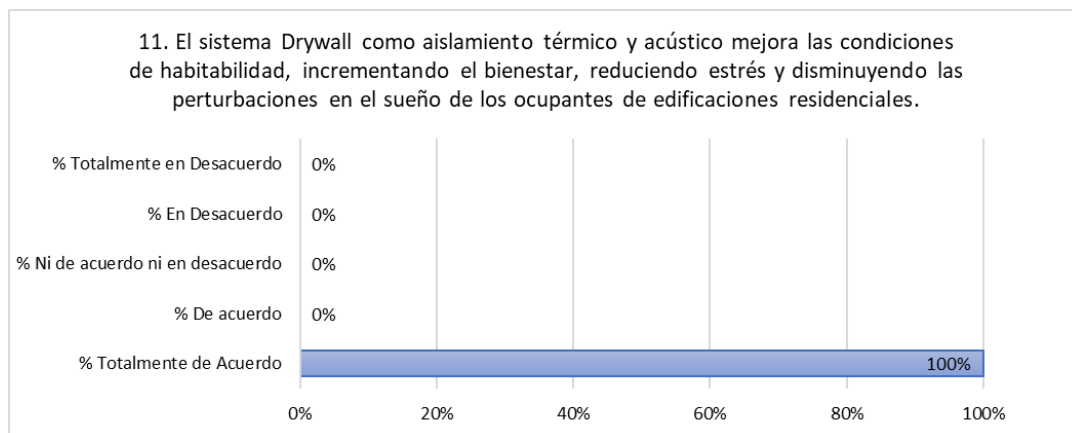


Figura 41 Porcentaje acuerdo o desacuerdo - Cuestionario escala de Likert : Ítem 14

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

5.1 Propósito

Implementar y difundir un procedimiento constructivo de muro trasdosado de Drywall para mejorar el aislamiento termoacústico en edificaciones residenciales del sector nor oeste del distrito de Piura en el año 2020.

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, en la norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética, la ciudad de Piura se ubica en una zona climática definida como “Desértico” como se muestra en la figura 40, la norma se indica que todo proyecto de edificación debe cumplir obligatoriamente con valores máximos de transmitancia térmica (U) expresados W/m^2K , para lo cual a la zona bioclimática desértica le corresponde un valor $U=3.20 W/m^2K$ tal como se presenta en la figura 41 y figura 42.

| Zona bioclimática | Definición climática |
|-------------------|----------------------|
| 1 | Desértico costero |
| 2 | Desértico |
| 3 | Interandino bajo |
| 4 | Mesoandino |
| 5 | Altoandino |
| 6 | Nevado |
| 7 | Ceja de Montaña |
| 8 | Subtropical húmedo |
| 9 | Tropical húmedo |

Figura 42 Zonificación bioclimática del Perú

Fuente: EM.110 -RNE

| Zona bioclimática | Transmitancia térmica máxima del muro (U_{muro}) | Transmitancia térmica máxima del techo (U_{techo}) | Transmitancia térmica máxima del piso (U_{piso}) |
|-----------------------|---|---|---|
| 1. Desértico costero | 2,36 | 2,21 | 2,63 |
| 2. Desértico | 3,20 | 2,20 | 2,63 |
| 3. Interandino bajo | 2,36 | 2,21 | 2,63 |
| 4. Mesoandino | 2,36 | 2,21 | 2,63 |
| 5. Altoandino | 1,00 | 0,83 | 3,26 |
| 6. Nevado | 0,99 | 0,80 | 3,26 |
| 7. Ceja de montaña | 2,36 | 2,20 | 2,63 |
| 8. Subtropical húmedo | 3,60 | 2,20 | 2,63 |
| 9. Tropical húmedo | 3,60 | 2,20 | 2,63 |

Figura 43 Valores máximo de transmitancia térmica (U) en W/m^2K

Fuente: EM.110 -RNE

Asimismo en la figura 43 el RNE en la norma “EM.110 “Anexo N°3: Lista de características higrométricas de los materiales de construcción” especifica la conductividad térmica del mortero de cemento-arena con un valor de $1.40 W/(m \cdot K)$ y el bloque de arcilla de ladrillo corriente con $0.84 W/(m \cdot K)$,

| N° | Material | Densidad ρ (kg / m ³) | Coefficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica k (W / m K) |
|-----------------------------|--|--|--|
| MAMPOSTERIA | | | |
| 20 | Bloque de arcilla - Ladrillo corriente | 1700 | 0.84 |
| MORTEROS Y ENLUCIDOS | | | |
| 27 | Mortero cemento-arena | 2000 | 1.40 |

Figura 44 Conductividad térmica de ladrillo corriente y mortero cemento-arena

Fuente: EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética (RNE)

Actualmente la mayor cantidad de edificaciones residenciales en la ciudad de Piura cuentan con muros perimétricos de ladrillo común y mortero de cemento-arena como tarrajeo, analizando el valor de transmitancia térmica que genera este sistema constructivo en la tabla 15, se puede observar que no cumple con el valor U máximo en muros requerido segundo el RNE.

Tabla 15 Transmitancia térmica (U) W/m²K de muro perimétrico de ladrillo común tarrajado

| Muro perimetrico de ladrillo común | | | |
|-------------------------------------|---------|-----------|---------------------|
| Elemento | Dim (m) | λ | R |
| | | w/m.K | m ² .K/w |
| Mortero de cemento -arena(Exterior) | 0.015 | 1.400 | 0.011 |
| Mortero de cemento-arena (Interior) | 0.015 | 1.400 | 0.011 |
| Ladrillo común | 0.120 | 0.840 | 0.143 |
| Total | | | 0.164 |

$$U_{\max} = 3.20 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = \frac{1}{R} \quad R = \frac{e}{\lambda} \quad R = 0.164 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{0.164} \quad U = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Fuente: Elaboración propia

Considerando mortero cemento-arena a un lado del muro, ladrillo común, trasdosado de drywall y lana de fibra de vidrio de baja densidad(11-14 kg/m³), se obtiene como resultado 10.15 veces menos transmitancia térmica, lo cual se evidencia en la tabla 16 y figura 44.

Tabla 16 Transmitancia térmica (U) W/m2K de muro de drywall trasdosado

| Muro perimetrico trasdosado con lana de vidrio | | | |
|--|---------|-----------|---------------------|
| Elemento | Dim (m) | λ | R |
| | | w/m.K | m ² .K/w |
| Mortero de cemento -arena(Exterior) | 0.015 | 1.400 | 0.011 |
| Ladrillo común | 0.120 | 0.840 | 0.143 |
| Lana de fibra de vidrio de baja densidad | 0.065 | 0.043 | 1.512 |
| Total | | | 1.665 |

$$U_{max} = 3.20 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = \frac{1}{R} \quad R = \frac{e}{\lambda} \quad R = 1.665 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{1.665} \quad U = 0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Fuente: Elaboración propia

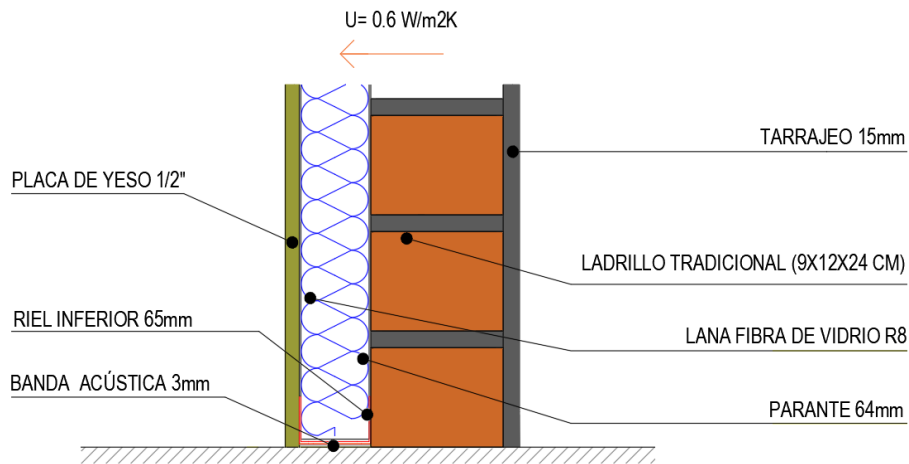


Figura 45 Detalle general para muro trasdosado de Drywall en perímetro de ladrillo.

Fuente: Elaboración propia

5.2 Actividades

5.2.1 Análisis y zonificación de valores de resistencia térmica y transmisión acústica requeridos en el sector nor oeste de la ciudad de Piura.

Es una actividad que consisten en la recolección de datos térmicos y acústicos para determinar que valores de resistencia térmica, y transmisión acústica reales se requieren en los distintos sectores de acuerdo con características físicas y externalidades ambientales en que se encuentran las edificaciones residenciales; de esta manera establecer una zonificación que permita conocer los valores de insulación más adecuados.

5.2.2 Diseño de detalles y procedimientos de construcción de muros trasdosados como aislamiento termoacústico de edificaciones residenciales.

Es el diseño y elaboración de planos con detalles constructivos indicando los materiales, dimensiones y características a emplear para la construcción de muros trasdosados. Asimismo se desarrolla el procedimiento o instructivo para su construcción.

5.2.3 Estimación de costo aproximado por m2 de muro instalado.

Se realiza el cálculo estimado del costo por m2 correspondiente al suministro e instalación de muros trasdosados de drywall para edificaciones residenciales.

5.2.4 Reunión de difusión al público sobre los beneficios y ventajas del muro trasdosado de drywall en el aislamiento termoacústico de edificaciones residenciales.

Consiste en la ejecución de eventos de publicidad y difusión del sistema drywall por parte de profesionales hacia el público en general con el objetivo de dar a conocer las ventajas y beneficios del muro trasdosado de drywall como alternativa de aislamiento térmico y acústico.

5.3 Cronograma de ejecución

Tabla 17 Cronograma de ejecución de propuesta

| <i>Actividades</i> | <i>Feb.</i> | <i>Mar</i> | <i>Abr.</i> | <i>May</i> | <i>Jun.</i> | <i>Jul.</i> |
|--|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| Análisis y zonificación de valores R y STC requeridos en el sector nor oeste de la ciudad de Piura. | | | | | | |
| Diseño de detalles y procedimientos de construcción de muros trasdosados como aislamiento termoacústico de edificaciones residenciales. | | | | | | |
| Estimación de costo aproximado por m2 de muro instalado. | | | | | | |
| Reunión de difusión a público sobre los beneficios y ventajas del muro trasdosado de drywall en el aislamiento termoacústico de edificaciones residenciales. | | | | | | |

Fuente: *Elaboración propia*

5.4 Análisis costo beneficio

Tabla 18 Costos por actividad para desarrollar la propuesta

| Actividad | Recurso | Costo (S/.) | | | | | | Total |
|--|--------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------------|
| | | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | |
| Análisis y zonificación de valores R y STC requeridos en el sector nor oeste de la ciudad de Piura. | Honorarios | 7,000.00 | 7,000.00 | | | | | S/. 14.000,00 |
| | Materiales | 5,000.00 | 5,000.00 | | | | | S/. 10.000,00 |
| Diseño de detalles y procedimientos de construcción de muros trasdosados como aislamiento termoacústico de edificaciones residenciales. | Honorarios | | | 2,000.00 | | | | S/. 2.000,00 |
| Estimación de costo aproximado por m2 de muro instalado. | Honorarios | | | | 2,000.00 | | | S/. 2.000,00 |
| Reunión de difusión a público sobre los beneficios y ventajas del muro trasdosado de drywall en el aislamiento termoacústico de edificaciones residenciales. | Honorarios | | | | | 3,000.00 | 3,000.00 | S/. 6.000,00 |
| | Materiales | | | | | 1,500.00 | 1,500.00 | S/. 3.000,00 |
| | Coffee break | | | | | 1,000.00 | 1,000.00 | S/. 2.000,00 |
| Total | | | | | | | | S/. 39.000,00 |

Fuente: Elaboración propia

El costo del proyecto de solución fue de S/. 39.000,00. La ganancia obtenida se muestra en la ejecución del proyecto que otorga mejores condiciones básicas de habitabilidad como es conservar una temperatura adecuada dentro de la edificación; en el caso de la ciudad de Piura el sistema contribuye a mantener una temperatura fresca durante la totalidad del año. Además, favorece en la reducción de gasto energético derivado de sistemas de enfriamiento o ventilación mecánicos.

Desde el punto de vista del confort la propuesta evita que las viviendas se calienten muy rápido en verano mejorando el control de la temperatura interior, asimismo, el aislamiento acústico refuerza aún más los niveles de confort evitando consecuencias en la salud de sus habitantes como son el estrés, fatiga y migraña como resultado de la contaminación acústica.

Al ser la investigación cualitativa y al no haber un beneficio económico directo, se resaltan los siguientes beneficios resultado de la envolvente termoacústica:

- La envolvente térmica resguarda el interior de la vivienda de la temperatura, aire y humedad exterior, para mejorar la calidad de vida de sus ocupantes.
- Disminuye el consumo de energía en equipos de climatización y enfriamiento de la vivienda por lo cual reduce la factura de energía.
- La envolvente termoacústica logra disminuir las pérdidas o ganancias de energía de la vivienda, es decir; en verano se reduce el flujo de calor desde el exterior al interior y en invierno se evita perder el calor del interior hacia el exterior.
- Durante el invierno el calor no sale de la vivienda.
- Durante el verano el calor no entra en la vivienda generando menor demanda de artefactos de enfriamiento.

- Los muros con alta inercia mantienen la variación de temperatura entre el interior y exterior, consiguiendo un adecuado nivel de confort.
- El sistema drywall gracias a sus componentes permite reducir al máximo los puentes térmicos.
- Genera mayor sostenibilidad de las edificaciones
- El aislar acústicamente una vivienda produce tranquilidad y confort.
- El aislamiento termoacústico de una vivienda incrementa la plusvalía del inmueble.

Como es apreciable el beneficio otorgado a los habitantes en salud y confort supera el costo a todo nivel.

CONCLUSIONES

PRIMERA. - Los valores asociados a resistencia y conductividad térmica de los materiales del sistema Drywall en muros trasdosados incrementa el nivel de confort térmico de los ocupantes e impactan de manera positiva en el interior de una edificación, logrando reducir el puente térmico entre la temperatura exterior y el interior.

SEGUNDA. - Las características de los componentes del sistema drywall y a la cápsula de aire creada entre la superficie de transmisión de ruido y el material sólido hace que el sonido viaje a través de distintas interferencias, provocando una rápida degradación de su transmisión, mejorando las condiciones de confort acústico de los ocupantes, lo cual de acuerdo a la OMS ayuda a reducir el estrés, perturbación del sueño, nerviosismo, presión y migraña.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. - Se debe aprovechar el sistema drywall para mejorar la insulación en la envolvente interior de edificaciones residenciales a través de muros trasdosados al perímetro de albañilería confinada, utilizando parantes de madera en reemplazo del acero galvanizado para reducir el puente térmico y mejorar la eficiencia del método.

SEGUNDA. - Para lograr una clasificación adecuada del aislamiento acústico entre el exterior y el interior de una edificación residencial se recomienda usar la clasificación OITC (Outdoor/Indoor Transmission Class) diseñado para bajas frecuencias, entre 80 Hz y 4000 Hz. En lugar del STC (Sound transmisión class) el cual desarrolla una clasificación para media y alta frecuencia entre 125Hz a 4000 Hz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, D. (2002). Reducción y gestión de residuos de la construcción y demolición (RDC). *Tecnología y Construcción*. http://190.169.94.12/ojs/index.php/rev_tc/article/view/3507
- Acosta, D., & Cilento, A. (2005). Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo. *Tecnología y Construcción*.
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45288306/Edificaciones_sostenibles_estrategias_de_investigacion_y_desarrollo.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEdificaciones_sostenibles_estrategias_de.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA
- Acustica. (2003). *Universidad del país Vasco UPV*. <http://www.ehu.eus/>
- Acustica Projects. (2019). Why Acoustics Matter in Homes and Buildings – Architectural Acoustics. <https://www.acousticaprojects.com.au/why-acoustics-matter-in-homes-and-buildings-architectural-acoustics/>
- Aguado, D. (2016). *Planteamiento del sistema constructivo drywall para la mejora de la autoconstrucción de viviendas. PP.JJ. Enrique Montenegro, San Juan de Lurigancho - Lima 2016*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/21729>
- Aldawi,, F., & Alam, F. (2016). *Thermofluid modeling for energy efficiency applications*,.
<https://www.sciencedirect.com/book/9780128023976/thermofluid-modeling-for-energy-efficiency-applications>
- Audimute. (2021). *www.audimute.com*. <https://www.audimute.com/nrc-rating-vs-stc-rating#:~:text=A%20NRC%20is%20an%20average,ranges%20from%200%20to%201>.
- Azkorra, Z., Pérez, G., Coma , J., Cabeza, L., Bures, S., Alvaro , J., . . . Urrestarazu, M. (2014). Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system. *ELSEVIER*, 54-55.
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0003682X14002333?token=B4C285C39C21B990644534E2C378C525598ACE8A8746831BEF2AE256B75AABEDBF43C777CCB0E1193E0049A6325A89>
- Blender, M. (2015). *El confort térmico*. [http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-confort-termico/#:~:text=El%20confort%20t%C3%A9rmico%20es%20la,y%20depende%20de%](http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-confort-termico/#:~:text=El%20confort%20t%C3%A9rmico%20es%20la,y%20depende%20de%20)

20diversos%20factores.&text=Una%20de%20las%20funciones%20principales,interiores
%20que%20son%20t%C3%A9rmicamente%20confortables.

Blender, M. (23 de Marzo de 2015). *El valor U. La transmitancia térmica en edificación.*

Arquitectura&Energía: <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-valor-u-la-transmitancia-termica-en-edificacion/#:~:text=La%20transmitancia%20t%C3%A9rmica%20es%20una,en%20las%20superficies%20del%20elemento>.

Bradley, J. (2001). *Deriving acceptable values for party wall sound insulation from survey results.* Institute for Research in Construction, National Research Council, Montreal.

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.3.1115&rep=rep1&type=pdf>

Bustillos, D. (2017). *Calidad del ambiente interior de las edificaciones residenciales urbanas de la ciudad de Cuenca: determinación de estándares de confort.* Cuenca: Universidad de Cuenca.<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28830/1/3.%20Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>

Camino, R., & Camino, R. (2017). *EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA, PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL LADRILLO KING-KONG 18 HUECOS ADICIONADO CON PUZOLANA DE LA CANTERA RAQCHI EN DIFERENTES PORCENTAJES, CON RESPECTO A UN LADRILLO TRADICIONAL.* Cusco. <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/745>

Castillo, J., & Alva, J. (1994). *PELIGRO SÍSMICO EN EL PERÚ.* Tesis.

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3852>

Cole, R. (1998). *Emerging trends in building environmental assessment methods.* Building Research & Information.

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/096132198370065>

Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. (s.f.). <https://www.coam.org/>. <https://www.coam.org/>

Connor, N. (2019). ¿Qué es la conductividad térmica de la lana de vidrio? *Thermal Engineering.*

<https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-la-conductividad-termica-de-la-lana-de-vidrio->

- De la Fuente , A. (2019). *Estudio de nuevos materiales sostenibles como alternativa a la construccion tradicional con ladrillo*. Trabajo de fin de grado, Universidad de Valladolid, Valladolid, España. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/37722/TFG-A-141.pdf?sequence=1>
- Department of Energy USA. (2008). *Fact Sheet Insulation*. <https://www.energystar.gov/sites/default/files/asset/document/Insulation%20Fact%20Sheet.pdf>
- Di Lorenzo, G., & De Martino, A. (2019). *Earthquake Response of Cold-Formed Steel-Based*. Italy. <https://core.ac.uk/download/pdf/237170739.pdf>
- Diario Expreso. (Viernes 17 de Mayo de 2019). Día Mundial del Reciclaje: El Drywall se ha convertido en una opción sustentable y económica. *Expreso*. <https://www.expreso.com.pe/especiales/dia-mundial-del-reciclaje-el-drywall-se-ha-convertido-en-una-opcion-sustentable-y-economica/>
- Diaz , P. (2017). Evolución en los materiales de construcción: vivienda. *Centro Urbano*. <https://centrourbano.com/2017/04/05/evolucion-los-materiales-construccion-vivienda/>
- Dubravcic, A. (2004). *Cuantificación del Consumo de Agua en el Proceso Constructivo de ViviendasUnifamiliares Tipo.Estrategias de Minimización*. Sevilla. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/59470/Dubravicc%2C%20arturo%20%28espa%29.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Espinoza, L. (2020). *Envolvente arquitectónica para la mejora del confort térmico en edificios multifamiliares certificados de la ciudad de Piura (2016-2019)*. Lima. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3271/T030_73689390_T%20%2020ZAPATA%20HERN%20C3%81NDEZ%20DAYAN%20ANDREA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ESSALUD. (2009). El drywall - Conveniencia de su uso en infraestructura física de los centros asistenciales de ESSALUD. *Boletín Tecnológico Evaluación de Tecnologías en Salud*(32). <http://www.essalud.gob.pe/empresarial/salud/boltecno32.pdf>

- Fong, A. (2010). *Sistema constructivo “steel frame” (entramado de acero de bajo espesor) y su utilización en climas tropicales*. TESINA, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. <http://files.damian-garcia-burillo.webnode.es/200000125-04928068a1/2010%20UPC%20Master%20ST.pdf>
- Fontana, P. (2019). *Uso do pre-fabricado drywall em casas*. Tesis, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil. https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1842/1/MONOGRAFIA_UsoPr%c3%a9-fabricadoDrywall.pdf
- Freire, A., & Gomes, M. (2019). *Rendimiento acústico residencial: un estudio de aplicabilidad*. UNIATENEU Centro Universitário, Brasil, Brasil. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7164767>
- Garces, C. G. (2011). Se impone la construcción en seco. *Portafolio*, 1. <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/impone-construccion-seco-139554>
- Garcia, A. (11 de Enero de 2016). *Zero Consulting Eficiencia Energetica y Sostenibilidad*. <https://blog.zeroconsulting.com/comparativa-certificaciones-sostenibilidad>
- Gardner, M. (2007). All Things Gypsum: Using Gypsum Board as a Thermal Barrier. <https://www.wconline.com/articles/85469-all-things-gypsum-using-gypsum-board-as-a-thermal-barrier>
- Garzon, B. (2007). *Arquitectura Bioclimatica*. Buenos Aires: Nobuko. https://www.academia.edu/25745836/Arquitectura_bioclimA_tica_-_GarzA3n_Beatriz_CB_?auto=download
- Goldberg, R. (2017). *Improving acoustics, noise control and soundproofing*. <https://www.houseplanninghelp.com/hph181-improving-acoustics-noise-control-and-soundproofing-with-jack-harvie-clark/>
- Guimarães, M. (2008). *Confort Térmico y Tipología Arquitectónica en Clima Cálido-Húmedo*. Universidad Politécnica de Catalunya. <https://wwwaie.webs.upc.edu/maema/wp-content/uploads/2016/06/Guimaraes-Mercon-Mariana-Confort-termico-y-tipologia-en-clima-calido-humedo-TC.pdf>

- Gyplac. (2016). *Sistema de construccion en seco Eternit (Drywall)*.
https://www.disconsasac.com/MANUAL_GYPLACC.pdf
- Gypsum Association. (2020). <https://gypsum.org>. <https://gypsum.org/the-basics-of-sound-control/>
- Gyptec Ibérica. (2017). *Manual técnico instalación de sistemas en placas de yeso*. Portugal.
https://gyptec.eu/es/documentos/Gyptec_ManualTecnico_2edicion.pdf
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGRAW-HILL / Interamericana Editores.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metología de la investigación. México*.
- House Energy. (2013). INSULATION LEVELS FOR ATTICS, WALLS, FLOORS AND BASEMENTS IN COLD, MIXED AND HOT CLIMATES. <https://www.house-energy.com/Insulation/Insulation-Climate-Zone.htm#:~:text=The%20recommended%20levels%20of%20insulation,dense%2Drigid%20mineral%20wool%20boards>.
- INCOSE. (2018). *Manual de recomendaciones técnicas para la construcción con estructuras de perfiles de acero galvanizado liviano conformados en frío (Steel Framing)*. – versión corregida y ampliada 2018. Buenos Aires, Argentina.
<http://www.puertoseco.com.ar/img/cms/descargas/manual-steel-framing-incose-v2018b.pdf>
- Instituto para la diversificación y ahorro de la energía. (2008). *Guía técnica para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios*. madrid.
<https://www.idae.es/file/10715/download?token=TKTmZ8HR>
- Labs, Home Innovation Reserch. (2019). *Insulation Choices Revealed in New Study*.
https://www.homeinnovation.com/trends_and_reports/trends/insulation_choices_revealed_in_new_study
- Leadbitter, J. (2002). *PVC and sustainability. Progress in Polymer Science*,.
https://www.researchgate.net/publication/222653158_PVC_and_sustainability

López Macias, C. (s.f.).

López, C. (2017). *Estudio y análisis comparativo entre el sistema constructivo tradicional en hormigón armado con el sistema de construcción liviana aplicado a viviendas de interés social del sector rural de la zona 8 provincia del guayas*. Tesis, Universidad Laica San Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/2102>

López, J. (2018). *Evaluación de parámetros necesarios para obtener certificación Leed (certificación básica de sostenibilidad) en nuevos proyectos de construcción de vivienda de interés social en Bogotá*. Tesis, Bogotá.

López, S. (2015). *Propuesta alternativa de uso del sistema constructivo no convencional en seco para la construcción de un módulo residencial*. Tesis, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Tarapoto, Perú.
<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2837/CIVIL%20-%20Silvia%20Lopez%20Salda%c3%b1a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lushnikova, N., & Dvorkin, L. (2016). *Sustainability of Construction Materials*.
<https://doi.org/10.1016/C2014-0-02849-3>

Mackres, E., Becque, R., Layke, J., Aden, N., Liu, S., Managan, K., . . . Graham, P. (2020). *Word Resources Institute*. <http://publications.wri.org/buildingefficiency/>

Major, M., & Maciej Major. (2017). *EFFECT OF STEEL FRAMING FOR SECURING DRYWALL PANELS ON THERMAL AND HUMIDITY PARAMETERS OF THE OUTER WALLS*. Częstochowa, Poland.
https://www.researchgate.net/publication/321654523_Effect_of_Steel_Framing_for_Securing_Drywall_Panels_on_Thermal_and_Humidity_Parameters_of_the_Outer_Walls

Malin, N. (1994). *Building Green*. (1994, 1 de julio). Estructura de acero o madera: ¿qué camino debemos tomar ?. <https://www.buildinggreen.com/feature/steel-or-wood-framing-which-way-should-we-go>

Mena, J. (2013). *Diseño del aislamiento y acondicionamiento acústico de un local en planta baja para actuaciones de grupos rock situado en la población de Oliva*. Tesis de Master,

- Universidad Politecnica de Valencia, Gandia.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/33579/memoria.pdf?sequence=1>
- Merino, A. (2018). *La sostenibilidad de un edificio Leed. Estudio de caso del edificio Leuro, Miraflores*. Tesis, Lima. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12877>
- Miranda, Neira, Torres, & Valdivia. (2015). *Perú hacia la construcción sostenible en escenarios de cambio climático*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Nuñez, R. (2008). Viviendas prefabricadas, alternativa viable.
<http://www.construccionyvivienda.com/pdfsuplementos/SUPLEMENTO%20VIVI>
- Oliver, A. (2012). Thermal characterization of gypsum boards with PCM included: Thermal energy storage in buildings through latent heat.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778812000436>
- Overbey, D. (2017). Effective Insulation R-Values in Steel vs. Wood Framing. *Building Enclosure*. <https://www.buildingenclosureonline.com/blogs/14-the-be-blog/post/86806-effective-insulation-r-values-in-steel-vs-wood-framing>
- Pachecho, L. (2016). *Análisis comparativo para establecer la diferencia de costo y tiempo de la construcción de paredes interiores en una edificación entre el sistema tradicional y el sistema drywall*. Tesis.
http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/14641/1/PACHECO_LUIS_TRABAJOTITULO_LACI%c3%92N_GENERALES_INGENIER%c3%8cA_2016.pdf
- Pérez, J., & Ana, G. (2013).
<https://definicion.de/confort/#:~:text=Confort%20es%20un%20t%C3%A9rmino%20franc%C3%A9s,y%20genera%20bienestar%20al%20usuario.&text=En%20el%20hogar%20%20cada%20persona,a%20sus%20intereses%20y%20necesidades.>
- Perez, M. (2021). *Concepto Definición*. <https://conceptodefinicion.de/versatilidad/>
- Peru Construye. (2019). *Sistema Drywall Construcciones rápidas, seguras y eficientes*.
<https://peruconstruye.net/2019/12/04/sistema-drywall-construcciones-rapidas-seguras-y-eficientes/>

- Pisupa, S. (2018). *PennState College of Earth and Mineral Sciences*. (Department of Energy and Mineral Engineering) <https://www.e-education.psu.edu/egee102/node/2062>
- Poblet-Puig, J., & Rodriguez-Ferran, A. (2009). *The role of studs in the sound transmission of double walls*. Universitat Politecnica de Catalunya.
https://www.researchgate.net/publication/49241700_The_Role_of_Studs_in_the_Sound_Transmission_of_Double_Walls
- Pridham, B. (2016). The Devil is in the coustic details Part 1: Metal Studs. *Novus Blog*.
<https://www.novusenv.com/the-devil-is-in-the-acoustic-details-part-1-metal-studs/>
- Quesada, F., & Trebilcock, ,. M. (2015). *Desarrollo de un Método de Evaluación de la Calidad del Ambiente Interior para el Diseño de Viviendas Sustentables Caso de estudio Región del Bio-Bio, Chile*. Universidad del Bio-Bio.
- Quesquén, K. (2019). *El sistema drywall como alternativa constructiva sostenible en edificaciones de viviendas en el distrito de Chiclayo - Lambayeque*. Tesis, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
<http://www.dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14375?show=full>
- Ramirez, W. (2014). Suplementos Especiales Materiales y Procesos, Vivienda prefabricada. (W. Ramirez, Trad.)
http://www.construccionyvivienda.com/pdfsuplementos/VIV_PREFABRICADA2
- Rodriguez, S. (24 de Noviembre de 2012). Trasdosados de Pladur.
<http://www.giroteformas.com/reforma-girona/trasdosado-pladur/>
- Rougeron, C. (1977). *Aislamiento acústico y térmico en la construcción*. Editores técnicos asociados.
- Salas, J. (2016). *Propuesta de un sistema constructivo para vivienda social para las zonas andinas de Colombia*. Tesis, Barcelona, España.
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/102623/TFM%20JOHN%20SALAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SENA. (2016). *Memorias I encuentro de semilleros de investigación región pacífico*. Cali, Colombia: Ingeniería Gráfica S.A.

- https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/4733/1/memorias_encuentro_semilleros_pacifico.pdf#page=58
- Shaviv, E. (2011). *Applications of simulation and cad tools in the israeli "green building" standard for achieving low energy architecture*.
https://www.researchgate.net/publication/268439641_Applications_of_simulation_and_cad_tools_in_the_israeli_green_building_standard_for_achieving_low_energy_architecture
- Siuciak, R. (2015). *Steel Framing y sus principales usos en Uruguay*. Uruguay.
http://www.fadu.edu.uy/tesinas/files/2015/12/TESINA_Steel-Framing.pdf
- Soto, M. (2012). *Materiales aislantes acusticos para muros*. Tesis, Universidad técnica parciaral de Loja, Loja.
<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/3518/1/SOTO%20ZUMBA%20MARCO%20LEONARDO.pdf>
- Soundproofing Company. (2019). *Soundproofingcompany*.
https://www.soundproofingcompany.com/soundproofing_101/understanding-stc-and-stc-ratings#:~:text=What%20is%20STC%3F,International%20Classification%20E413%20and%20E90
- Straight, R. (2009). *Benefits of Fiber Glass Insulation*. Certain Teed Saint Gobain.
https://www.certainteed.com/resources/CandianWallCeiling_FGBatts_web.pdf
- Straight, R. (2012). *Benefits of Fiber Glass Insulation*. *CertainTeed*.
https://es.certainteed.com/resources/CandianWallCeiling_FGBatts_web.pdf
- Tapia, G., & Castro Lucero. (2019). *Diseño de una vivienda del programa Casa Para Todos en sistema "Steel Framing" y análisis comparativo económico con sistema de construcción tradicional*. Trabajo de titulación, Quito, Ecuador.
<https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/8295>
- Torres, L. (2018). *Aislamiento térmico acústico con sistemas de placa de yeso*. KNAUF. KNAUF. <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2019/10/2018-02-07-Aislamiento-termico-y-acustico-con-sistemas-placa-yeso-KNAUF-fenercom.pdf>

Venegas, T., Vasco, D., García, F., & Salinas, C. (2018). *Efecto del nivel de aislamiento en la respuesta térmica de una envolvente modificada con PCM de una vivienda en Chile*. Santiago de Chile.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359431117379589>

Vidal, S., & Barona, J. (2019). *Análisis y evaluación del desempeño térmico del sistema de construcción liviana en seco en edificaciones de vivienda*. SENA - Universidad del Valle, Cali, Colombia.

https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/6247/1/analisis_evaluacion_desempeno_terminico_construccion.pdf

ANEXOS

Anexo 1

Cuestionario

1. Indique el grado de acuerdo o desacuerdo respecto a las siguientes afirmaciones

| | Totalmente de Acuerdo | De acuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | En Desacuerdo | Totalmente en Desacuerdo |
|---|-----------------------------|-----------------------|---|-----------------------|--------------------------------|
| 1. El valor R del sistema Drywall garantiza el aislamiento térmico en la envolvente de edificaciones residenciales para un clima con temperatura máxima de 35°C y mínima 17°C . | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2. La conductividad térmica (λ) de los perfiles de acero galvanizado en el sistema Drywall reducen el valor de aislamiento térmico obtenido con la lana de fibra de vidrio. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3. La clase de transmisión acústica (STC) del sistema drywall garantiza el aislamiento acústico en la envolvente de una edificación residencial. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 4. El coeficiente de reducción de ruido (RNC) asociado al sistema drywall mejora el aislamiento acústico en la envolvente de edificaciones residenciales. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 5. La percepción de bienestar en un entorno térmico mejora las condiciones de habitabilidad para los ocupantes en una edificación residencial. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

| | Totalmente de Acuerdo | De acuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | En Desacuerdo | Totalmente en Desacuerdo |
|--|-----------------------------|---------------|---|------------------|--------------------------------|
|--|-----------------------------|---------------|---|------------------|--------------------------------|

6. La sensación de estrés o malestar al no contar con un equilibrio en la temperatura al interior de edificaciones residenciales reduce las condiciones de habitabilidad.

| | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|

7. El calor produce sueño superficial provocando interrupciones durante el descanso, reduciendo el confort en los ocupantes de una edificación residencial.

| | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|

8. La percepción de bienestar o satisfacción en un entorno de confort acústico impacta positivamente en las condiciones de habitabilidad de una edificación residencial.

| | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|

9. El confort acústico en viviendas residenciales reduce la sensación de desagrado, molestia y pérdida de concentración por ruidos.

| | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|

10. La habitabilidad de una edificación se sostiene en el confort acústico reduciendo perturbaciones en el descanso de sus ocupantes.

| | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|

11. El sistema Drywall como aislamiento térmico y acústico mejora las condiciones de habitabilidad, incrementando el bienestar, reduciendo estrés y disminuyendo las perturbaciones en el sueño de los ocupantes de edificaciones residenciales.

| | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|