



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

# **PARÁMETROS DE DISEÑO EN SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS EN EL DESEMPEÑO FÍSICO Y MECÁNICO.**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL.**

**ALEJANDRO NICOLÁS CÁRDENAS ALDERETE.**

PROFESOR GUÍA:  
DAVID CAMPUSANO BROWN.

MIEMBROS DE LA COMISIÓN  
ÁNGEL NAVARRETE TRONCOSO.  
DANIEL SUNICO HERRERA.

SANTIAGO DE CHILE  
2016

**RESUMEN DE LA MEMORIA**  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
POR: ALEJANDRO CARDENAS ALDERETE  
FECHA: LUNES 05/01/2016  
PROF. GUIA: Sr. DAVID CAMPUSANO BROWN

**PARÁMETROS DE DISEÑO EN SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS EN EL  
DESEMPEÑO FÍSICO Y MECÁNICO.**

En la actualidad existen diversos métodos constructivos que se usan en la construcción de viviendas en Chile que complementan a los tradicionalmente ocupados, entre estos se encuentran los tabiques divisorios. Respecto a los tabiques se estudiará su comportamiento en relación a tres fenomenologías solicitadas por la división técnica de estudio y fomento habitacional de acuerdo al decreto supremo N° 127 del Ministerio de vivienda y urbanismo de 1977 letra D, decreto que dependiendo del caso podría solicitar ensayos, o los cálculos teóricos. Luego a partir del estudio y análisis de los resultados de una serie de ensayos realizados sobre tabiques se crea una guía que muestre el desempeño que tendrá un sistema constructivo cuando se realiza una modificación. Este manual puede servir de apoyo para, ingenieros, constructores civiles, arquitectos y todo quien quisiese realizar una alteración de un tabique y observar su comportamiento en alguna de las tres áreas que se estudian a lo largo de este trabajo, y así poseer una estimación previa de los potenciales cambios en el desempeño que se obtendría con dicha modificación. Para lograr lo anterior se entrega una recopilación de resultados de ensayos realizados sobre tabiques divisorios verticales, con la finalidad de observar su comportamiento relativo al aislamiento acústico, resistencia al fuego, y resistencia térmica. En adición estos parámetros se calcularán de forma teórica, con el objetivo de poder entregar una guía de diseño de paneles livianos que sea sencilla y esquemática para el diseño de tabiques. Para lograr esto, se estudió un total de 89 tabiques distintos, que fueron ordenados y analizados. Dichos elementos están formados por los materiales comúnmente usados en el mercado, como yeso-cartón, fibrocemento, lana mineral, lana de vidrio, polietileno expandido. Con esta información se obtiene que las variables relevantes a estudiar son, el número de capas de igual espesor, el número de capas con distinto espesor, características de la plancha, densidad del aislante térmico, espesor del aislante térmico, banda acústica, y en forma implícita la masa del tabique.

Finalmente, se obtiene que al aumentar el número de capas ('capas'), en especial el 'número de capas de igual espesor', genera una mejora en las tres fenomenologías estudiadas, lo contrario sucede en la 'Característica de la plancha' que presenta pérdida en la aislación térmica. En lo referente al aislante, un aumento en su densidad muestra una pérdida en la aislación acústica, además de no tener influencia en la resistencia al fuego, no obstante esto, se ve mejoras en la resistencia térmica y aislación acústica ('espesor del aislante'). La banda acústica muestra una mejora en la aislación acústica y no presenta influencia en lo referente a aislación térmica.

A mi familia  
Tolentino, María, Cristian, Paula, Daniel, Jesús y Belén

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero agradecer a mi familia por el apoyo entregado en esta etapa de mi vida, en particular a mi madre quien es un ejemplo de fuerza, corazón e inteligencia, la que me enseñó que si te propones algo lo puedes lograr. Mi padre el que con su vida sencilla y tranquila forjó mi personalidad además de admirar su inteligencia y pasión por el conocimiento. Finalmente a mi hermano el que me ha mostrado que el temor no te debe detener para lograr tus proyectos y ha sido un modelo de superación.

A Carla Sáez, con quien he vivido muchos momentos a lo largo de los años en la universidad y hemos forjado una gran amistad, y es una de las pocas personas con las que siempre puedo contar.

A Camilo el que durante estos años me ha apoyado incluso hasta el final de esta etapa, con los “coffe break” y sus consejos. Amistad que espero que perdure por muchos años más.

A Hector, quien de apoco lo he ido conociendo y aunque de repente no ocupa las palabras adecuadas para expresar las cosas y se terminen mal interpretando, he visto que en el fondo es buena persona y siempre está dispuesto a ayudar.

Al Xero con el que compartí el último año, siendo este un gran año con muchas experiencias y grandes momentos.

A Ángel, que me ayudó y apoyó con esta memoria invirtiendo tiempo y esfuerzo.

Al Sr Daniel, quien con sus conocimientos técnicos y experiencia apporto mucho a esta memoria.

Al profesor David, quien su experiencia y ánimo por conocer y entender áreas que no manejan me ha enseñado una nueva forma de ver la vida.

Finalmente a varios amigos que de una forma u otra han estado a lo largo de esta etapa. La Ely, Miguel, la Carito y la Pauli.

# TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN DE LA MEMORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	IV
TABLA DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	6
1.2.1 OBJETIVOS GENERALES.....	6
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.3 METODOLOGÍA.....	6
1.4 MUESTRA DE TABIQUES A EVALUAR.....	7
1.5 MATERIALES OCUPADOS EN LOS TABIQUES.....	17
1.6 SIMBOLOGÍA.....	17
CAPÍTULO II: AISLACIÓN ACÚSTICA.....	18
2.1 INTRODUCCIÓN.....	18
2.2 ALCANCES.....	18
2.3 METODOLOGÍA.....	18
2.4 MUESTRA DE TABIQUES A EVALUAR.....	19
2.5 NORMATIVA CHILENA.....	25
2.6 MARCO TEÓRICO.....	26
2.6.1 OBTENCIÓN DE LOS DATOS.....	27
2.7 VARIABLES A EVALUAR.....	28
2.7.1 MASA.....	28
2.7.2 CAPAS.....	28
2.7.3 AISLANTE.....	28
2.7.4 BANDA ACÚSTICA.....	29
2.8 GRÁFICOS Y ANÁLISIS.....	30
2.8.1 CAPAS.....	31
2.8.2 AISLANTE.....	36
2.8.3 BANDA ACÚSTICA.....	42
2.9 TABLA RESÚMEN.....	43
2.10 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	46

CAPÍTULO III: RESISTENCIA AL FUEGO .....	47
3.1 INTRODUCCIÓN .....	47
3.2 ALCANCES .....	47
3.3 METODOLOGÍA.....	47
3.4 MUESTRA DE TABIQUES A EVALUAR .....	48
3.5 NORMATIVA CHILENA .....	54
3.6 MARCO TEÓRICO .....	57
3.6.1 OBTENCIÓN DE DATOS .....	58
3.7 VARIABLES A EVALUAR .....	59
3.7.1 CAPAS .....	59
3.7.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANCHAS.....	59
3.7.3 AISLANTE.....	59
3.8 GRÁFICOS Y ANÁLISIS.....	60
3.8.1 CAPAS .....	60
3.8.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANCHA.....	64
3.8.3 AISLANTE.....	68
3.9 TABLA RESUMEN .....	72
3.10 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.....	74
CAPÍTULO IV: AISLACIÓN TÉRMICA.....	76
4.1 INTRODUCCIÓN .....	76
4.2 ALCANCES .....	76
4.3 METODOLOGÍA.....	76
4.4 MUESTRA DE TABIQUES A EVALUAR .....	77
4.5 NORMATIVA CHILENA .....	87
4.6 MARCO TEÓRICO .....	90
4.6.1 OBTENCIÓN DE DATOS .....	90
4.7 VARIABLES A EVALUAR .....	90
4.7.1 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES.....	90
4.8 GRÁFICOS Y ANÁLISIS.....	94
4.8.1 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES.....	94
4.9 TABLA RESUMEN .....	116
4.10 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.....	119
CAPÍTULO V: RESUMEN DE RESULTADOS .....	120
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y COMENTARIOS GENERALES. ....	121
BIBLIOGRAFÍA.....	123
ANEXOS I: CONCEPTOS Y ECUACIONES, AISLACIÓN ACÚSTICA.....	126

ANEXOS II: CONCEPTOS Y ECUACIONES, RESISTENCIA AL FUEGO .....	128
ANEXOS III: CONCEPTOS Y ECUACIONES, AISLACIÓN TERMICA.....	129

**Contacto autor: [alcarden@ing.uchile.cl](mailto:alcarden@ing.uchile.cl)**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Listado general de tabiques a analizar en las tres fenomenologías. ....	8
Tabla N° 2. Listado de materiales ocupados en los tabiques de la Tabla N° 1. ....	17
Tabla N° 3. Leyenda a ocupar en las tablas esquemáticas. ....	17
Tabla N° 4. Listado de tabiques a analizar en aislación acústica. ....	20
Tabla N° 5. Requisitos de aislación acústica según O.G.U.C. ....	25
Tabla N° 6. Resumen en aislación acústica, y su influencia. ....	44
Tabla N° 7. Tabla esquemática del nivel de influencia de cada variable. Simbología en Tabla N° 3. ....	45
Tabla N° 8. Listado de tabiques a analizar en resistencia al fuego ....	49
Tabla N° 9. Resistencia al fuego requerida para elementos de construcción, según el tipo de elemento. ....	54
Tabla N° 10. Simbología usada en la Tabla N° 9. ....	54
Tabla N° 11. Tabla de resistencia al fuego requerida según el número de pisos. ....	55
Tabla N° 12. Tabla de resistencia al fuego requerida según el número de pisos. ....	55
Tabla N° 13. Tabla de resistencia al fuego requerida según el número de pisos y según su uso. ....	56
Tabla N° 14. Temperatura a la que debe estar el horno según el tiempo transcurrido. ...	58
Tabla N° 15. Clasificación de la resistencia al fuego de los elementos constructivos. [3]	58
Tabla N° 16. Resumen resistencia al fuego y influencia. ....	72
Tabla N° 17. Calculo del aporte de una plancha. ....	73
Tabla N° 18. Tabla esquemática del nivel de influencia de cada variable para la resistencia al fuego. Simbología en Tabla N° 3. ....	73
Tabla N° 19. Listado de tabiques a analizar resistencia térmica. ....	78
Tabla N° 20. Valores de U y Rt según la zona y tipo de elemento contractivo. ....	87
Tabla N° 21. Valor del R100 según su tipo. ....	88
Tabla N° 22. Resumen resistencia térmica. ....	116
Tabla N° 23. Tabla esquemática del nivel de influencia de cada variable para la resistencia térmica. Simbología en Tabla N° 3. ....	118
Tabla N° 24. Tabla resumen de las tres fenomenologías. Simbología en Tabla N° 3. ...	120
Tabla N° 25. Valores del ruido rosa. ....	127



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Ejemplo de la composición de un muro prefabricado. [2] .....	2
Figura N° 2. Tabique ejemplo una capa de yeso cartón. ....	3
Figura N° 3. Tabique ejemplo dos capas yeso cartón.....	3
Figura N° 4. Formas de transmisión del sonido entre dos recintos. [12] .....	26
Figura N° 5. Aislación Acústica, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, y lana mineral de 100 [mm] de espesor y 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	31
Figura N° 6. Aislación Acústica, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, y lana de vidrio de 100 [mm] de espesor y 35 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	32
Figura N° 7. Aislación Acústica, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, y lana de vidrio de 100 [mm] de espesor y 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad.....	32
Figura N° 8. Aislación Acústica, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de fibrocemento 10 [mm] de espesor, y lana de mineral de 100 [mm] de espesor y 80 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	33
Figura N° 9. Aislación Acústica, número de capas con distinto espesor. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, y lana de vidrio de 60 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas. ....	33
Figura N° 10. Aislación Acústica, número de capas con distinto espesor. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, y lana de vidrio de 50 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas.....	34
Figura N° 11. Aislación Acústica, número de capas con distinto espesor. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, y lana de vidrio de 80 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas.....	34
Figura N° 12. Aislación Acústica, número de capas con distinto espesor. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad, y 5 capas.....	35
Figura N° 13. Aislación Acústica, número de capas con distinto espesor. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, lana de vidrio de 80 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad, y 5 capas.....	35
Figura N° 14. Aislación Acústica, densidad del aislante. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 100 [mm] de espesor y de 3 capas. ....	36
Figura N° 15. Aislación Acústica, densidad del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 100 [mm] de espesor y 5 capas. ....	37
Figura N° 16. Aislación Acústica, densidad del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor y 5 capas. ....	37
Figura N° 17. Aislación Acústica, densidad del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor y 5 capas. ....	38
Figura N° 18. Aislación Acústica, densidad del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de 80 [mm] de espesor y 5 capas. ....	38

Figura N° 19. Aislación Acústica, espesor del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas. ....	39
Figura N° 20. Aislación Acústica, espesor del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas. ....	39
Figura N° 21. Aislación Acústica, espesor del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor, lana de vidrio de 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas. ....	40
Figura N° 22. Aislación Acústica, espesor del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas. ....	40
Figura N° 23. Aislación Acústica, espesor del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas. ....	41
Figura N° 24. Aislación Acústica, espesor del aislante. Tabique formado con dos capas de fibrocemento de 10 [mm] de espesor, lana de mineral de 80 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 3 capas. ....	41
Figura N° 25. Aislación Acústica, banda acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas. ....	42
Figura N° 26. Diagrama del proceso de combustión [17] .....	57
Figura N° 27. Resistencia al fuego, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor y lana de mineral de 40 [mm] de espesor y 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	60
Figura N° 28. Resistencia al fuego, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor y polietileno expandido de 50 [mm] de espesor y 10 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	61
Figura N° 29. Resistencia al fuego, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor y lana mineral de 50 [mm] de espesor y 35 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	61
Figura N° 30. Resistencia al fuego, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor y lana de vidrio de 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	62
Figura N° 31. Resistencia al fuego, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor y una cámara de aire. ....	62
Figura N° 32. Resistencia al fuego, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor y lana mineral de 50 [mm] de espesor y 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	63
Figura N° 33. Resistencia al fuego, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor y lana vidrio de 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	63
Figura N° 34. Resistencia al fuego, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor y lana vidrio de 50 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	64
Figura N° 35. Resistencia al fuego, características de la plancha. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, cámara de aire y 3 Capas. ....	64

Figura N° 36. Resistencia al fuego, características de la plancha. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor, lana de vidrio 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 3 Capas. ....	65
Figura N° 37. Resistencia al fuego, características de la plancha. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor, lana de vidrio 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 Capas.....	65
Figura N° 38. Resistencia al fuego, características de la plancha. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 3 Capas.....	66
Figura N° 39. Resistencia al fuego, características de la plancha. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio 50 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 3 Capas.....	66
Figura N° 40. Resistencia al fuego, características de la plancha. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio 50 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 Capas.....	67
Figura N° 41. Resistencia al fuego, espesor del aislante. Tabique formado con dos capas de yeso cartón estándar de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 3 Capas. ....	68
Figura N° 42. Resistencia al fuego, espesor del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de mineral de 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 Capas.....	68
Figura N° 43. Resistencia al fuego, densidad del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón estándar de 10 [mm] de espesor, lana de mineral de espesor 50 [mm] y 5 Capas.....	69
Figura N° 44. Resistencia al fuego, densidad del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón estándar de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de espesor 50 [mm] y 5 Capas.....	70
Figura N° 45. Resistencia al fuego, densidad del aislante. Tabique formado con dos capas de yeso cartón estándar de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de espesor 50 [mm] y 3 Capas.....	70
Figura N° 46. Resistencia al fuego, densidad del aislante. Tabique formado con dos capas de fibrocemento estándar de 10 [mm] de espesor, lana de mineral de espesor 80 [mm] y 3 Capas.....	71
Figura N° 47. Flujo de calor de un elemento formado por capas [18]. ....	92
Figura N° 48. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana mineral de 100 [mm] de espesor y 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	95
Figura N° 49. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 100 [mm] de espesor y 35 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	95
Figura N° 50. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 100 [mm] de espesor y 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	96
Figura N° 51. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con capas de fibrocemento de 10 [mm] de espesor, lana mineral de 100 [mm] de espesor y 80 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	96
Figura N° 52. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas.....	97

Figura N° 53. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, lana de vidrio de 50 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas.....	97
Figura N° 54. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, lana de vidrio de 80 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas.....	98
Figura N° 55. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas.....	98
Figura N° 56. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, lana de vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas.....	99
Figura N° 57. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 100 [mm] de espesor y de 3 capas. ....	99
Figura N° 58. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 100 [mm] de espesor y 5 capas. ....	100
Figura N° 59. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor y 5 capas.....	100
Figura N° 60. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor y 5 capas. ....	101
Figura N° 61. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de 80 [mm] de espesor y 5 capas. ....	101
Figura N° 62. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas.....	102
Figura N° 63. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas.....	102
Figura N° 64. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor, lana de vidrio de 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas.....	103
Figura N° 65. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas.....	103
Figura N° 66. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas.....	104
Figura N° 67. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con dos capas de fibrocemento de 10 [mm] de espesor, lana de mineral de 80 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 3 capas.....	104
Figura N° 68. Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad y 5 capas .....	105

Figura N° 69. Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de mineral de 40 [mm] de espesor y 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	106
Figura N° 70. Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, polietileno expandido de 50 [mm] de espesor y 10 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad.....	106
Figura N° 71. Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor, lana mineral de 50 [mm] de espesor y 35 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	107
Figura N° 72. Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor, lana de vidrio de 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	107
Figura N° 73. Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor y una cámara de aire.....	108
Figura N° 74. Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana mineral de 50 [mm] de espesor y 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	108
Figura N° 75. Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana vidrio de 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	109
Figura N° 76. Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana vidrio de 50 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad. ....	109
Figura N° 77. Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, aire separando las placas y 3 Capas..	110
Figura N° 78. Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio 40 [mm] de espesor densidad 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] y 3 Capas. ....	110
Figura N° 79. Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor, lana de vidrio 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad, y 5 Capas.....	111
Figura N° 80. Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad, y 3 Capas. ....	111
Figura N° 81. Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio 50 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad, y 3 Capas. ....	112
Figura N° 82. Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio 50 [mm] de espesor y 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad, y 5 Capas.....	112
Figura N° 83. Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con dos capas de yeso cartón estándar de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio con una densidad de 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] y 3 Capas. ....	113
Figura N° 84. Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de mineral con una densidad de 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] y 5 Capas. ....	113
Figura N° 85. Resistencia térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón estándar de 10 [mm] de espesor, lana de mineral de espesor 50 [mm] y 5 Capas. ....	114

Figura N° 86. Resistencia térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón estándar de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de espesor 50 [mm] y 5 Capas. ....	114
Figura N° 87. Resistencia térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con dos capas de yeso cartón estándar de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de espesor 50 [mm] y 3 Capas. ....	115
Figura N° 88. Resistencia térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con dos capas de fibrocemento estándar de 10 [mm] de espesor, lana de mineral de espesor 80 [mm] y 3 Capas. ....	115

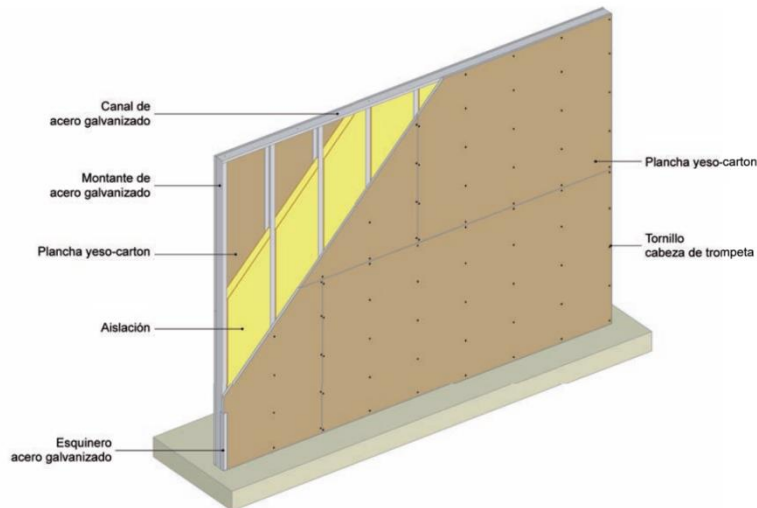
# CAPITULO I: INTRODUCCIÓN GENERAL

## 1.1 ANTECEDENTES GENERALES

El mercado de la construcción chilena se enfrenta cada día a nuevos desafíos para disminuir costos y tiempos de construcción [1], además de cumplir los requerimientos legales del país. Para ello se tienen distintos sistemas constructivos, los que podemos clasificar de la siguiente forma:

1. **Sistemas constructivos tradicionales:** Aplica para los métodos ocupados tradicionalmente en la construcción y para los cuales existen normas técnicas de diseño como en el hormigón armado, acero, albañilería, entre otros.
2. **Sistemas constructivos no tradicionales:** Aplica a las formas de construir que no son las comúnmente ocupadas en relación a las del punto anterior, y para las cuales no existen normas de diseño, en tal efecto, citando la letra D del artículo 6 del decreto supremo N° 127 de 1977 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, “... *Los sistemas constructivos que se originen por el empleo de tales elementos deberán ser aprobados previamente por la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional del MINVU, y ensayarse de acuerdo a las normas técnicas vigentes al Reglamento que al efecto se dicte...*” y también a la resolución N° 88 del 19 de marzo de 1979 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, “... *procederá a la revisión y aprobación de los sistemas constructivos de los productores de construcciones industrializadas que soliciten inscribirse en el rubro correspondiente del Registro Nacional de Contratistas de este Ministerio, cuando dichos sistemas tengan condiciones estructurales que no puedan determinarse, total o parcialmente, por métodos tradicionales de cálculo; cuando sus montajes en obras se efectúen por procedimientos especialmente diseñados; cuando se empleen nuevos materiales o éstos se combinen en forma diferente a la consultada en la Ordenanza General de Construcciones y Urbanización.*”

Este trabajo de título se enfocará en el uso de tabiques divisorios de unidad de vivienda, que son parte de los sistemas constructivos no tradicionales, y que son usados para la construcción total o parcial de recintos.



**Figura N° 1.** Ejemplo de la composición de un muro prefabricado. [2]

Antes de comenzar a usar nuevos sistemas constructivos en Chile, estos deben ser aprobados por la División Técnica (DITEC) del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). Dicha división solicita ensayos realizados por laboratorios nacionales para su análisis.

Los requerimientos legales que existen en Chile abordan 6 áreas, las cuales son evaluadas por laboratorios certificados y aprobadas por la DITEC y el MINVU, y corresponden a las siguientes fenomenologías de la física de la construcción [3]:

1. Aislación Acústica [4] [5].
2. Aislación Térmica [6] [7] [8].
3. Resistencia al Fuego [9] [10].
4. Carga horizontal.
5. Flexión.
6. Impacto.

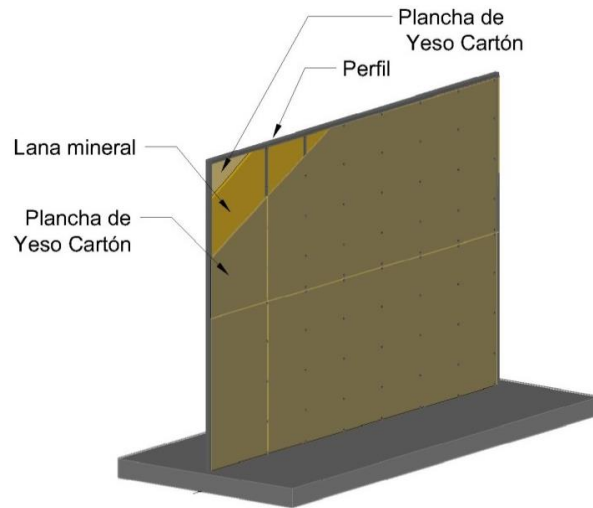
En este trabajo estudiaremos las 3 primeras fenomenologías. De las cuales se puede encontrar diversa bibliografía del comportamiento de los materiales. Las soluciones constructivas como tabiques son más complejas, puesto que abarcan distintos materiales que se encuentran conectados entre sí, lo que genera que estos no tengan un comportamiento lineal y sean difíciles de estudiar.

Debido al tiempo en que se debe realizar este trabajo de memoria, se priorizó el estudio en las fenomenologías que existía información pública dejando abierta la posibilidad de ampliar el estudio a las otras áreas en futuras memorias

Si un sistema constructivo no cumple con la normativa vigente o las expectativas de diseño originales, se le deberán realizar cambios. Veamos un ejemplo en el que una empresa determinada desea fabricar un tabique:

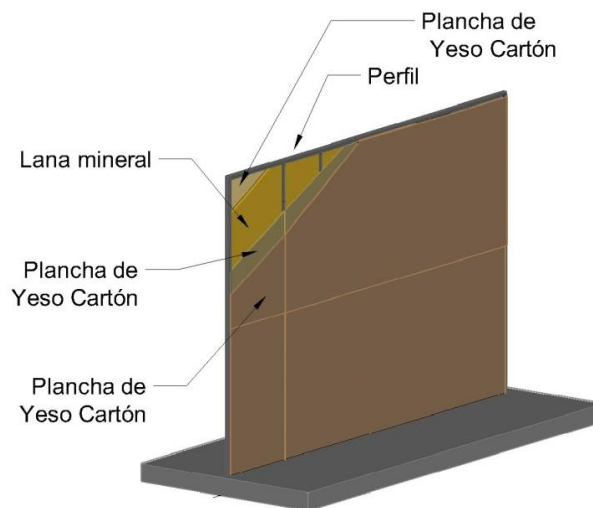


Supongamos que se diseña un elemento divisorio compuesto por una plancha de yeso cartón por cada lado, y lana mineral entremedio de éstas, y se desea que tenga una clasificación F60. A continuación se muestra un esquema del elemento:



**Figura N° 2.** Tabique ejemplo una capa de yeso cartón.

Al ensayar este elemento se obtiene un tiempo de 50 min, lo cual queda una clasificación F30, no cumpliendo con las expectativas, por lo tanto se debe realizar una modificación en el diseño que ayude a cumplir los requerimientos esperados para el cual se puede variar la cantidad de planchas, el espesor de las planchas, la densidad del aislante o el espesor del aislante. Usando este trabajo de título se puede observar que la mejor alternativa para lograr el objetivo es aumentar el número de planchas, con lo que el nuevo tabique queda conformado de la siguiente manera, dos plancha de yeso cartón de por cada lado, y lana mineral entremedio de éstas A continuación se entrega un esquema del elemento.



**Figura N° 3.** Tabique ejemplo dos capas yeso cartón.

Y al ensayar el elemento divisorio se obtiene un tiempo de 65 [min], clasificándose como F60. Con lo que se puede obtener la clasificación esperada.

Esta memoria busca realizar una recopilación de la normativa vigente en Chile y la literatura en cada una de las áreas, complementándolas con el comportamiento real de los sistemas constructivos. Dicho comportamiento se obtendrá de la base de datos de ensayos que el MINVU tiene a disposición del público y ensayos ya realizados por el IDIEM.

Dado lo anteriormente expuesto, se generará una guía de diseño de paneles livianos, formada por ensayos reales de laboratorios, el cual dé directrices de qué cambios realizar en un tabique vertical, de modo de obtener una mejora en una o varias de las fenomenologías estudiadas, de modo de obtener el mejor desempeño. Además se presentará el fundamento teórico y requerimientos legales que tiene estos elementos.

Este documento se divide en 6 capítulos, los cuales serán descritos a continuación:

En el capítulo I (el presente capítulo) se muestra la información general de este trabajo, además de elementos como la motivación, metodología y objetivos de éste.

En el capítulo II se muestra el estudio que se realizó para el aislamiento acústico, donde se presenta la importancia que tiene la normativa vigente en Chile y el estudio bibliográfico realizado. Además, se muestran las variables importantes en el aislamiento del ruido entre recintos y un análisis de los datos recopilados para determinadas características de los tabiques encontrados.

En el capítulo III se estudia la resistencia al fuego, donde se presenta la importancia que tiene la normativa vigente en Chile y el estudio bibliográfico realizado. Además, se muestran las variables importantes en resistencia al fuego de un elemento prefabricado para un recinto y un análisis de los datos recopilados para las distintas características de los tabiques encontrados.

En el capítulo IV se muestra el estudio que se realizó para el aislamiento térmico, donde se exponen la normativa chilena, bibliografía, variables importantes y el análisis de los datos recopilados de los distintos sistemas constructivos no tradicionales que fueron analizados en los capítulos II y III.

En el capítulo V se presenta un resumen comparativo de resultados, donde se muestra una recopilación de los análisis realizados en los distintos capítulos (II, III y IV), además de presentar una tabla donde se recopilan las variables de cada una de las fenomenologías, considerando la influencia en cada una de ellas ante la variación de una de las variables.

En el capítulo VI, se tienen las conclusiones y comentarios generales que abordan los 4 capítulos anteriores.

Además, se tiene un capítulo de anexos, el que presenta todos los conceptos necesarios de cada fenomenología y el método teórico de cálculo de la resistencia al fuego de un tabique.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVOS GENERALES**

- Estructurar una guía sencilla y esquemática de diseño que ayude a comprender el comportamiento físico y mecánico de tabiques divisorios.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir los fundamentos teóricos de las áreas de aislación acústica, resistencia al fuego y aislación térmica.
- Analizar el comportamiento de los sistemas constructivos ensayados por IDIEM y el MINVU.
- Identificar las variables de mayor influencia en cada área.
- De los resultados obtenidos en los ensayos, mostrar el grado de influencia que tienen las variables en los sistemas constructivos.
- Obtener una tabla con las variables más importantes y cómo influyen en cada una de las áreas a estudiar.

## **1.3 METODOLOGÍA**

Se realizó una revisión de la literatura y de la normativa vigente en Chile.

Se presentó y describió cada una de las variables que tienen influencia en la aislación acústica, resistencia al fuego y aislación térmica.

Se analizaron los sistemas constructivos que se recopilaron de la información pública dispuesta por MINVU y datos de ensayos realizados por IDIEM, con lo que se podrá cruzar la información y completar estos estudios.

Se presentaron gráficos comparativos entre dos o más tabiques con características idénticas, con lo que se podrá observar el comportamiento de los materiales y análisis de sensibilidad ante modificaciones de sus propiedades físicas.



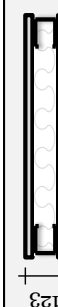







Finalmente, se presentó una tabla que muestre las áreas, y parámetros que tienen influencia, en su interacción con las demás áreas (resistencia al fuego, aislación acústica, aislación térmica).


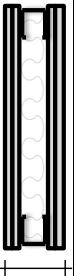






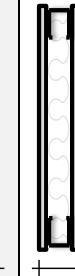
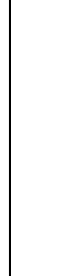
#### **1.4 MUESTRA DE TABIQUES A EVALUAR**

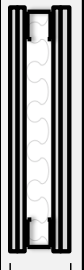
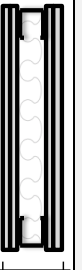








En el presente apartado se entrega el listado completo de tabiques utilizados para esta memoria, el que contiene:

- Tabique Numero: Es el número que identifica cada curva, el cual es único para cada elemento.
- Figura Numero: Son los números de los gráficos donde se ubica el tabique.
- Esquema: Un dibujo esquemático de cómo está constituido el tabique.
- Descripción: donde se presentan como está constituido cada tabique.
- Valores en cada una de las fenomenologías: los valores de aislación acústica, resistencia al fuego y resistencia térmica de cada tabique.











**Tabla N° 1.** Listado general de tabiques a analizar en las tres fenomenologías.











Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Rw+C [dB(A)]	Resistencia al fuego [F]	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> K/W]
1	5 48		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana Mineral de 100 [mm] de espesor, 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	42	N/E	2,51
2	5 48		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana Mineral de 100 [mm] de espesor, 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	49	N/E	2,62
3	6 49		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 35 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	34	N/E	2,47
4	6 49		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 35 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	46	N/E	2,58
5	7 50		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	42	N/E	2,47
6	7 50		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	48	N/E	2,58
7	8 51		- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 100 [mm] de espesor, 80 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	46	N/E	2,76
8	8 51		- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 100 [mm] de espesor, 80 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	50	N/E	2,85
9	9 52		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	49	N/E	1,57
10	9 52		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	54	N/E	1,64

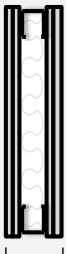
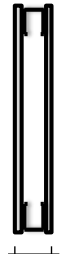








Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Rw+C [dB(A)]	Resistencia al fuego [F]	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> *K/W]
11	10		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	45	N/E	1,43
12	10		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	47	N/E	1,47
13	11		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	50	N/E	2,30
14	11		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	53	N/E	2,34
15	12		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	45	N/E	1,62
16	12		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	49	N/E	1,66
17	13		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	47	N/E	2,30
18	13		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	46	N/E	2,38
19	14		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	42	N/E	2,47
20	14		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 35 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	34	N/E	2,47





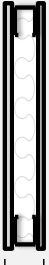





Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Rw+C [dB(A)]	Resistencia al fuego [F]	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> *K/W]
21	15 58		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 11 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	48	N/E	2,58
22	15 58		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 35 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	46	N/E	3,38
23	16 59		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 11 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	54	N/E	1,64
24	16 59		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	49	N/E	1,66
25	17 60		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 12 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	46	N/E	1,58
26	17 60		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	45	N/E	1,58
27	18 61		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 11 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	51	N/E	2,30
28	18 61		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 12 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	50	N/E	2,30
29	18 61		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	51	N/E	2,30
30	19 62		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 11 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	51	N/E	2,30

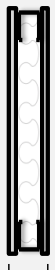














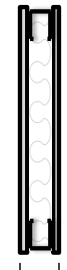



Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Rw+C [dB(A)]	Resistencia al fuego [F]	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> *K/W]
31	19		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 90 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	51	N/E	2,60
32	20		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	54	N/E	1,64
33	20		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	48	N/E	2,58
34	21		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	45	N/E	1,43
35	21		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	53	N/E	2,34
36	22		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	45	N/E	1,62
37	22		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	51	N/E	2,30
38	23		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	45	N/E	1,60
39	23		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	46	N/E	2,38
40	24		- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 90 [mm] de espesor, 80 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	46	N/E	2,48

Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Rw+C [dB(A)]	Resistencia al fuego [F]	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> *K/W]
41	24 67		- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 100 [mm] de espesor, 80 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	46	N/E	2,76
42	25 68		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	48	N/E	1,66
43	25 68		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	50	N/E	1,66
44	27 69		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 40 [mm] de espesor, 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	15	1,02
45	27 69		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 40 [mm] de espesor, 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	N/E	60	1,12
46	28 70		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Polietileno Expandido de 50 [mm] de espesor, 10 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	N/E	60	2,23
47	28 70		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Polietileno Expandido de 50 [mm] de espesor, 10 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 7 Capas	N/E	90	2,25
48	29 71		- Y eso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 35 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	30	1,30
49	29 71		- Y eso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 35 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	N/E	90	1,38
50	30 72		- Y eso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	30	1,04

Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Rw+C [dB(A)]	Resistencia al fuego [F]	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> K/W]
51	30		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	N/E	90	1,15
	72					
52	31		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Cámara de Aire - 3 Capas	N/E	30	0,13
	73					
53	31		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Cámara de Aire - 7 Capas	N/E	180	0,31
	73					
54	32		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 40 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	N/E	90	1,47
	74					
55	32		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 40 [Kg/m3] de densidad - 7 Capas	N/E	120	1,58
	74					
56	33		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	N/E	60	1,06
	75					
57	33		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 4 Capas	N/E	90	1,11
	75					
58	33		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	N/E	120	1,43
	75					
59	34		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	N/E	30	1,35
	76					
60	34		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	N/E	90	1,47
	76					

Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Rw+C [dB(A)]	Resistencia al fuego [F]	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> *K/W]
61	35	77 	- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Cámara de Aire - 3 Capas	N/E	30	0,13
62	35	77 	- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Cámara de Aire - 3 Capas	N/E	30	0,13
63	36	78 	- Y eso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	30	1,04
64	36	78 	- Y eso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	30	1,04
65	36	78 	- Y eso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	30	1,03
66	37	79 	- Y eso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	N/E	90	1,15
67	37	79 	- Y eso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	N/E	120	1,10
68	38	80 	- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	30	1,07
69	38	80 	- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	30	1,07
70	38	80 	- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	30	1,04

Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Rw+C [dB(A)]	Resistencia al fuego [F]	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> *K/W]
71	38	80 	- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	60	1,06
72	39	81 	- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	30	1,35
73	39	81 	- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	30	1,34
74	40	82 	- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	N/E	90	1,47
75	40	82 	- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	N/E	120	1,41
76	41	83 	- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	30	1,07
77	41	83 	- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	30	1,35
78	42	84 	- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 40 [mm] de espesor, 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	N/E	60	1,12
79	42	84 	- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	N/E	30	1,39
80	43	85 	- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	N/E	60	1,39

Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Rw+C [dB(A)]	Resistencia al fuego [F]	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> *K/W]
81	43 85		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 60 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	N/E	60	1,39
82	44 86		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	N/E	60	1,39
83	44 86		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 15 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	N/E	60	1,38
84	45 87		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 12,1 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	30	1,35
85	45 87		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	30	1,35
86	46 88		- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	30	2,04
87	46 88		- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 80 [mm] de espesor, 80 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	N/E	30	2,04

N/E: No estudiado.  
Unidades en [mm].

## 1.5 MATERIALES OCUPADOS EN LOS TABIQUES

A continuación se presenta una tabla con una lista de materiales generales, ocupados en los tabiques divisorios presentados en el apartados 1.4 ensayados para este trabajo de título.

**Tabla N° 2.** Listado de materiales ocupados en los tabiques de la **Tabla N° 1.**

<b>Material</b>	<b>Espesores [mm]</b>	<b>Densidades [Kg/m3]</b>
Yeso Cartón Estándar	10, 12,5, 15	N/A
Yeso Cartón Resistente Hidro	15	N/A
Yeso Cartón Resistente al Fuego	12,5, 15	N/A
Yeso Cartón Extra Resistente Hidro	15	N/A
Fibro cemento	10	N/A
Lana Mineral	50, 100	35, 40
Lana de Vidrio	40, 50, 60, 80, 100	11, 12, 14, 35
Polietileno Expandido	10	50






N/A: No Aplica.

## 1.6 SIMBOLOGÍA

En el presente apartado se presenta la simbología a ocupar en los capítulos II, III, IV y V, y sirve para entender de forma esquemática la influencia que tendrá cada variable.

Los rangos a ocupar serán presentados en cada capítulo.

**Tabla N° 3.** Leyenda a ocupar en las tablas esquemáticas.

<b>Pérdida</b>	
<b>Sin influencia</b>	
<b>Influencia escasa</b>	
<b>Influencia moderada</b>	
<b>Influencia significativa</b>	

## **CAPÍTULO II: AISLACIÓN ACÚSTICA**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se considera la información básica recopilada y utilizada en este trabajo de título, la cual está relacionada con el comportamiento de elementos constructivos en la aislación acústica, para ser usadas como separación entre dos salas interiores de un recinto.

Las variables que se estudiaron y evaluaron son:

1. Masa.
2. Capas
3. Aislante.
4. Banda Acústica.

### **2.2 ALCANCES**

En la muestra de soluciones tomadas se utilizó solo tabiques verticales.

Las soluciones constructivas para el aislamiento acústico se fabrican cumpliendo la normativa de cada país.

Para este trabajo de título se acotó la muestra de datos ocupada, utilizando la información pública del MINVU (“Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Aislamiento Acustico”, 2014) e información entregada por el IDIEM, la cual nos da una muestra de soluciones constructivas usadas y aprobadas en Chile.

### **2.3 METODOLOGÍA**

Para este capítulo se realizó una revisión de la literatura y normativa chilena, por lo que se tomó una muestra de tabiques ensayados por diversas instituciones y se observó su comportamiento cuando se le modificó una variable influyente.

Los datos a utilizar fueron obtenidos de un universo de 150 ensayos, de los cuales sólo se pudieron ocupar 43 tabiques. La muestra de tabiques que se consideró en este trabajo de título viene de:

- Datos públicos del MINVU en el “Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Aislamiento Acustico”, de 2014.
- Ensayos realizados por el IDIEM.



Este último es con la finalidad de complementar la información a analizar.



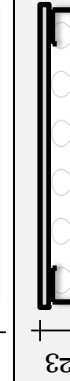







De los datos recopilados se generaron curvas comparativas con la finalidad de observar el comportamiento ante la alteración de una de sus variables.

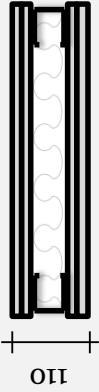
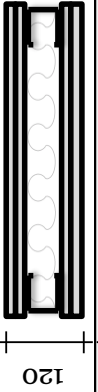
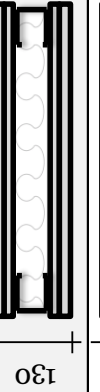
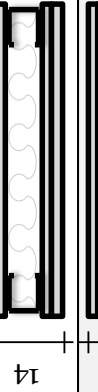





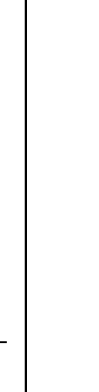
Finalmente, usando la simbología entregada en el apartado 1.6, se presentará una tabla descriptiva del comportamiento de la aislación acústica según se modifique una de sus variables.

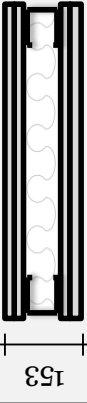
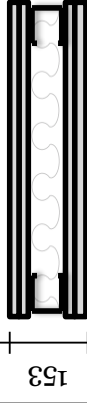





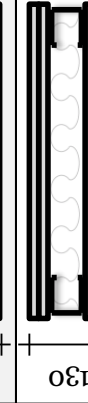
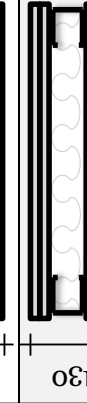

## **2.4 MUESTRA DE TABIQUES A EVALUAR**


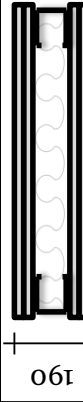







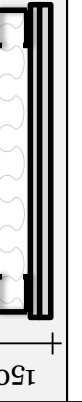
A continuación se presentará un listado de los tabiques ensayados en este capítulo, entregando el número del elemento, el gráfico en el cual estará presente, un esquema, una descripción y el valor  $R_w+C$ .




**Tabla Nº 4.** Listado de tabiques a analizar en aislación acústica.

Tabique Nº	Figuras Nº	Esquema	Descripción del tabique	Rw+C [dB(A)]
1	5		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana Mineral de 100 [mm] de espesor, 40 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	42
2	5		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana Mineral de 100 [mm] de espesor, 40 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	49
3	6		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 35 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	34
4	6		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 35 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	46
5	7		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 11 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	42
6	7		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 11 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	48
7	8		- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 100 [mm] de espesor, 80 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	46
8	8		- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 100 [mm] de espesor, 80 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	50
9	9		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 11 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	49
10	9		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 11 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	54

Tabique No	Figuras No	Esquema	Descripción del tabique	Rw+C [dB(A)]
11	10		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	45
12	10		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	47
13	11		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	50
14	11		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	53
15	12		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	45
16	12		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	49
17	13		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	47
18	13		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	46
19	14		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	42
20	14		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 35 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	34

Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Rw+C [dB(A)]
21	15		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	48
22	15		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 35 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	46
23	16		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	54
24	16		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	49
25	17		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	46
26	17		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	45
27	18		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	51
28	18		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	50
29	18		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	51
30	19		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	51

Tabique No	Figuras No	Esquema	Descripción del tabique	Rw+C [dB(A)]
31	19		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 90 [mm] de espesor, 11 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	51
32	20		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 11 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	54
33	20		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 11 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	48
34	21		- Y eso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 12 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	45
35	21		- Y eso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 12 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	53
36	22		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	45
37	22		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	51
38	23		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	45
39	23		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	46
40	24		- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 90 [mm] de espesor, 80 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	46

Tabique Nº	Figuras Nº	Esquema	Descripción del tabique	Rw+C [dB(A)]
41	24	 112	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor</li> <li>- Lana Mineral de 100 [mm] de espesor, 80 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad</li> <li>- 3 Capas</li> </ul>	46
42	25	 120	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor</li> <li>- Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad</li> <li>- 5 Capas</li> </ul>	48
43	25	 120	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor</li> <li>- Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad</li> <li>- 5 Capas</li> </ul>	50

Unidades en [mm]

## 2.5 NORMATIVA CHILENA

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C) establece en su artículo 4.1.6, requerimientos mínimo de aislación acústica que deben cumplir los elementos divisorios de una vivienda, ya sea verticales, horizontales o inclinados [3]. Estos requerimientos son presentados en la siguiente tabla:

**Tabla N° 5.** Requisitos de aislación acústica según O.G.U.C.

<b>Elementos</b>	<b>Valor único</b>	<b>Presión acústica de impacto</b>
Horizontales o inclinados	45 [dB]	75 [dB]
Verticales o inclinados	45 [dB]	-
Uniones y encuentros	45 [dB]	75 [dB]

En el mismo artículo mencionado anteriormente, la O.G.U.C define dos opciones para poder demostrar el cumplimiento de los elementos constructivos, los cuales son:

1. Mediante el listado oficial de soluciones constructivas para aislamiento acústico del ministerio de vivienda y urbanismo (MINVU).
2. Mediante ensayos presentados por alguna de las instituciones autorizadas por el ministerio de vivienda y urbanismo.

## 2.6 MARCO TEÓRICO

La transmisión del sonido entre recintos contiguos es uno de los temas relevantes cuando se habla de confort habitacional. Por este motivo es muy importante entender el comportamiento del sonido y su transmisión a través de los distintos medios.

El sonido pasa de un recinto a otro de dos formas [11]:

1. **Directa:** Donde el sonido genera una fuerza que hace vibrar el elemento constructivo, esta vibración es transmitida al otro recinto a través del tabique, excitando el aire que lo rodea.
2. **Indirecta:** Donde el sonido genera una fuerza en los elementos que no estén directamente conectados con el otro recinto, haciendo que vibren, y provocando una onda que viaja a través de los elemento hasta otro recinto (dicho recinto no necesariamente es contiguo).

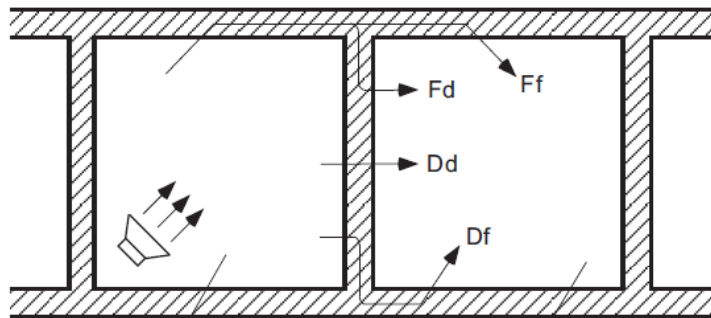


Figura N° 4. Formas de transmisión del sonido entre dos recintos. [12]

Dado que el sonido se transmite por medio de vibraciones a través del medio por el que viaja, este puede pasar de una sala a otra en las formas descritas anteriormente y graficadas en la Figura N° 4, pudiendo tener una de las dos con mayor influencia que la otra.

La ordenanza general de urbanismo y construcción de Chile en el artículo 4.2.6 establece criterios mínimos que deben ser cumplidos para la habitabilidad de un recinto.



### **2.6.1 OBTENCIÓN DE LOS DATOS**

Los gráficos que serán analizados en este capítulo corresponden a ensayos realizados por IDIEM y otras instituciones aprobadas por el MINVU, para las cuales se debió seguir un procedimiento de toma de datos según la norma ISO 140-3, para la obtención de los distintos  $R'$  y para el cálculo del valor único según la norma ISO 717-1, anexo B. Para dichas mediciones se realizó una instalación del elemento en un laboratorio de prueba, el que lo divide en dos recintos adyacentes por el panel, donde uno de ellos es denominado recinto emisor y el otro recinto receptor.

Dentro del laboratorio se ocupó:

- Sonómetro.
- Calibrador de nivel de sonido.
- Generador de ruido.
- Caja activa.
- Ecuilizador.

Para las mediciones, se sigue el procedimiento de la norma NCh2785.Of2003, para lo cual se generó un ruido rosa en la sala de emisión, estableciendo un nivel de presión sonora (NPS) de emisión. Este NPS es medido en ambas salas, colocando el sonómetro en 6 posiciones de micrófono fijo y 2 posiciones de fuente (12 mediciones por sala).

Todas las mediciones se hicieron en bandas de tercio de octava, entre las bandas de 100 [Hz] y 5.000 [Hz].

Para calcular el valor único STC se toma la curva de referencia, la que fue aumentando de 1 dB en forma uniforme. Luego, se realiza la diferencia entre el nuevo ruido rosa y el valor obtenido por el ensayo. Finalmente se suman todas las diferencias positivas y estas deben cumplir dos puntos:

- 1 La suma de los valores positivos debe ser menor a 32 [dB].
- 2 La diferencia de cada una de las frecuencias debe ser menor a 8 [dB].

## **2.7 VARIABLES A EVALUAR**

### **2.7.1 MASA**

La ley de masas y frecuencias dice que el aislamiento acústico de un tabique es mayor cuanto mayor sea su masa superficial [Kg/m<sup>2</sup>], y también es mayor para frecuencias altas.

Por lo tanto, se tiene que a mayor masa por unidad de superficie, el panel será más denso, lo cual hará que sea más difícil de mover y atravesar por las ondas generadas por la presión del aire.

En términos generales se calcula que cada vez que duplicamos la masa se consigue una mejora de 6 [dB] en la aislación acústica.

Esta ley se cumple entre 2 frecuencias que son la frecuencia natural ( $f_0$ ) y la frecuencia crítica, también llamada de coincidencia ( $f_c$ ). Todos los tabiques presentan una menor aislación en las cercanías de estas frecuencias [13].

Podemos diferenciar entre dos tipos de elementos divisorio según su masa por unidad de superficie:

1. Elementos pesados, con una masa mayor a los 150 [kg/m<sup>2</sup>].
2. Elementos ligeros, con una masa menor a los 150 [kg/m<sup>2</sup>].

### **2.7.2 CAPAS**

Cada tabique que es analizado es separado en capas, según sus componentes, el cual al variar su disposición se puede mejorar el aislamiento acústico, lo que genera que la atenuación total sea superior a la suma de los componentes por separado. Cada capa tiene una frecuencia que depende del material que lo compone y de su espesor. Si el sonido que llega al elemento tiene esa frecuencia producirá resonancia y al vibrar el elemento, producirá sonido que se sumará al transmitido [14]. Aun así, si se disponen de forma correcta los elementos, este puede producir una disminución del sonido.

### **2.7.3 AISLANTE**

Al igual que las planchas, el aislante es una de las capas presentes en este estudio, y en la mayoría de los casos, son elementos que forman parte de un conjunto, como en el caso de los tabiques, que se encuentran entre las planchas y montantes. Su característica principal es que son elementos con buenas propiedades de aislación, para lo cual llamaremos un material aislante a todo material que presente cierta resistencia al paso

de calor, en este caso, materiales especiales con una conductividad térmica baja. Además tienen la característica de ser porosos y livianos, entre medio de los poros se encuentra una elevada cantidad de aire. [15] [16]

#### **2.7.4 BANDA ACÚSTICA**

La banda acústica, guarda relación con la estanqueidad acústica. En los encuentros entre distintos elementos, se genera un puente acústico, el cual transmite parte de la onda sonora de un recinto a otro, es por esto la importancia de la banda acústica, la cual absorbe parte de esta, disminuyendo la energía al transformarla en calor.

## 2.8 GRÁFICOS Y ANÁLISIS

En este apartado se presentará el comportamiento acústico de tabiques verticales frente al ruido rosa, estos fueron obtenidos de un universo de 150 ensayos. En cada gráfico observaremos una curva, que corresponde al valor del índice de reducción sonora aparente (I.R.S.A) ante una frecuencia determinada, además del valor único (V.U) que es exigido por la normativa chilena (véase apartado 2.5), y que se calcula según lo presentado en el ítem 2.6.1.

Para tener un mejor análisis del comportamiento de las variables presentadas, se dividieron las curvas de reducción sonora en tres partes, obteniendo tres tramos de frecuencia:

- Frecuencia baja, cuyo rango es [100 [Hz], 315 [Hz]].
- Frecuencia media, cuyo rango es [315 [Hz], 1250 [Hz]].
- Frecuencia alta, cuyo rango es (>1250 [Hz]).

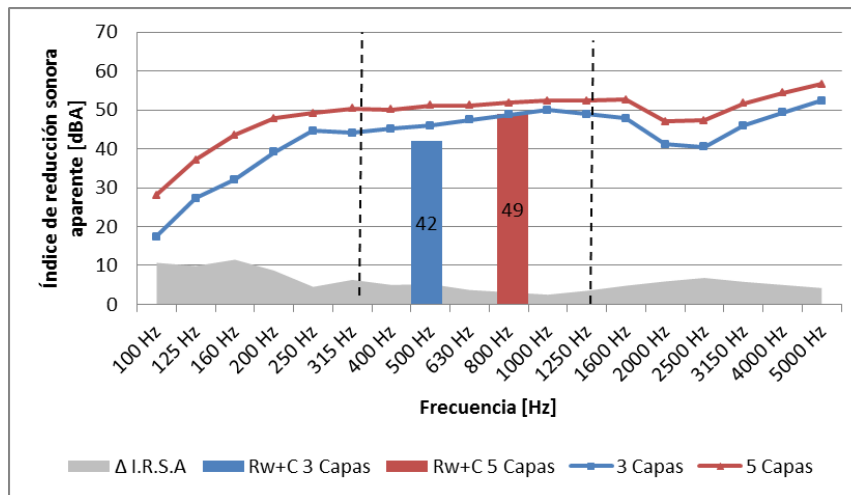
Dado que durante el análisis se realizará una observación de la mejora de la aislación acústica obtenida, se realiza una separación de éstas según como se muestra a continuación.

- Perdida (<0 [dBA]).
- Sin aporte (=0 [dBA]).
- Mejora escasa (>0 [dBA] y <= 1 [dBA]).
- Mejora moderada (>1 [dBA] y <= 3 [dBA]).
- Mejora significativa (>3 [dBA]).

## 2.8.1 CAPAS

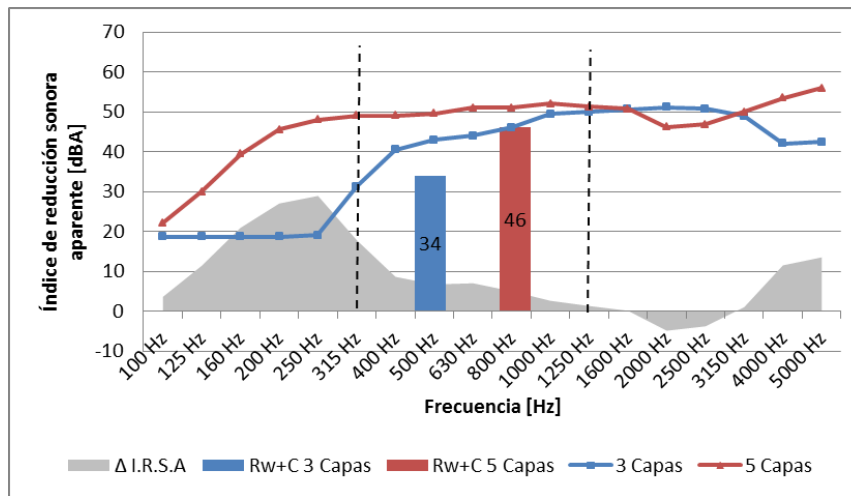
### 2.8.1.1 NÚMERO DE CAPAS CON IGUAL ESPESOR.

En este ítem se mostrarán gráficos donde se modifica la cantidad de planchas en ambos extremos del tabique, y se deja fijo el espesor, densidad y tipo de aislante, además del espesor y tipo de plancha.



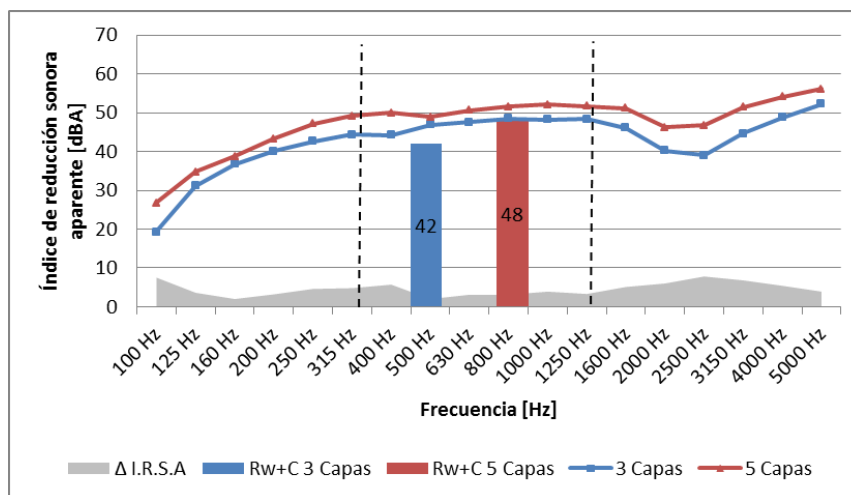
**Figura N° 5.** Aislación Acústica, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, y lana mineral de 100 [mm] de espesor y 40 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

En la figura anterior observamos que ante un aumento de la cantidad de yeso cartón -de 1 plancha por cada lado a 2 planchas por cada lado- se desplaza la curva del índice de reducción sonora aparente, mejorando casi en forma constante para alta, media y baja frecuencia. Con respecto al valor único, observamos un aumento de 7 [dBA].



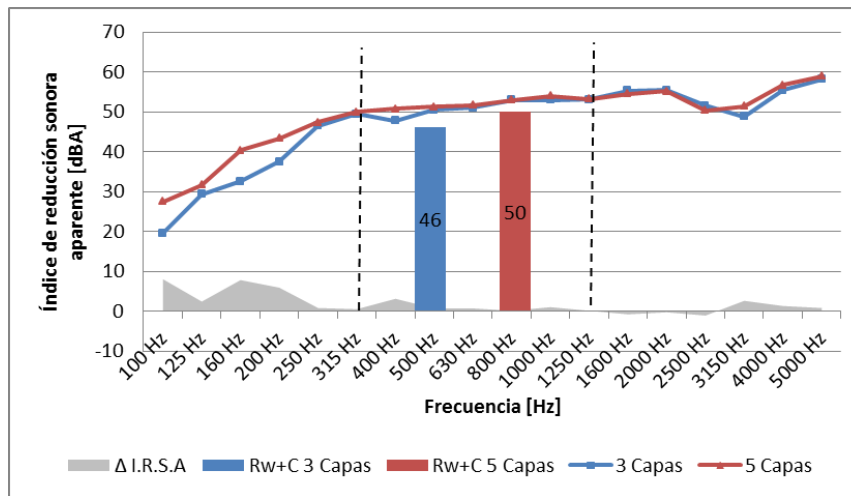
**Figura N° 6.** Aislación Acústica, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, y lana de vidrio de 100 [mm] de espesor y 35 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

Se puede observar en la Figura N° 6, ante un aumento del número planchas de yeso cartón en los extremos -donde se pasa de tener 1 plancha a tener 2 planchas por cada lado- que el índice de reducción sonora aparente sufre un gran incremento para bajas frecuencias; un incremento menor para frecuencias medias, y una distorsión en altas frecuencias, donde las curvas se comportan completamente opuestas una a la otra. Respecto al valor único se observa un aumento de 12 [dB].



**Figura N° 7.** Aislación Acústica, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, y lana de vidrio de 100 [mm] de espesor y 11 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

Para la figura anterior -ante el aumento de 1 plancha a 2 planchas por cada lado- se observa un aumento casi constante para frecuencias bajas, medias y altas. Con respecto al valor único, este sufre una mejora de 6 [dB].

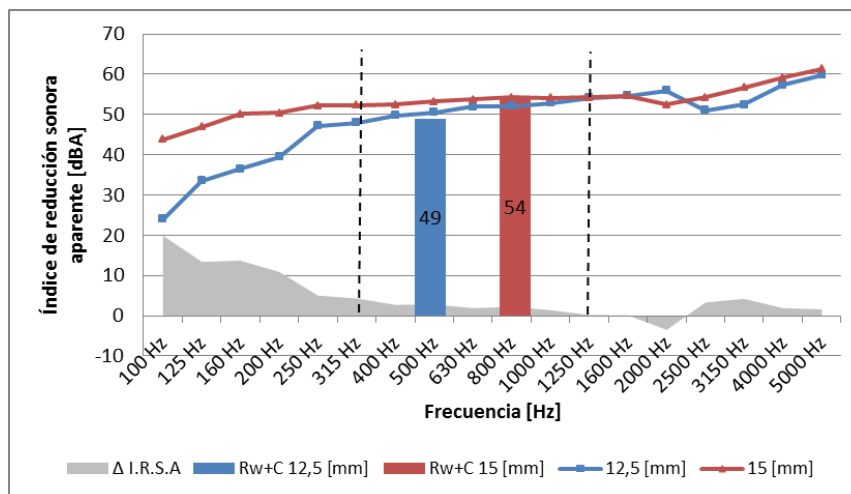


**Figura N° 8.** Aislación Acústica, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de fibrocemento 10 [mm] de espesor, y lana de mineral de 100 [mm] de espesor y 80 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

En la Figura N° 8 se tiene que el aumento de una capa extra de fibrocemento genera un aumento en frecuencias bajas, y para las frecuencias medias y altas, no se observa diferencia. Con respecto al valor único, se tiene una mejora de 4 [dBA].

### 2.8.1.1 NÚMERO DE CAPAS CON DISTINTO ESPESOR.

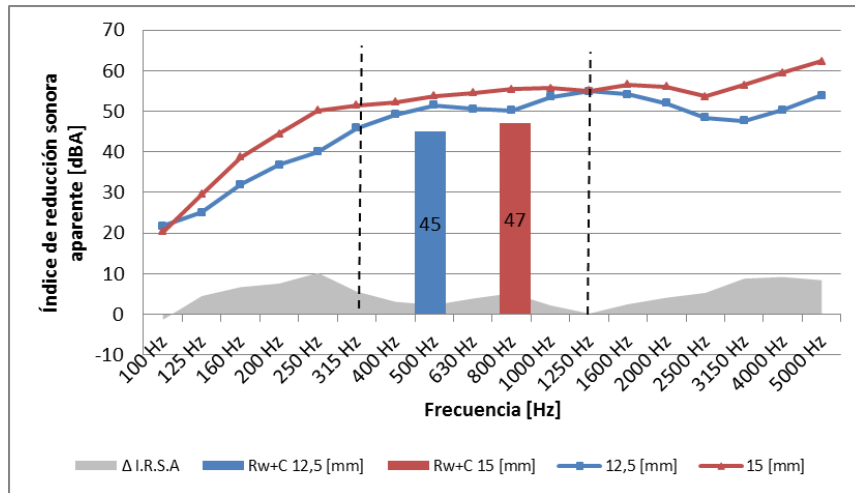
Al igual que el ítem anterior se entrega una serie de gráficos, en esta sección se dejó como variables fijas el espesor, densidad y tipo de aislante, además del tipo y cantidad de placas, variando el espesor de éstas en ambos extremos del tabique.



**Figura N° 9.** Aislación Acústica, número de capas con distinto espesor. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, y lana de vidrio de 60 [mm] de espesor, 11 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 capas.

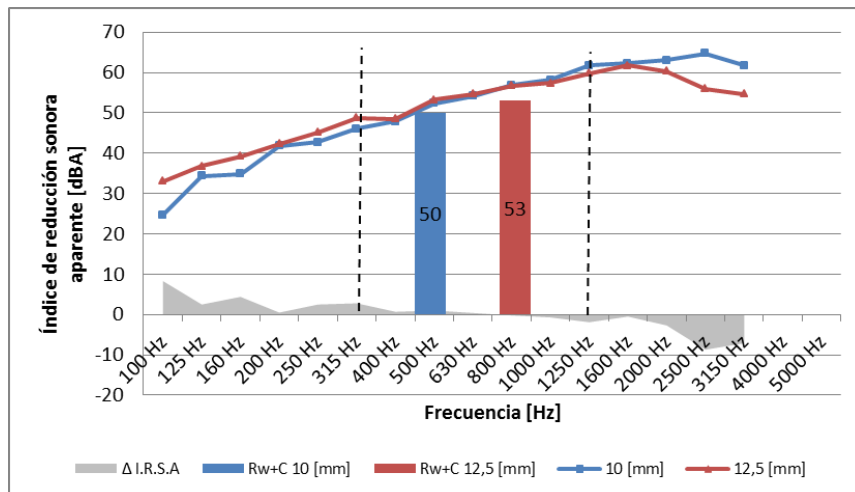
En la figura anterior se puede observar ante un aumento en el espesor de la plancha de yeso cartón de 12,5 [mm] a 15 [mm]. Con ello se logra un gran aumento en el I.R.S.A. en frecuencias bajas; al observar el Δ I.R.S.A. se aprecia una gran diferencia en las

frecuencias bajas, no así en las frecuencias medias y altas. Con respecto al valor único se observa un aumento de 5 [dBA].



**Figura N° 10.** Aislación Acústica, número de capas con distinto espesor. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, y lana de vidrio de 50 [mm] de espesor, 12 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 capas.

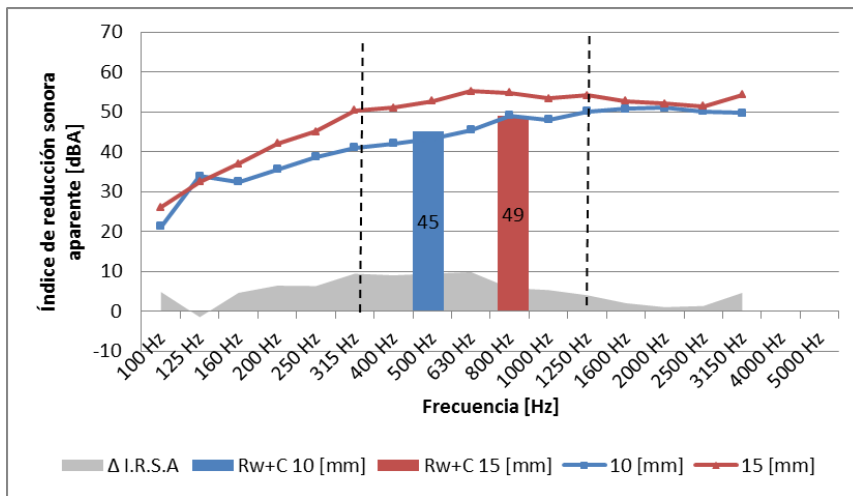
En la figura anterior se aprecia que ante un aumento del espesor de las planchas de yeso cartón de 12,5 [mm] a 15 [mm], en frecuencias bajas crece la diferencia entre los I.R.S.A.; para frecuencias medias y altas, se observa una diferencia que no es constante. En relación al valor único, se tiene una diferencia de 2 [dBA].



**Figura N° 11.** Aislación Acústica, número de capas con distinto espesor. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, y lana de vidrio de 80 [mm] de espesor, 12 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 capas.

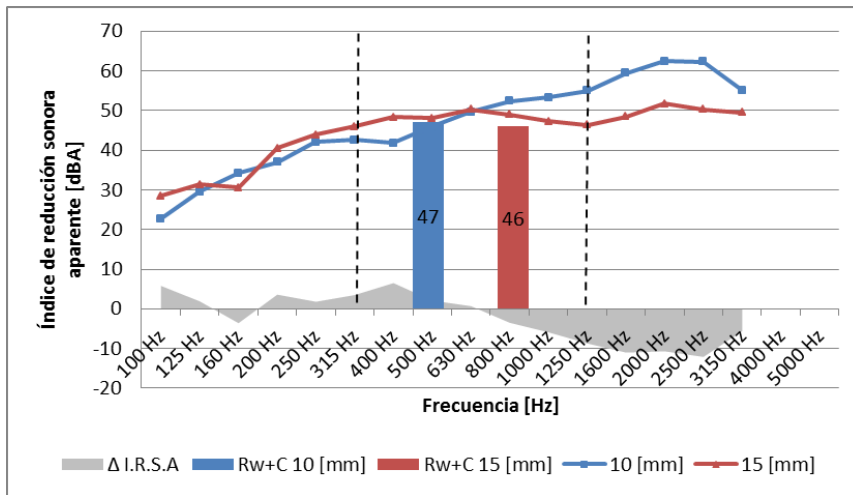
En la Figura N° 11 se observa para un aumento del espesor de las planchas de yeso cartón de 10 [mm] a 12,5 [mm], en frecuencias bajas y medias, una diferencia casi nula, y en frecuencias altas se aprecia una disminución del índice de reducción sonora. Para el valor único se observa un aumento de 3 [dBA].





**Figura N° 12.** Aislación Acústica, número de capas con distinto espesor. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad, y 5 capas.

En la Figura N° 12 ante un aumento en el espesor de las planchas de yeso cartón de 10 [mm] a 15 [mm], se tiene que la diferencia va aumentando en frecuencias bajas y medias; para frecuencias altas se observa una variación casi nula. El valor único es de 4 [dB].



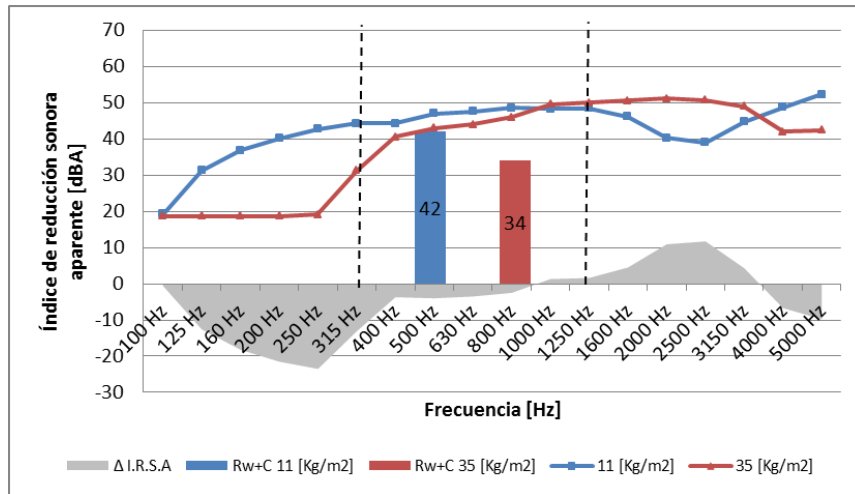
**Figura N° 13.** Aislación Acústica, número de capas con distinto espesor. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, lana de vidrio de 80 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad, y 5 capas.

En la figura anterior, al aumentar el espesor de la plancha de yeso cartón de 10 [mm] a 15 [mm] generó una variación pequeña para las frecuencias bajas y medias. A partir de los 900 [Hz] aproximadamente se aprecia que el índice de reducción sonora tiene una pérdida para el tabique con una plancha de 15 [mm]. El valor único presenta una pérdida de 1 [dB].

## 2.8.2 AISLANTE

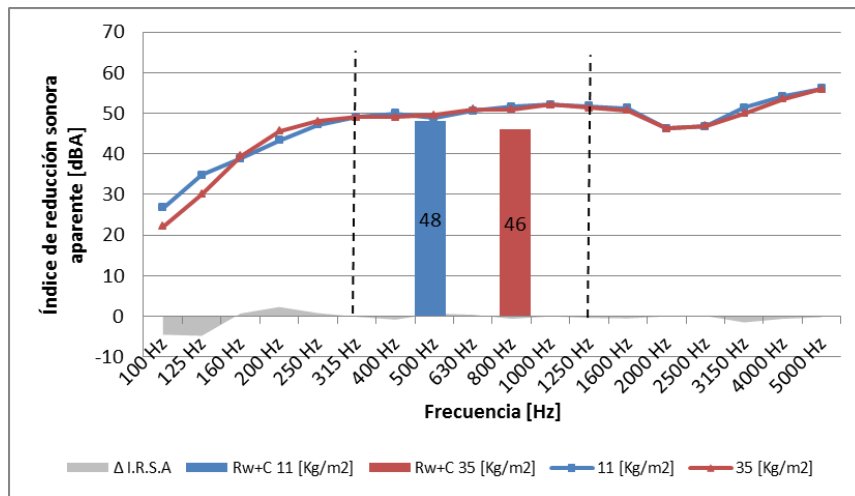
### 2.8.2.1 DENSIDAD DEL AISLANTE

En este ítem se presentan los resultados obtenidos al variar la densidad del aislante de un tabique vertical, en donde se mantuvo fijo el tipo y espesor, el espesor y tipo de placa, al igual que el número de capas.



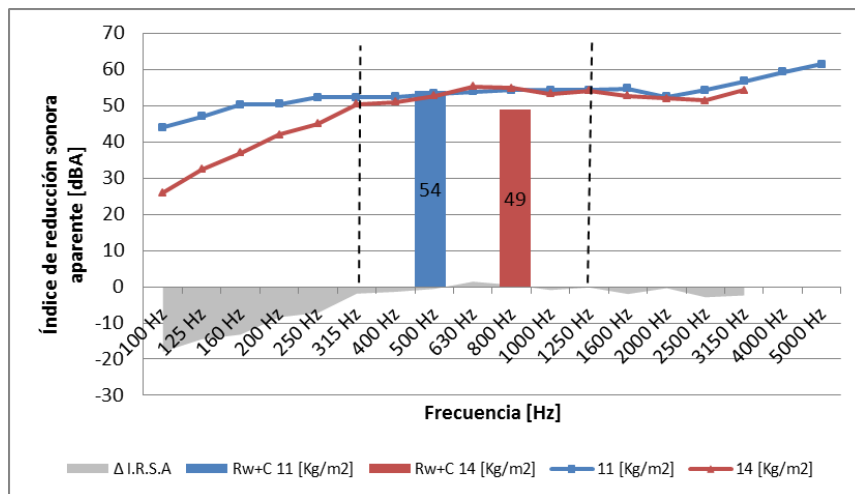
**Figura N° 14.** Aislación Acústica, densidad del aislante. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 100 [mm] de espesor y de 3 capas.

En la Figura N° 14, se muestra cómo el aumento de la densidad del aislante de 11 [Kg/m³] a 35 [Kg/m³] generó una gran variación del índice de reducción sonora aparente para frecuencias bajas. Para frecuencias medias se observa cómo este índice se invierte, generando una disminución de este índice, viéndose intensificado en las frecuencias altas. Para el valor único se observó una pérdida de 8 [dBA].



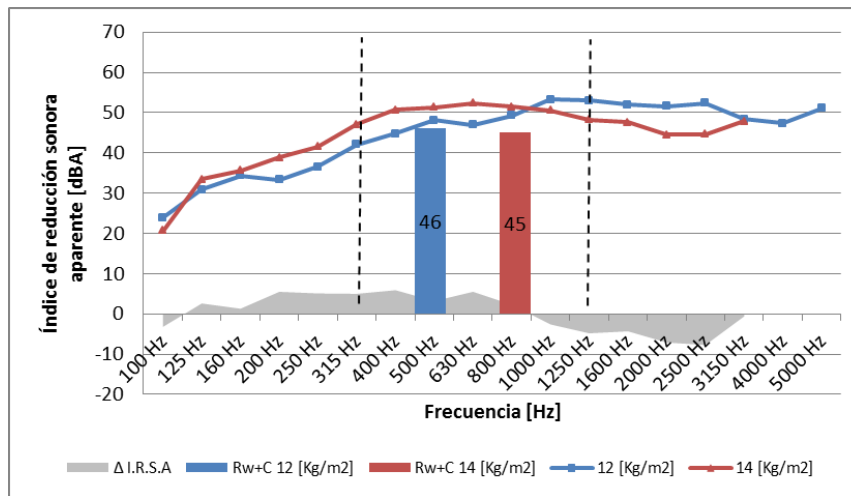
**Figura N° 15.** Aislación Acústica, densidad del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 100 [mm] de espesor y 5 capas.

En la figura anterior se tiene un tabique con características muy similares a las del Figura N° 14, y se aprecia que para frecuencias altas, medias y bajas existe una variación casi nula. Pero al evaluar el valor único se observa una pérdida de 2 [dB(A)].



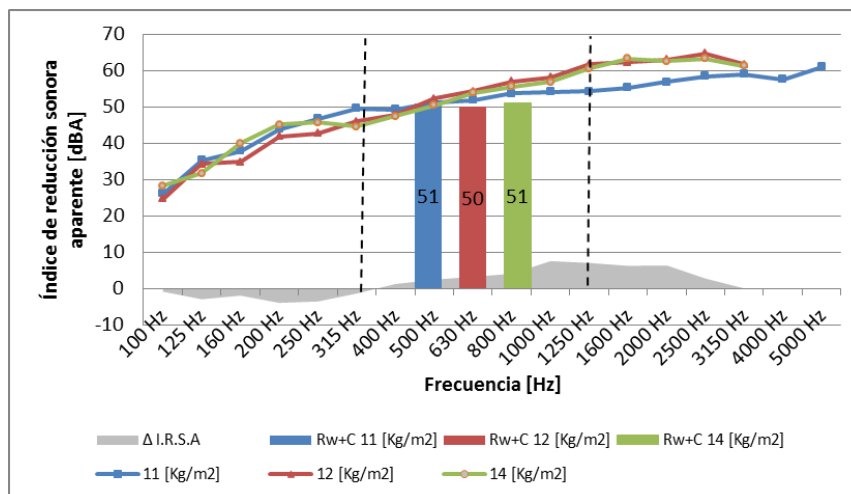
**Figura N° 16.** Aislación Acústica, densidad del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor y 5 capas.

En la figura presentada anteriormente se observa que el tabique con una densidad del aislante de 14 [Kg/m<sup>3</sup>], tiene un comportamiento sonoro menor que el tabique con una densidad de 11 [Kg/m<sup>3</sup>], en frecuencias bajas; para frecuencias medias y altas se comportan de manera parecida. En términos generales se observa una disminución del valor único en 5 [dB(A)].



**Figura N° 17.** Aislación Acústica, densidad del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor y 5 capas.

En la Figura N° 17, se tiene que en frecuencias bajas, el índice de reducción sonora para el tabique con un aislante de 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad tiene una diferencia casi nula con respecto al tabique de 11 [Kg/m<sup>3</sup>], esto está presente hasta los 900 [Hz] aproximadamente, luego de esta frecuencia se observa distorsión. En términos generales el valor único presenta una disminución de 1 [dB(A)].

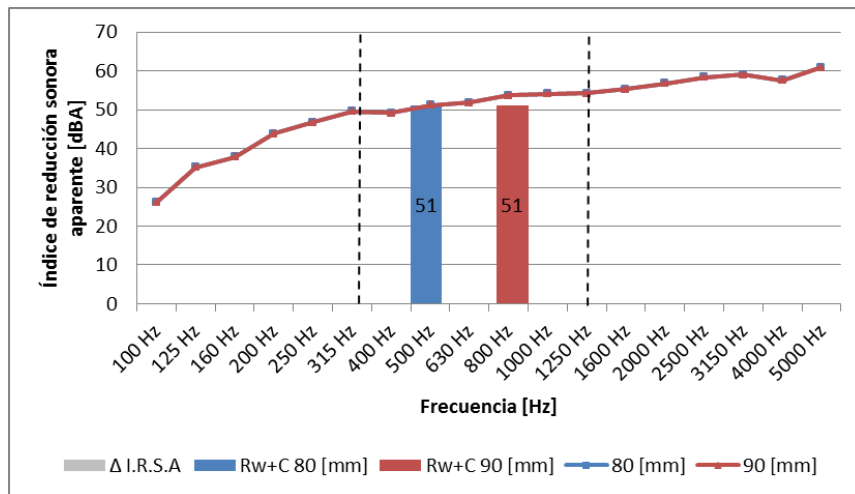


**Figura N° 18.** Aislación Acústica, densidad del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de 80 [mm] de espesor y 5 capas.

En la figura anterior, se puede observar cómo las curvas correspondientes a los tabiques con un aislante de 12 [Kg/m<sup>3</sup>] y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] se encuentran levemente por debajo del que tiene un aislante de 11 [Kg/m<sup>3</sup>], pero a partir de los 500 [Hz] aproximadamente tiene un mejor comportamiento, incrementándose hasta llegar a las frecuencias altas. En términos generales, el valor único de cada una tiene una variación escasa de 1 [dB(A)].

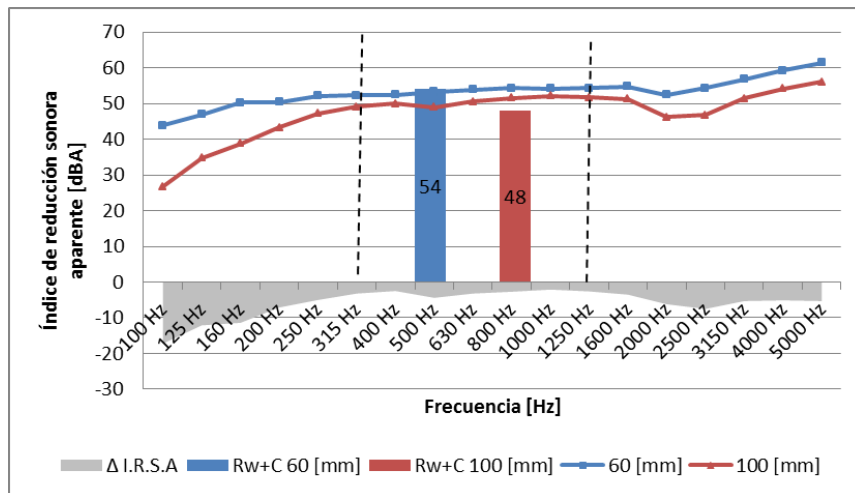
### 2.8.2.2 ESPESOR DEL AISLANTE

En el presente ítem se mostrará una serie de gráficos, en donde se ve el comportamiento sonoro de diversos tipos de tabiques, al que se le varía el espesor del aislante y se dejarán fijas las variables del tipo y densidad del aislante y tipo de plancha y número de capas.



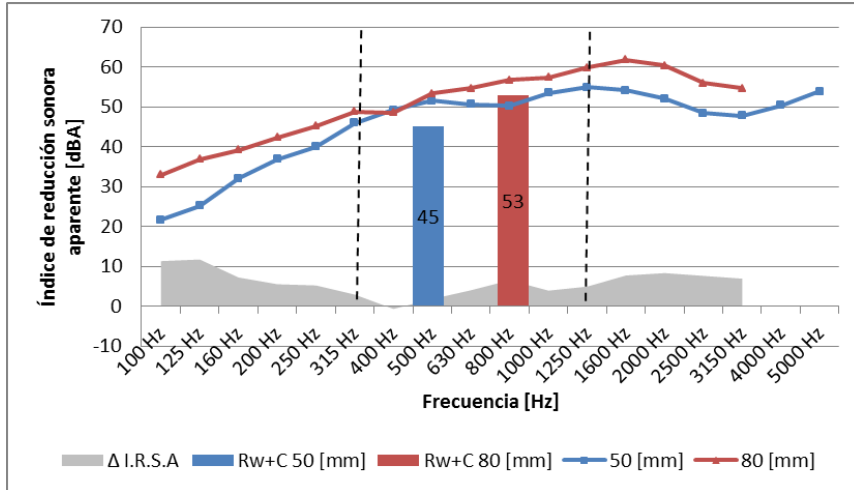
**Figura N° 19.** Aislación Acústica, espesor del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de 11 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 capas.

En la Figura N° 19 se puede observar cómo las curvas correspondientes a los tabiques con un espesor de 80 [mm] y de 90 [mm] tienen un comportamiento exacto, lo que genera que el valor único no tenga ninguna variación.



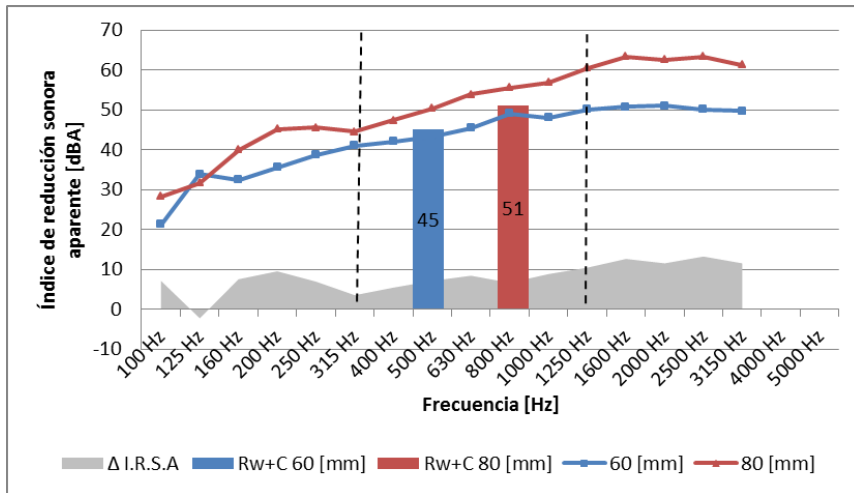
**Figura N° 20.** Aislación Acústica, espesor del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 11 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 capas.

En la figura anterior se observa la curva del índice de reducción sonora para el tabique con un espesor del aislante de 100 [mm] de espesor, es menor en frecuencias bajas, medias y altas, que el tabique con un espesor del aislante de 60 [mm]. En términos generales el valor único tiene una pérdida de 6 [dBA].



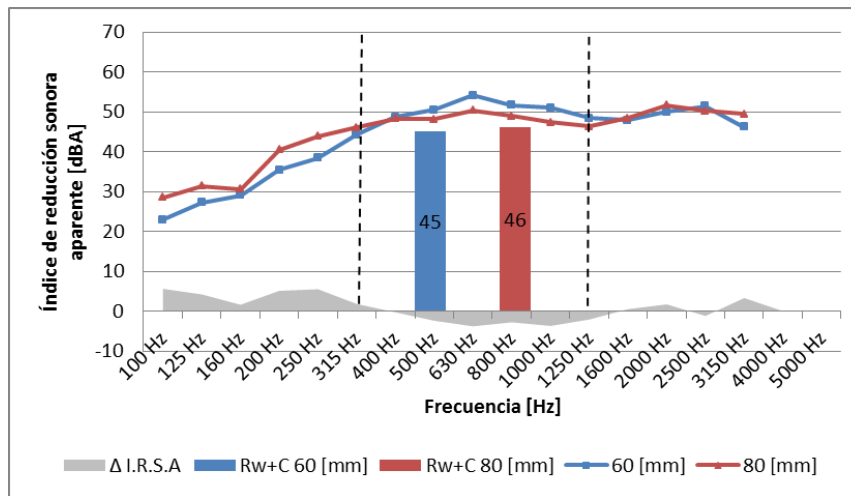
**Figura N° 21.** Aislación Acústica, espesor del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor, lana de vidrio de 12 [Kg/m³] de densidad y 5 capas.

La Figura N° 21 muestra que la curva correspondiente al tabique con un aislante de 80 [mm] de espesor parte sobre el tabique de 50 [mm], después de los 400 [Hz] estas curvas se invierten. En términos generales los valores únicos tienen una diferencia de 8 [dBA].



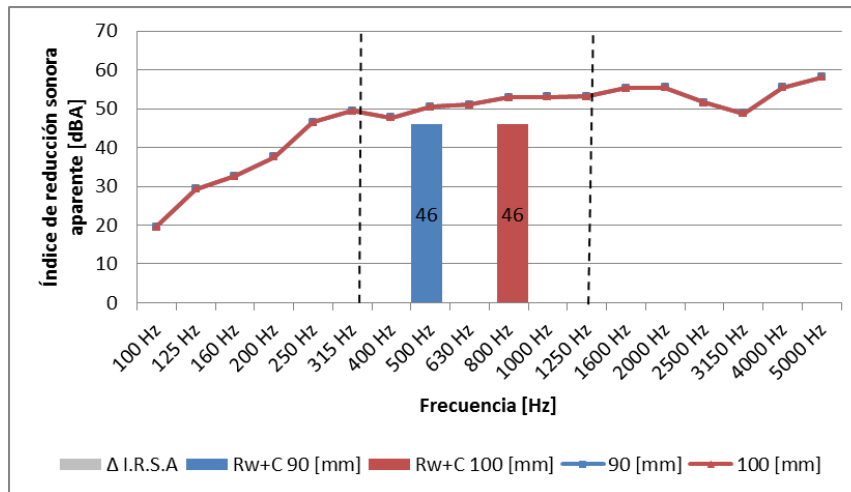
**Figura N° 22.** Aislación Acústica, espesor del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de 14 [Kg/m³] de densidad y 5 capas.

En la figura anterior se observa que ante una variación del espesor del aislante de 60 [mm] a 80 [mm], se genera una variación del índice de reducción sonora que va aumentando desde las frecuencias bajas hasta las más altas. En términos generales, se tiene una variación de 6 [dBA] para el valor único.



**Figura N° 23.** Aislación Acústica, espesor del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 capas.

La Figura N° 23 muestra cómo el índice de reducción sonora de ambos tabiques presenta pequeñas diferencias. En términos generales el valor único tuvo una diferencia de 1 [dBA].

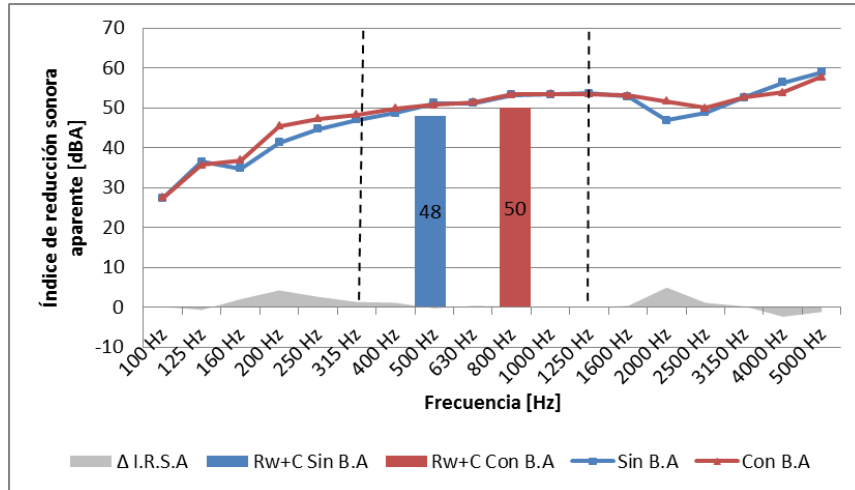


**Figura N° 24.** Aislación Acústica, espesor del aislante. Tabique formado con dos capas de fibrocemento de 10 [mm] de espesor, lana de mineral de 80 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 3 capas.

En la Figura N° 24 se puede observar cómo las curvas correspondientes a los tabiques con un espesor de 90 [mm] y de 100 [mm] tienen un comportamiento exacto, lo que genera que el valor único no tenga ninguna variación.

### 2.8.3 BANDA ACÚSTICA.

En este último ítem se mostrará un gráfico con el comportamiento de tabiques que contiene o no una banda acústica. Dejando las demás variables fijas, como lo son el tipo, espesor y densidad del aislante, el espesor y tipo de plancha y número de capas.



**Figura N° 25.** Aislación Acústica, banda acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m³] de densidad y 5 capas.

En esta última figura, se observa cómo el tabique con una banda acústica tiene una variación casi nula de frecuencias bajas, medias y altas. Se observa una diferencia de 2 [dBA].



## **2.9 TABLA RESÚMEN**

A continuación presentaremos una tabla resumen, la cual muestra la variable evaluada, el número de la figura, la variable y el valor  $Rw+C$  de cada curva, la diferencia entre los  $Rw+C$  de las curvas,  $Rw+C^*$  y la incidencia que éste tiene.

El valor  $Rw+C^*$ , es la influencia de los descriptores  $Rw$  y  $Rw+C$  en un tabique “tipo”, con un tabique “tipo” más la diferencia del Índice de Reducción Sonora Aparente ( $\Delta$  I.R.S.A) presentados en los gráficos.

**Tabla No 6.** Resumen en aislación acústica, y su influencia.

Figura No	Rw + C Curva No 1 Variable [dBA]	Rw + C Curva No 2 Variable [dBA]	Rw + C Curva No 3 Variable [dBA]	$\Delta$ Rw + C [dBA]	Rw* + C* [dBA]	Incidencia																
Capas	Número de capa con igual espesor	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		3 Capas	42	5 Capas	49	49	5 Capas	46	7	5	Significativa											
		3 Capas	34	5 Capas	46	46	5 Capas	48	12	5	Significativa											
		3 Capas	42	5 Capas	48	48	5 Capas	50	6	4	Significativa											
		3 Capas	46	5 Capas	50	50	5 Capas	54	4	1	Escasa											
		12,5 [mm]	49	15 [mm]	54	54	15 [mm]	47	5	3	Moderado											
		12,5 [mm]	45	15 [mm]	47	47	12,5 [mm]	53	2	4	Significativa											
		10 [mm]	50	15 [mm]	49	49	10 [mm]	46	3	0	Sin Influencia											
Aislante	Densidad del aislante	11 [Kg/m3]	42	35 [Kg/m3]	34	35 [Kg/m3]	49	4	7	Significativa												
		11 [Kg/m3]	48	35 [Kg/m3]	46	46	14 [Kg/m3]	45	-1	-4	Pérdida											
		11 [Kg/m3]	54	14 [Kg/m3]	49	49	14 [Kg/m3]	50	-8	-12	Pérdida											
		12 [Kg/m3]	46	14 [Kg/m3]	45	45	12 [Kg/m3]	51	-2	0	Sin Influencia											
		11 [Kg/m3]	51	12 [Kg/m3]	50	50	14 [Kg/m3]	51	-5	-3	Pérdida											
		80 [mm]	51	90 [mm]	51	51	90 [mm]	48	-1	1	Escasa											
		60 [mm]	54	100 [mm]	48	48	100 [mm]	46	-1	0	Sin Influencia											
		50 [mm]	45	80 [mm]	53	53	80 [mm]	46	0	0	Sin Influencia											
Banda acústica	Banda acústica	[Sin B.A.]	48	[Con B.A.]	50	[Con B.A.]	46	2	1	Escasa												
		60 [mm]	45	80 [mm]	51	80 [mm]	46	-6	-4	Pérdida												
		60 [mm]	45	80 [mm]	46	46	100 [mm]	46	8	4	Significativa											
		90 [mm]	46	100 [mm]	46	100 [mm]	46	6	7	Significativa												
		46	46	46	46	46	46	1	-1	Pérdida												
		46	46	46	46	46	46	0	0	Sin Influencia												
		46	46	46	46	46	46	0	0	Sin Influencia												
		46	46	46	46	46	46	0	0	Sin Influencia												

En la Tabla N° 7 se presenta el promedio de la variación de C\*, y un esquema de la influencia de cada variable.

**Tabla N° 7.** Tabla esquemática del nivel de influencia de cada variable. Simbología en **Tabla N° 3**

		Promedio [dBA]	Simbolo representativo
Capas	Número de capas con igual espesor	4	
	Número de capas con distinto espesor	2	
Aislante	Densidad del aislante	-3	
	Espesor del aislante	1	
Banda acústica	Banda acústica	1	

## 2.10 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

A modo general, se pudo observar una gran variabilidad del ‘valor único’ en cada factor presentado en el capítulo. Esto se puede deber a problemas en la toma de datos durante los ensayos, lo que explicaría por qué se obtuvieron valores de  $-8$  [dBA] y  $+12$  [dBA] en el factor ‘Espesor del aislante’.

Referente a la masa, ésta se encuentra implícitamente evaluada en los gráficos presentados, dado que al aumentar el número de capas, espesor de algún material o densidad, la masa aumenta.

En la variable ‘Número de capas con igual espesor’, se tiene una gran variabilidad en las ‘ $\Delta$  de  $R_w + C$ ’, y al observar la variación de  $C^*$ , los valores tienen menos dispersión. Al obtener un promedio se observa una tendencia significativa de  $4$  [dBA].

En la variable ‘Número de capas con distinto espesor’, se observa una tendencia a la mejora aunque tiene gran variabilidad, obteniendo valores negativos y positivos. Igualmente el promedio de  $C^*$ , nos da una incidencia moderada de  $2$  [dBA].

En lo referente a la ‘Densidad del aislante’, se observaron casos de pérdida y de mejora escasa para la variación de  $R_w + C$ . Al obtener el promedio de  $C^*$ , nos da como resultado una pérdida.

En lo referente al ‘Espesor del aislante’, se observa una gran variabilidad en el  $R_w + C$ , pero al obtener el valor de  $C^*$  y el promedio de éste nos da una influencia escasa de  $1$  [dBA] en promedio.

En cuanto a la ‘Banda acústica’, ésta presenta influencia. Al observar la única figura obtenida el  $R_w + C$  y  $C^*$  nos da una mejora de  $1$  [dBA].

Finalmente, podemos concluir que el número de capas, el espesor del aislante y la banda acústica tienen influencia en el comportamiento acústico de los tabiques, mientras que la densidad del aislante presenta pérdidas.

## **CAPÍTULO III: RESISTENCIA AL FUEGO**

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Este capítulo considera la información básica recopilada y considerada en el presente trabajo de título. Información relacionada con el comportamiento de la resistencia al fuego en elementos constructivos.

Las variables que se estudiaron y evaluaron son:

1. Capas
2. Características de las capas.
3. Aislante.

### **3.2 ALCANCES**

La muestra de soluciones tomadas utilizó sólo tabiques verticales.

Las soluciones constructivas para elementos resistentes al fuego se fabrican cumpliendo la normativa de cada país.

Para este trabajo de título se acotó la muestra de datos ocupada, para la cual se utilizó la información pública del MINVU (“Listado Oficial de Comportamiento al Fuego”, 2014) e información entregada por el IDIEM, lo que nos da una muestra de soluciones constructivas usadas y aprobadas en Chile, junto a los materiales ocupados bajo los estándares de calidad y normativos exigidos en Chile.

### **3.3 METODOLOGÍA**

Para este capítulo se realizó una revisión de la literatura y la normativa chilena que está relacionada con la resistencia al fuego, además se tomó una muestra de tabiques ensayados por diversas instituciones, luego se observó el comportamiento de los sistemas constructivos al modificar cada una de sus variables.

La muestra de tabiques que se consideró en este trabajo de título viene:

- Datos públicos del MINVU (“Listado Oficial de Comportamiento al Fuego”, 2014).
- Ensayos realizados por el IDIEM.

Esto último con la finalidad de complementar la información a analizar.











Se consideró un total de 190 ensayos, y de los datos recopilados se generaron curvas comparativas para observar el comportamiento ante la modificación de una de sus variables.


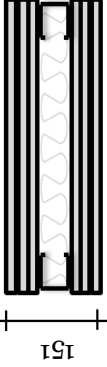



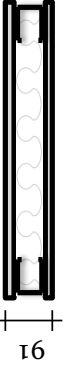




Finalmente, se presentó una tabla descriptiva del comportamiento de los tabiques en cuanto a la resistencia al fuego, según se modifique una de sus variables.

### **3.4 MUESTRA DE TABIQUES A EVALUAR**











A continuación se presentará un listado de tabiques ensayados en este capítulo, entregando el número del elemento, el gráfico en el cual estará presente, un esquema, una descripción y su resistencia al fuego.

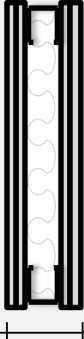

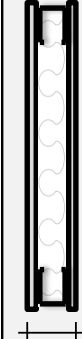







**Tabla N° 8.** Listado de tabiques a analizar en resistencia al fuego


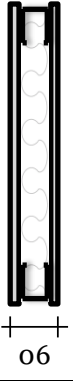


Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Resistencia al fuego [F]
44	27		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 40 [mm] de espesor, 40 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	15
45	27		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 40 [mm] de espesor, 40 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	60
46	28		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Polietileno Expandido de 50 [mm] de espesor, 10 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	60
47	28		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Polietileno Expandido de 50 [mm] de espesor, 10 [Kg/m3] de densidad - 7 Capas	90
48	29		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 35 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30
49	29		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 35 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	90
50	30		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30
51	30		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	90
52	31		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Cámara de Aire - 3 Capas	30
53	31		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Cámara de Aire - 7 Capas	180

Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Resistencia al fuego [F]
54	32		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 40 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	90
55	32		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 40 [Kg/m3] de densidad - 7 Capas	120
56	33		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	60
57	33		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 4 Capas	90
58	33		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	120
59	34		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30
60	34		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	90
61	35		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Cámara de Aire - 3 Capas	30
62	35		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Cámara de Aire - 3 Capas	30
63	36		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30



Tabique No	Figuras No	Esquema	Descripción del tabique	Resistencia al fuego [F]
64	36		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30
65	36		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30
66	37		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	90
67	37		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	120
68	38		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30
69	38		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30
70	38		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30
71	38		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	60
72	39		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30
73	39		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30

Tabique No	Figuras No	Esquema	Descripción del tabique	Resistencia al fuego [F]
74	40		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	90
75	40		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	120
76	41		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30
77	41		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30
78	42		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 40 [mm] de espesor, 40 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	60
79	42		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 40 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	30
80	43		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 40 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	60
81	43		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 60 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	60
82	44		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	60
83	44		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 15 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	60

Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Resistencia al fuego [F]
84	45		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 12,1 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30
85	45		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30
86	46		- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30
87	46		- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 80 [mm] de espesor, 80 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	30

Unidades en [mm]

### 3.5 NORMATIVA CHILENA

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción establece en su artículo 4.3.3, exigencias mínimas de resistencia al fuego que deben cumplir las soluciones constructivas según su disipación (horizontal o vertical) [3]. Estos requerimientos son presentados en la siguiente tabla:

**Tabla N° 9.** Resistencia al fuego requerida para elementos de construcción, según el tipo de elemento.

<b>Tipo</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>(6)</b>	<b>(7)</b>	<b>(8)</b>	<b>(9)</b>
a	F-180	F-120	F-120	F-120	F-120	F-30	F-60	F-120	F-60
b	F-150	F-120	F-90	F-90	F-90	F-15	F-30	F-90	F-60
c	F-120	F-90	F-60	F-60	F-60	-	F-15	F-60	F-30
d	F-120	F-60	F-60	F-60	F-30	-	-	F-30	F-15

**Tabla N° 10.** Simbología usada en la **Tabla N° 9.**

<b>Elementos verticales</b>	
(1)	Muros cortafuego
(2)	Muros zona vertical de seguridad y caja de escala
(3)	Muros caja ascensores
(4)	Muros divisorios entre unidades (hasta cubierta)
(5)	Elementos soportantes verticales
(6)	Muros no soportantes y tabiques
<b>Elementos verticales y horizontales</b>	
(7)	Escaleras
<b>Elementos horizontales</b>	
(8)	Elementos soportantes horizontales
(9)	Techumbre incluido cielo falso

Además el artículo 4.3.4 dispone las siguientes consideraciones según el número de pisos, el destino, carga de superficie, carga ocupacional o carga combustible según las siguientes tablas:

**Tabla N° 11.** Tabla de resistencia al fuego requerida según el número de pisos.

Destino del edificio	Superficie edificada (M <sup>2</sup> )	Número de pisos						
		1	2	3	4	5	6	7 o más
Habitacional	Cualquiera	d	d	c	c	b	a	a
Hoteles o similares	Sobre 5.000	c	b	a	a	a	a	a
	sobre 1.500 y hasta 5.000	c	b	b	b	a	a	a
	sobre 500 y hasta 1.500	c	c	b	b	a	a	a
	hasta 500	d	c	b	b	a	a	a
Oficinas	Sobre 1.500	c	c	b	b	b	a	a
	sobre 500 y hasta 1.500	c	c	c	b	b	b	a
	hasta 500	d	c	c	b	b	b	a
Museos	Sobre 1.500	c	c	b	b	b	a	a
	sobre 500 y hasta 1.500	c	c	c	b	b	b	a
	hasta 500	d	c	c	b	b	b	a
Salud(clínica, hospitales y laboratorios)	Sobre 1.000	c	b	b	a	a	a	a
	Hasta 1.000	c	c	b	b	a	a	a
Salud (Policlínicos)	Sobre 400	c	c	b	b	b	b	a
	Hasta 400	d	c	c	b	b	b	a
Restaurantes y fuentes de soda	Sobre 500	b	a	a	a	a	a	a
	Sobre 250 y hasta 500	c	b	b	a	a	a	a
	Hasta 250	d	c	c	b	b	a	a
Locales comerciales	Sobre 500	c	b	b	a	a	a	a
	Sobre 200 y hasta 500	c	c	b	b	a	a	a
	Hasta 200	d	c	b	b	b	a	a
Bibliotecas	Sobre 1.500	b	b	a	a	a	a	a
	Sobre 500 y hasta 1.500	b	b	b	a	a	a	a
	Sobre 250 y hasta 500	c	b	b	b	a	a	a
	Hasta 250	d	c	b	b	a	a	a
Centro de reparación automotor	Cualquiera	d	c	c	b	b	b	a
Edificios de estacionamiento	Cualquiera	d	c	c	c	b	b	a

**Tabla N° 12.** Tabla de resistencia al fuego requerida según el número de pisos.

Destino del edificio	Máximo de ocupantes	Número de pisos					
		1	2	3	4	5	6 ó más
Teatros y espectáculos	Sobre 1.000	b	a	a	a	a	a
	Sobre 500 y hasta 1.000	b	b	a	a	a	a
	Sobre 250 y hasta 500	c	c	b	b	a	a
	Hasta 250	d	d	c	c	b	a
Reuniones	Sobre 1.000	b	a	a	a	a	a
	Sobre 500 y hasta 1.000	b	b	a	a	a	a
	Sobre 250 y hasta 500	c	c	b	b	a	a
	Hasta 250	d	c	c	b	b	a
Docentes	Sobre 500	b	b	a	a	a	a
	Sobre 250 y hasta 500	c	c	b	b	a	a
	Hasta 250	d	c	c	b	b	a

**Tabla Nº 13.** Tabla de resistencia al fuego requerida según el número de pisos y según su uso.

Destino del edificio	Densidad de carga combustible (*)		Número de pisos					
	Media (MJ/m <sup>2</sup> ) según NCh 1916	Puntual Máxima (MJ/m <sup>2</sup> ) según NCh 1993	1	2	3	4	5	ó más
Combustibles, lubricantes, aceites minerales y naturales.	Sobre 8.000	Sobre 24.000	a	a	a	a	a	
	sobre 4.000 y hasta 8.000	sobre 16.000 y hasta 24.000	b	a	a	a	a	
	sobre 2.000 y hasta 4.000	sobre 10.000 y hasta 16.000	c	b	a	a	a	
	hasta 2.000	hasta 10.000	d	c	b	a	a	
Establecimientos Industriales.	Sobre 16.000	Sobre 32.000	a	a	a	a	a	
	sobre 8.000 y hasta 16.000	sobre 24.000 y hasta 32.000	b	a	a	a	a	
	sobre 4.000 y hasta 8.000	sobre 16.000 y hasta 24.000	c	b	a	a	a	
	sobre 2.000 y hasta 4.000	sobre 10.000 y hasta 16.000	c	c	b	a	a	
	sobre 1.000 y hasta 2.000	sobre 6.000 y hasta 10.000	d	c	c	b	a	
	sobre 500 y hasta 1.000	sobre 3.500 y hasta 6.000	d	d	c	c	b	
hasta 500	hasta 3.500	d	d	d	c	c		
Supermercados y Centros Comerciales.	Sobre 16.000	Sobre 32.000	b	a	a	a	a	
	sobre 8.000 y hasta 16.000	sobre 24.000 y hasta 32.000	b	b	a	a	a	
	sobre 4.000 y hasta 8.000	sobre 16.000 y hasta 24.000	c	b	b	a	a	
	sobre 2.000 y hasta 4.000	sobre 10.000 y hasta 16.000	c	c	b	b	a	
	sobre 1.000 y hasta 2.000	sobre 6.000 y hasta 10.000	d	c	c	b	b	
hasta 1.000	hasta 6.000	d	d	c	c	b		
Establecimientos de bodegaje.	Sobre 16.000	Sobre 32.000	b	b	a	a	a	
	sobre 8.000 y hasta 16.000	sobre 24.000 y hasta 32.000	c	b	b	a	a	
	sobre 4.000 y hasta 8.000	sobre 16.000 y hasta 24.000	c	c	b	b	a	
	sobre 2.000 y hasta 4.000	sobre 10.000 y hasta 16.000	d	c	c	b	b	
	sobre 1.000 y hasta 2.000	sobre 6.000 y hasta 10.000	d	d	c	c	b	
	sobre 500 y hasta 1.000	sobre 3.500 y hasta 6.000	d	d	d	c	c	
hasta 500	hasta 3.500	d	d	d	d	c		

El artículo 4.3.2, la O.G.U.C define dos opciones para poder demostrar el cumplimiento de los elementos constructivos, las que son:

1. Mediante el listado oficial de soluciones constructivas para elementos resistentes al fuego del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).
2. Mediante ensayos presentados por alguna de las instituciones autorizadas por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

### 3.6 MARCO TEÓRICO

Cuando se habla del fuego se dice que es el proceso de oxidación de un material combustible, el cual genera llamas, calor y gases. Para que este proceso se mantenga en el tiempo, se cuenta con 4 elementos que son:

- Combustible.
- Oxígeno.
- Temperatura o energía de activación.
- Reacción en cadena.

Todos los materiales combustibles, en presencia de una determinada cantidad de calor presentan un cambio molecular. Al llegar a dicha cantidad de calor, se rompe el enlace molecular generando una liberación de gases y vapores. Esta cantidad de calor se puede expresar como la temperatura de ignición, la cual varía entre los distintos materiales.

A continuación se detallará en un diagrama el proceso de combustión.

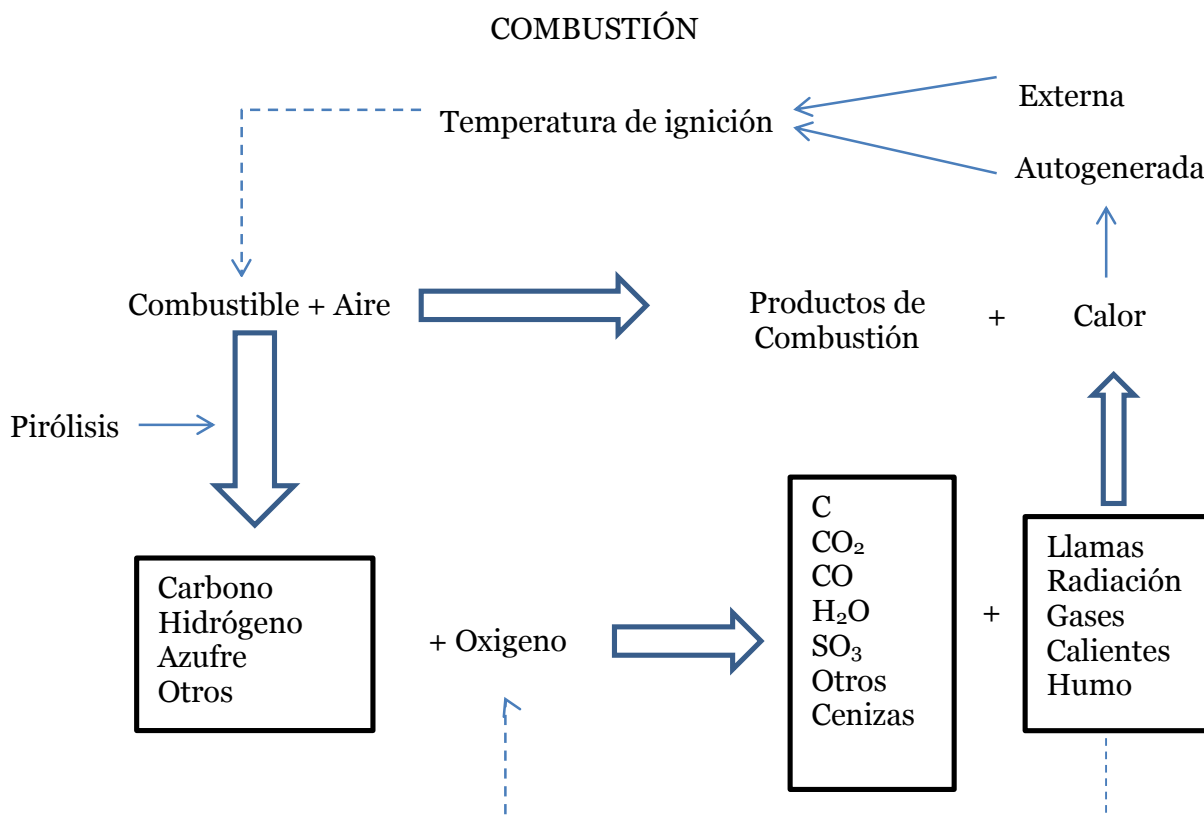


Figura N° 26. Diagrama del proceso de combustión [17]

### 3.6.1 OBTENCIÓN DE DATOS

Para la obtención de la resistencia al fuego de cada elemento constructivo, se debió realizar un ensayo en un laboratorio. Este ensayo consiste en exponer una de las caras del tabique al calor de un horno, el cual le imprime una temperatura según la norma NCh 935/1.

Según la norma, el elemento debe ser sometido a condiciones que se presentarían en un incendio real. Para esto se debe tener un elemento de prueba de tamaño real o de dimensiones relativamente grandes.

Durante el ensayo se toman mediciones de la temperatura del tabique en la cara expuesta y en la no expuesta.

La curva de temperatura versus tiempo se encuentra regida por la siguiente ecuación:

$$T = 345 \cdot \log(8 \cdot t + 1) \quad \text{Ecu. 1}$$

Donde:

T: temperatura del horno en grados Celsius.

t: tiempo transcurrido en minutos.

A continuación se presenta una tabla con los tiempos y temperaturas a que debe ser expuesto el elemento constructivo.

**Tabla N° 14.** Temperatura a la que debe estar el horno según el tiempo transcurrido.

t	0	5	15	30	60	90	120	150	180
T+T <sub>0</sub>	20	576	739	842	945	1006	1049	1082	1110

Dependiendo de la duración del ensayo, el tabique es clasificado según la siguiente tabla:

**Tabla N° 15.** Clasificación de la resistencia al fuego de los elementos constructivos. [3]

Clasificación	Intervalo [min]
F <sub>0</sub>	Mayor a 0 y menor a 15
F <sub>15</sub>	Mayor o igual a 15 y menor a 30
F <sub>30</sub>	Mayor o igual a 30 y menor a 60
F <sub>60</sub>	Mayor o igual a 60 y menor a 90
F <sub>90</sub>	Mayor o igual a 90 y menor a 120
F <sub>120</sub>	Mayor o igual a 120 y menor a 150
F <sub>150</sub>	Mayor o igual a 150 y menor a 180
F <sub>180</sub>	Mayor o igual a 180 y menor a 240
F <sub>240</sub>	Mayor o igual a 240



## **3.7 VARIABLES A EVALUAR**

### **3.7.1 CAPAS**

Los tabiques analizados están formados de varias capas, las que son de materiales distintos, cada uno de ellos con una resistencia al fuego determinada. Al juntar los distintos materiales en un elemento vertical, se puede tener un aumento en el tiempo en que estos se inflamen, teniéndose mayores tiempos de resistencia al fuego, siendo el tiempo final la suma de los tiempos de cada uno de los componentes.

### **3.7.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANCHAS**

En el punto 3.6 se menciona que uno de los compuestos para que se inicie el fuego -y se mantenga en el tiempo- es el combustible, del cual existen muchos tipos dependiendo de los materiales que lo conforman, puesto que cada elemento tiene su propia energía mínima para que se forme una llama. Además, hay que considerar que las planchas son las primeras capas que tiene que penetrar el fuego en un incendio. Por esto, los componentes de las planchas a ocupar guardan una relación con el tiempo que puede resistir el tabique.

### **3.7.3 AISLANTE**

Al igual que las planchas, el aislante es una de las capas presentes en este estudio, y en la mayoría de los casos, son elementos que forman parte de un conjunto, como en el caso de los tabiques, que se encuentran entre las planchas y montantes. Su característica principal es que son elementos con buenas propiedades de aislación, para lo cual llamaremos un material aislante a todo material que presente cierta resistencia al paso de calor, en este caso, materiales especiales con una conductividad térmica baja. Además tienen la característica de ser porosos y livianos, y entre medio de los poros se encuentra una elevada cantidad de aire. [15] [16]

### 3.8 GRÁFICOS Y ANÁLISIS

En esta sección se presenta el comportamiento de diversos tabiques verticales expuestos al fuego, obteniendo su resistencia. Los gráficos fueron elaborados a partir de una muestra de 190 ensayos, de donde se puede obtener la resistencia al fuego según lo establecido por la normativa chilena (véase 3.5).

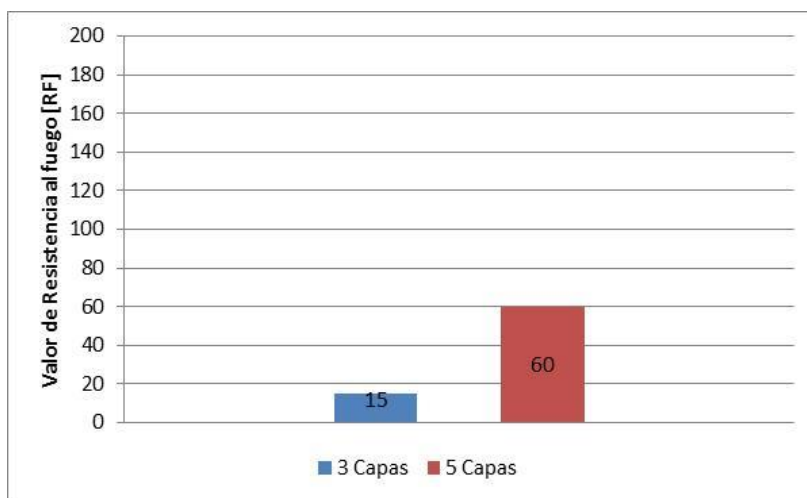
Dado que durante el análisis se realizará una observación de la mejora de la resistencia al fuego obtenida en cada ensayo, se realiza una separación de éstas tomando como referencia la máxima diferencia que existe entre los tabiques (de 5 clasificaciones):

- Pérdida. ( $< 0$  clasificación).
- Sin aporte. ( $= 0$  variación).
- Mejora escasa. ( $> 0$  y  $\leq 2$  clasificaciones).
- Mejora moderada. ( $> 2$  y  $\leq 4$  clasificaciones).
- Mejora significativa. ( $> 4$  clasificaciones).

#### 3.8.1 CAPAS

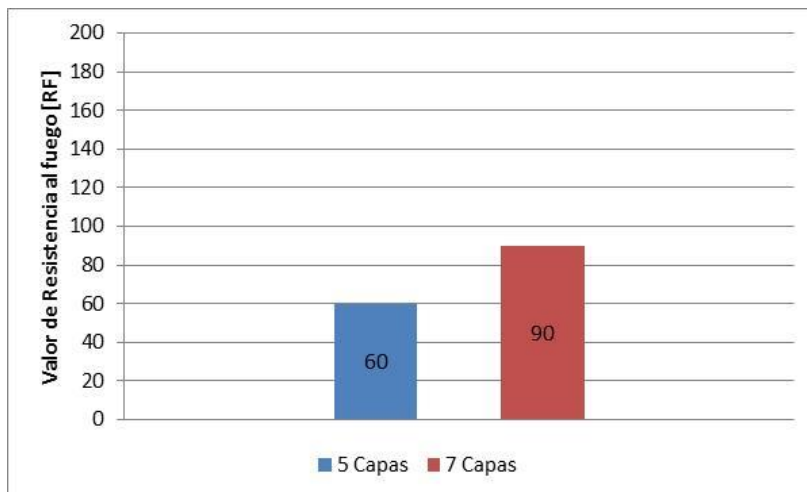
##### 3.8.1.1 NÚMERO DE CAPAS CON IGUAL ESPESOR.

En este ítem se mostrarán gráficos donde se variará el número de capas en ambos extremos del tabique de los elementos y se dejarán fijas las variables: espesor, densidad y tipo de aislante, además del espesor y tipo de plancha.



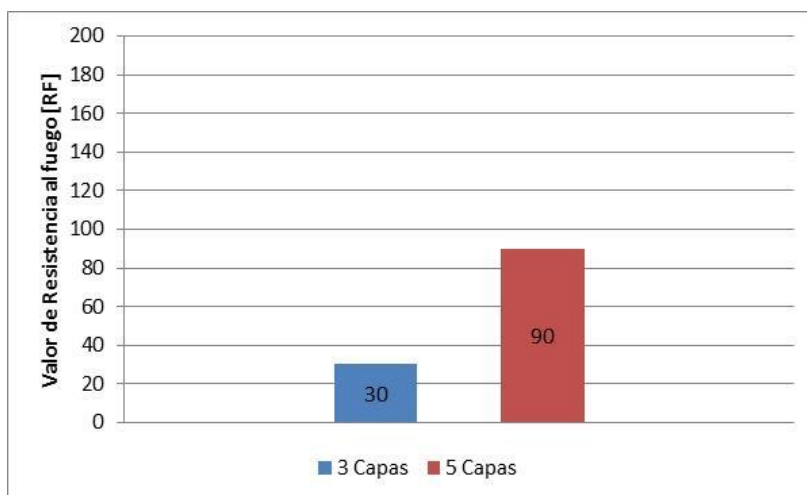
**Figura N° 27.** Resistencia al fuego, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor y lana de mineral de 40 [mm] de espesor y 40 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

En la Figura N° 27 se observa cómo al colocar una capa extra de yeso cartón en ambos extremos, se pasa de tener un tabique clasificación F15 a una F60, saltándose una clasificación.



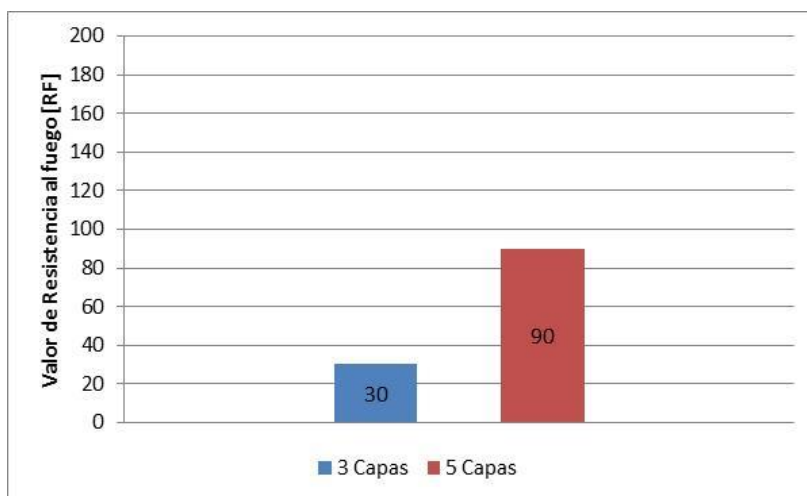
**Figura N° 28.** Resistencia al fuego, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor y polietileno expandido de 50 [mm] de espesor y 10 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

En la figura anterior se puede observar que al igual que en el Figura N° 27, al colocar una plancha extra de yeso cartón -pasando de tener dos planchas a tener tres planchas de yeso cartón- se obtiene una mejora en la resistencia, lo que aumenta una clasificación.



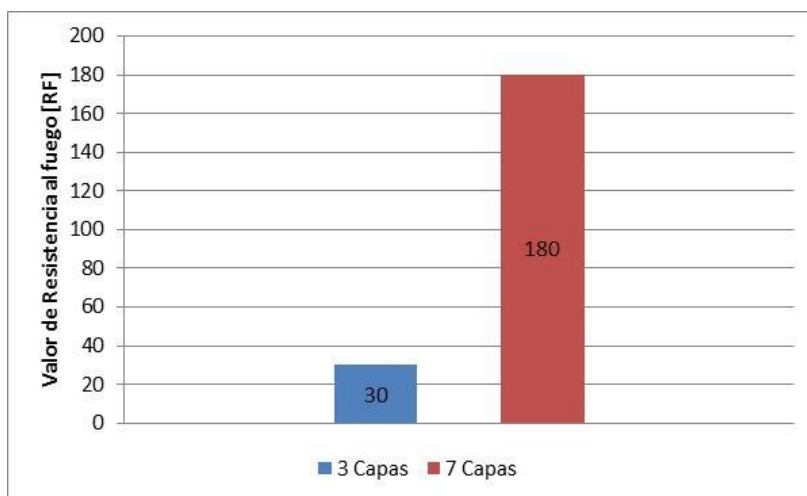
**Figura N° 29.** Resistencia al fuego, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor y lana mineral de 50 [mm] de espesor y 35 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

En la Figura N° 29 se aprecia que al pasar de un tabique de tres a uno de cinco capas, este tiene un aumento considerable en su clasificación.



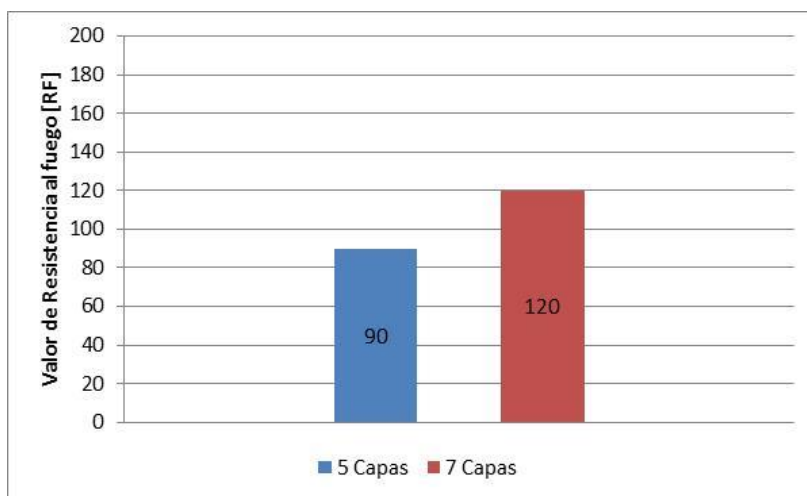
**Figura N° 30.** Resistencia al fuego, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor y lana de vidrio de 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

En la figura anterior se tiene que al aumentar en una plancha en ambos extremos, se obtiene una mejora, lo que aumenta dos clasificaciones en resistencia al fuego. Además, al realizar la comparación entre estos tabiques y los ocupados en el Figura N° 29, no se encuentra diferencia en el valor de la resistencia al fuego, teniendo como diferencia las características del aislante.



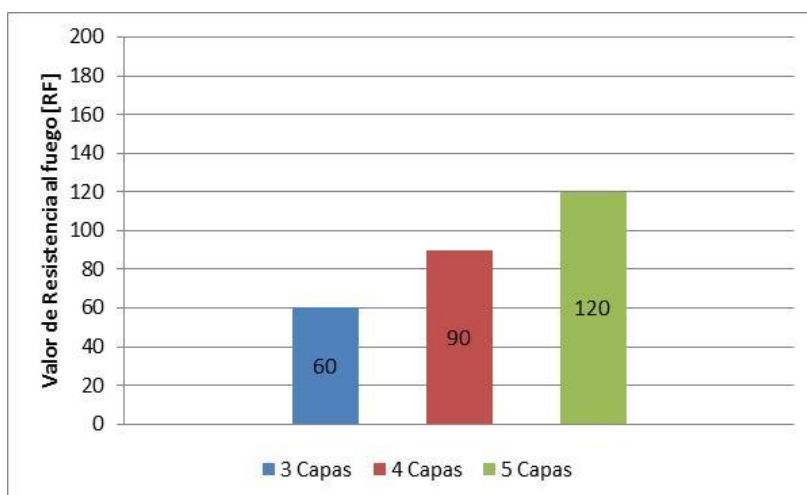
**Figura N° 31.** Resistencia al fuego, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor y una cámara de aire.

Se puede observar en la Figura N° 31 un aumento significativo de cinco clasificaciones, al aumentar de 1 a 2 planchas de yeso cartón. Teniendo la capa central de aire.



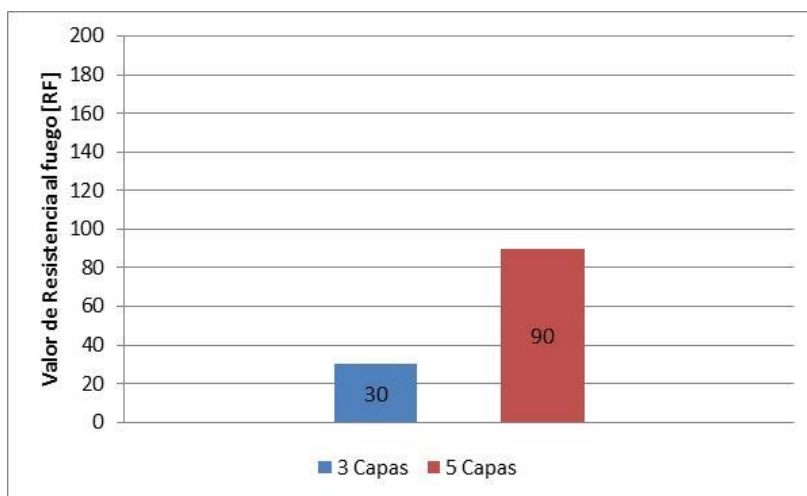
**Figura N° 32.** Resistencia al fuego, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor y lana mineral de 50 [mm] de espesor y 40 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

En la figura anterior se observa una mejora en la clasificación del tabique, esto se produce al aumentar de 2 a 3 planchas de yeso cartón por lado.



**Figura N° 33.** Resistencia al fuego, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor y lana vidrio de 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

En la Figura N° 33 se observa cómo el incremento de una plancha de yeso cartón en la cara expuesta al fuego, genera que el tabique pase a la clasificación siguiente.

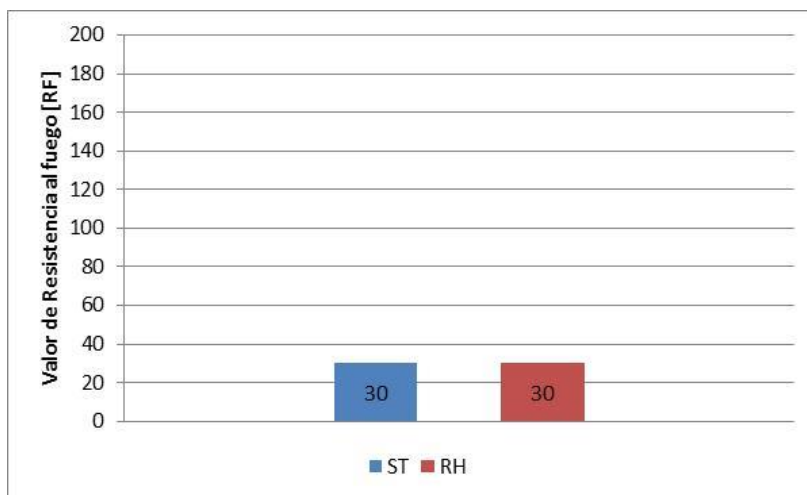


**Figura N° 34.** Resistencia al fuego, número de capas con igual espesor. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor y lana vidrio de 50 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

Para la figura anterior, se observa cómo el incremento de una capa de yeso cartón en ambos extremos genera que el tabique aumente dos clasificaciones.

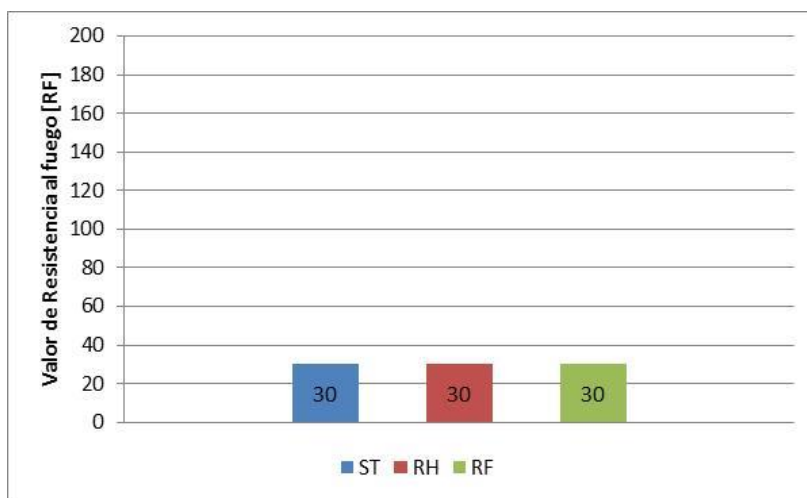
### 3.8.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANCHA

En el presente apartado se observará el comportamiento de los tabiques, cuando se varía el tipo de plancha dejando fijo el espesor de ésta; además de fijar la densidad y tipo de aislante.



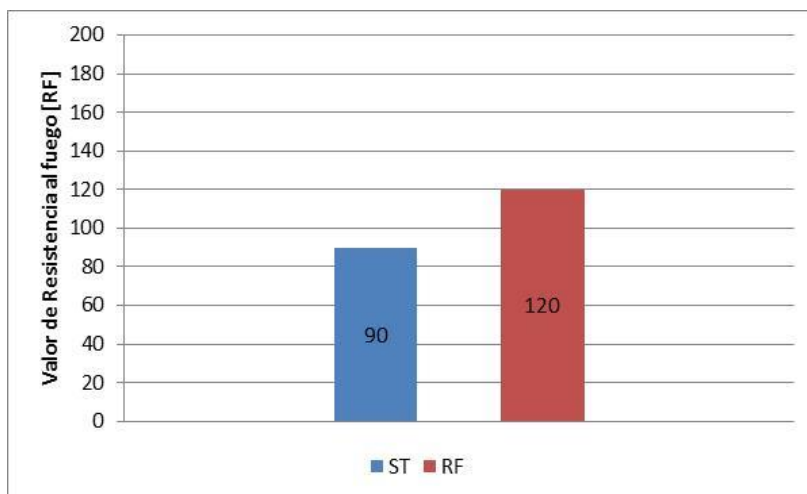
**Figura N° 35.** Resistencia al fuego, características de la plancha. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, cámara de aire y 3 Capas.

En la Figura N° 35 se observa que la variación de una plancha de yeso cartón estándar a una resistente a la humedad, no genera una variación en la clasificación del tipo de tabique.



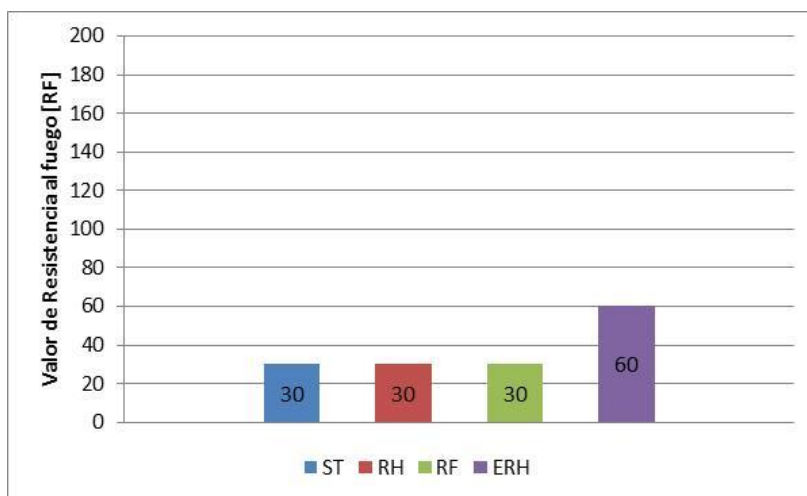
**Figura N° 36.** Resistencia al fuego, características de la plancha. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor, lana de vidrio 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 3 Capas.

En la figura anterior podemos observar que independiente del tipo de yeso cartón, este no genera una variación en la clasificación del tipo de tabique, incluso con la plancha resistente al fuego.



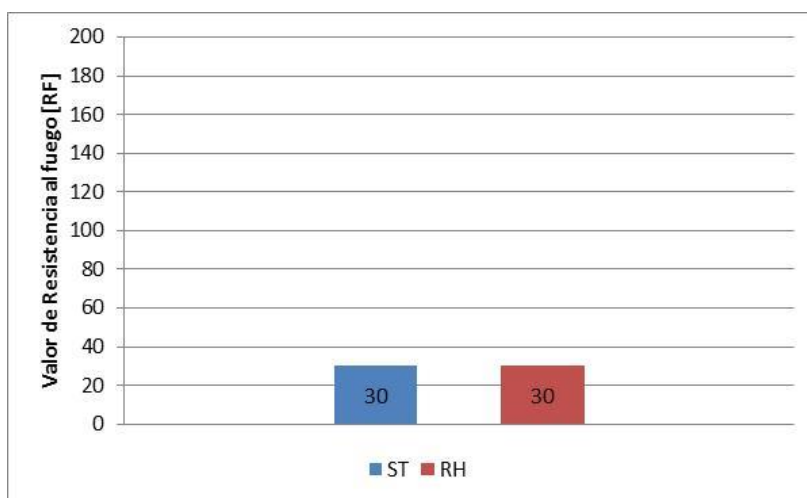
**Figura N° 37.** Resistencia al fuego, características de la plancha. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor, lana de vidrio 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 Capas.

Podemos observar en la Figura N° 37 que la variación del tipo de plancha de estándar a resistente al fuego, generó un cambio en el tipo de clasificación del tabique, generando una diferencia con lo observado en la Figura N° 36. Esto se podría deber a que las clasificaciones son por intervalos, donde el aumento del tiempo que aporta una placa quizás no sea lo suficientemente significativo, pero la suma de los aportes sí genera un aumento tal que se puede pasar a la clasificación siguiente.



**Figura N° 38.** Resistencia al fuego, características de la plancha. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 3 Capas.

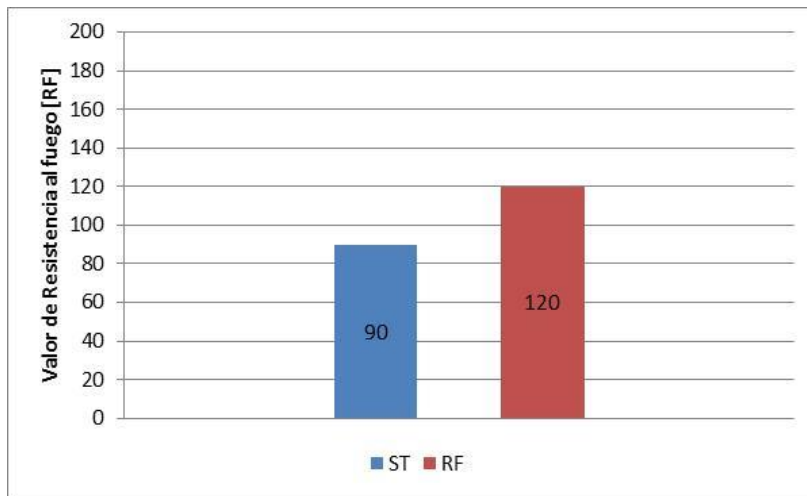
En la siguiente figura observamos que no existe una variación de la clasificación del tipo de tabique para las planchas estándar, resistente a la humedad y resistente al fuego, pero al compararlo con la plancha extra resistente hidro, se tiene que el mismo está una clasificación por encima, aunque se puede observar igual comportamiento que en la Figura N° 36 y Figura N° 37 para la plancha resistente al fuego.



**Figura N° 39.** Resistencia al fuego, características de la plancha. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio 50 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 3 Capas.

En la Figura N° 39 observamos que la variación entre una plancha estándar y una resistente a la humedad no genera una diferencia en la clasificación de un tabique.





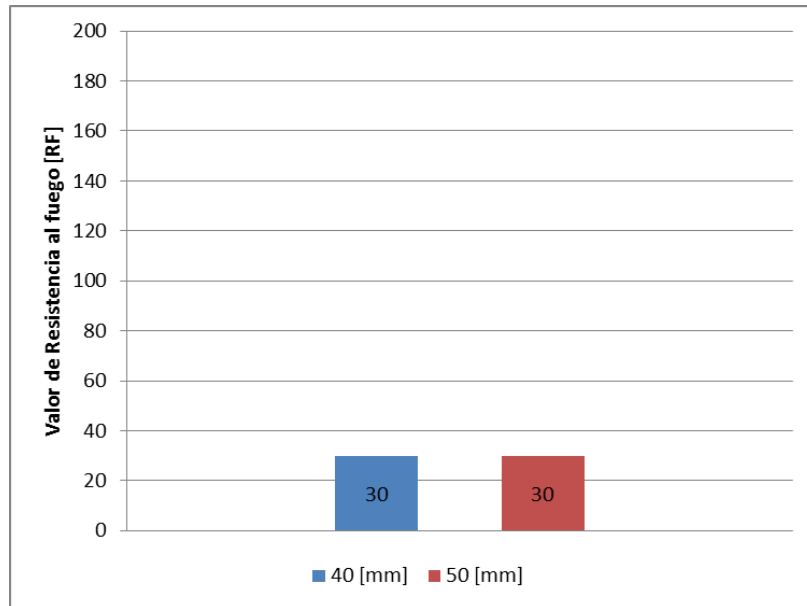
**Figura N° 40.** Resistencia al fuego, características de la plancha. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio 50 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 Capas.

Podemos observar en la presente figura cómo el cambio de una plancha estándar a una resistente al fuego genera una clasificación mayor para un tabique, lo que guarda relación con lo explicado en el Figura N° 37.

### 3.8.3 AISLANTE

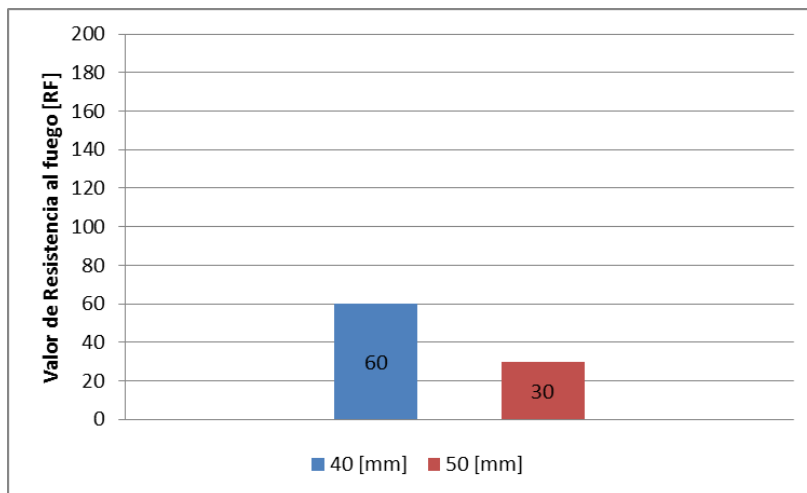
#### 3.8.3.1 ESPESOR DEL AISLANTE

En el presente ítem se observará el comportamiento de los tabiques cuando se varía el espesor del aislante dejando fijo el espesor y tipo de plancha, además de fijar la densidad y tipo de aislante.



**Figura N° 41.** Resistencia al fuego, espesor del aislante. Tabique formado con dos capas de yeso cartón estándar de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 3 Capas.

En la Figura N° 41 observamos que no existe un cambio de clasificación al aumentar el espesor del aislante de 40 [mm] a 50 [mm].

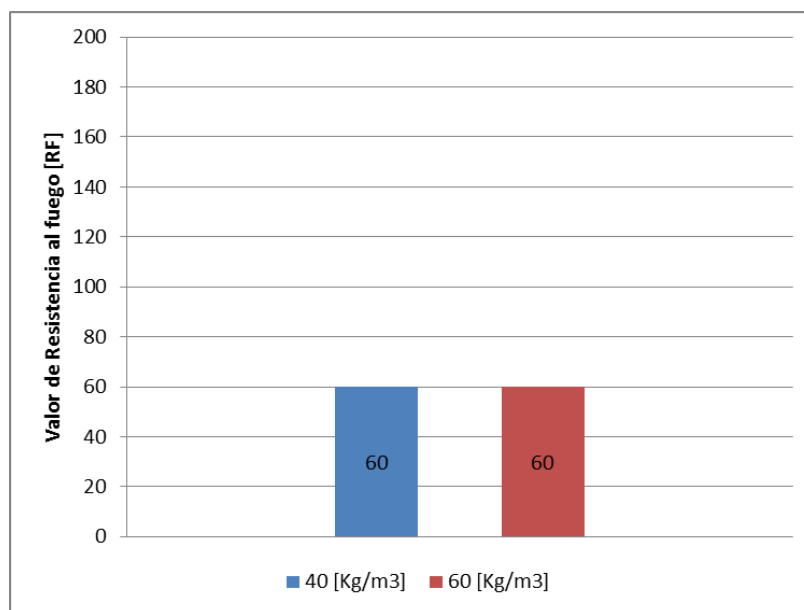


**Figura N° 42.** Resistencia al fuego, espesor del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de mineral de 40 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 Capas.

Observamos en la presente figura una baja en la clasificación del tabique al aumentar el espesor del aislante de 40 [mm] a 50 [mm], lo que discrepa con el gráfico anterior, esto se puede deber a que los elementos tienen una resistencia cercana a los 60 minutos, pero por errores cometidos durante los ensayos, ésta pudo ser levemente menor, generando un cambio en la clasificación del segundo elemento.

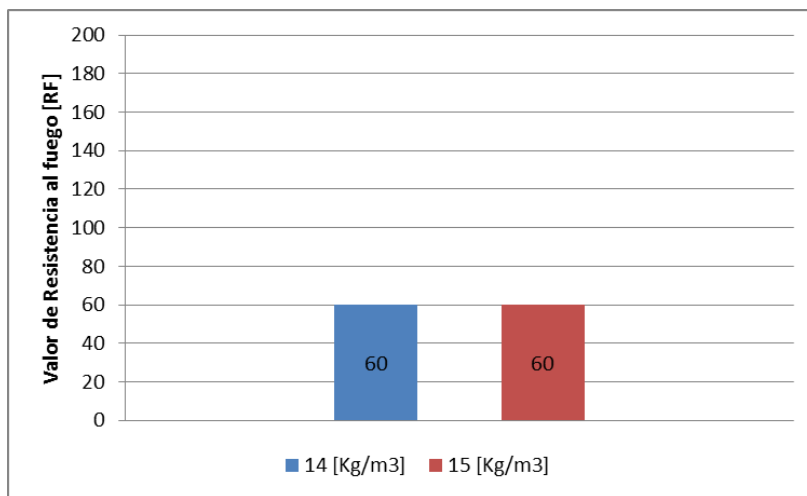
### 3.8.3.2 DENSIDAD DEL AISLANTE

En el presente ítem se observará el comportamiento de los tabiques cuando se varía la densidad del aislante dejando fijo el espesor y tipo de plancha, además de fijar el espesor y tipo de aislante.



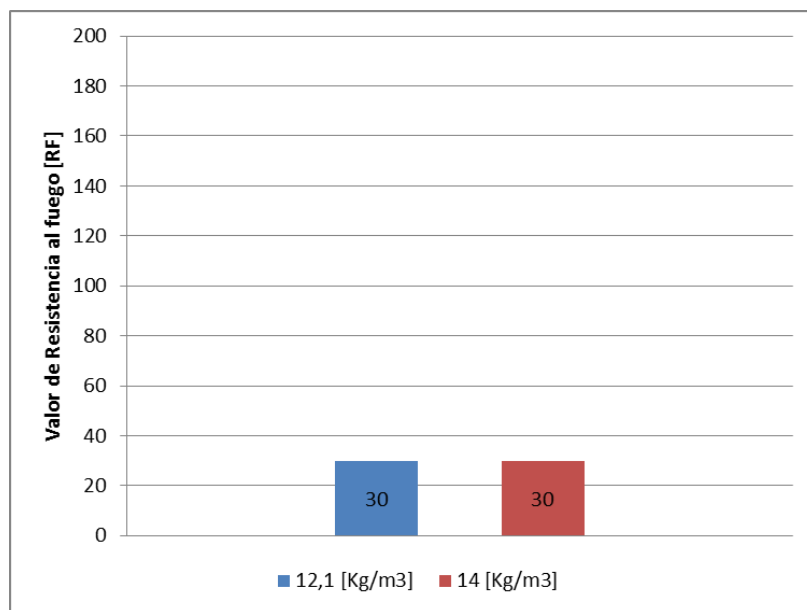
**Figura N° 43.** Resistencia al fuego, densidad del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón estándar de 10 [mm] de espesor, lana de mineral de espesor 50 [mm] y 5 Capas.

En la Figura N° 43 observamos que no existe un cambio de clasificación al aumentar la densidad del aislante de 40 [Kg/m3] a 60 [Kg/m3].



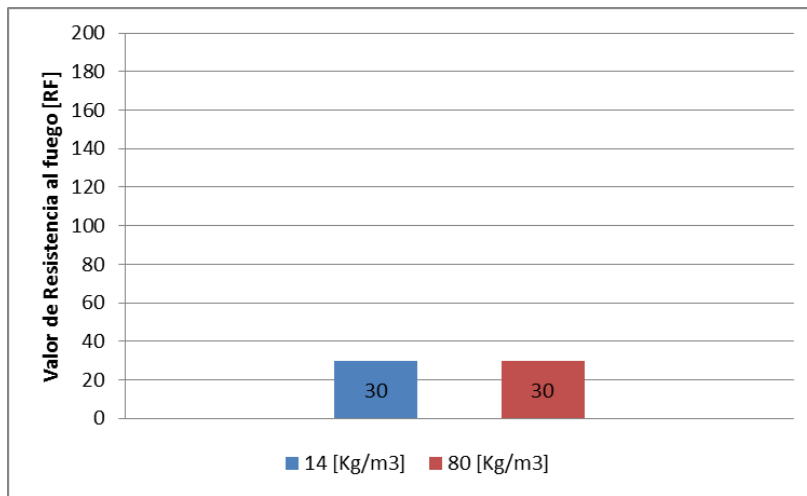
**Figura N° 44.** Resistencia al fuego, densidad del aislante. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón estándar de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de espesor 50 [mm] y 5 Capas.

Podemos observar en la presente figura cómo el cambio de densidad del aislante de 14 [Kg/m3] a 15 [Kg/m3] no genera un cambio en la clasificación del elemento.



**Figura N° 45.** Resistencia al fuego, densidad del aislante. Tabique formado con dos capas de yeso cartón estándar de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de espesor 50 [mm] y 3 Capas.

En la Figura N° 45 observamos que no existe un cambio de clasificación al aumentar la densidad del aislante de 12,1 [Kg/m3] a 14 [Kg/m3].



**Figura N° 46.** Resistencia al fuego, densidad del aislante. Tabique formado con dos capas de fibrocemento estándar de 10 [mm] de espesor, lana de mineral de espesor 80 [mm] y 3 Capas.

En la figura anterior podemos observar que independiente de la densidad del aislante, este no genera una variación en la clasificación del tipo de tabique.

### 3.9 TABLA RESUMEN

A continuación se entrega una tabla resumen con el número de la figura, la variable (Var.) que se modifica y la resistencia al fuego de cada curva, el número de clasificaciones que salta y su influencia.

**Tabla Nº 16.** Resumen resistencia al fuego y influencia.

Figura N°	RF Tab. 1 Var. [F]	RF Tab. 2 Var. [F]	RF Tab. 3 Var. [F]	RF Tab. 4 Var. [F]	Número de clasificaciones	Influencia	Δ min	Prom min
Capas	27	3 Capas 15	5 Capas 60		2	Moderado	45	39
	28	5 Capas 60	7 Capas 90		1	Escasa	30	
	29	3 Capas 30	5 Capas 90		2	Moderado	60	
	30	3 Capas 30	5 Capas 90		2	Moderado	60	
	31	3 Capas 30	7 Capas 180		5	Significativo	150	
	32	5 Capas 90	7 Capas 120		1	Escasa	30	
	33	3 Capas 60	4 Capas 90	5 Capas 120	1	Escasa	30	
	34	3 Capas 30	5 Capas 90		2	Moderado	-90	
	35	ST 30	RH 30		0	Sin Influencia	0	
	36	ST 30	RH 30	RF 30	0	Sin Influencia	0	
Características de la plancha	37	ST 90	RF 120		1	Escasa	30	15
	38	ST 30	RH 30	RF 30 ERH 60	1	Escasa	30	
	39	ST 30	RH 30		0	Sin Influencia	0	
	40	ST 90	RF 120		1	Escasa	30	
Espesor del aislante	41	40 [mm]	30 50 [mm]		0	Sin Influencia	0	-15
	42	40 [mm]	50 [mm]		-1	Perdida	-30	
Aislante	Densidad del aislante	43	40 [Kg/m3]	60 [Kg/m3]		0	Sin Influencia	0
		44	14 [Kg/m3]	15 [Kg/m3]		0	Sin Influencia	0
		45	12,1 [Kg/m3]	14 [Kg/m3]		0	Sin Influencia	0
		46	14 [Kg/m3]	80 [Kg/m3]		0	Sin Influencia	0

A continuación se presentará una tabla extra, la cual nos permite observar de mejor forma el comportamiento de los tabiques; en ésta se llevaron las clasificaciones a minutos. En dicha tabla presentamos el número de la figura, el número de capas de cada tabique, el tiempo de cada tabique, en cuantas planchas se aumentó entre los tabiques, el aumento del tiempo, el tiempo que aporta una plancha o capa, y el tiempo promedio.





**Tabla N° 17.** Calculo del aporte de una plancha.

	Figura N°	RF Tab. 1 Var. [min]	RF Tab. 2 Var. [min]	RF Tab. 3 Var. [min]	Variación de planchas (1)	$\Delta$ min (2)	(1) / (2)	Prom min		
Número de capas con igual espesor	27	3 Capas	15	5 Capas	60			2	45	23
	28	5 Capas	60	7 Capas	90			2	30	15
	29	3 Capas	30	5 Capas	90			2	60	30
	30	3 Capas	30	5 Capas	90			2	60	30
	31	3 Capas	30	7 Capas	180			4	150	38
	32	5 Capas	90	7 Capas	120			2	30	15
	33	3 Capas	60	4 Capas	90	5 Capas	120	1	30	30
	34	3 Capas	30	5 Capas	90			2	30	15

Finalmente el tiempo promedio que aporta una plancha es de 24 min.

Se presentará una tabla que muestra en forma esquemática y resumida la influencia de cada variable. Ésta se calculó tomando el promedio de la variación del valor único de cada variable presentada en la tabla anterior.

**Tabla N° 18.** Tabla esquemática del nivel de influencia de cada variable para la resistencia al fuego. Simbología en **Tabla N° 3.**

		Promedio [F]	Simbolo representativo
Capas	Número de capas con igual espesor	2	
	Características de la plancha	1	
Aislante	Espesor del aislante	0	
	Densidad del aislante	0	

### **3.10 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS**

La clasificación que se tiene para los tabiques genera problemas al momento de estudiar el comportamiento, puesto que los intervalos son muy amplios, pero aun así se puede observar una tendencia.

En los tres factores evaluados se observó una gran variación de los resultados, por lo que se tuvo que tomar el promedio de éstos.

Para el caso del número de capas se observó una tendencia al aumento, el que es moderado con 2 clasificaciones, además se pudo apreciar un aumento de hasta 5 clasificaciones, el más alto del estudio.

Se observó que en promedio una plancha extra aporta 24 min.

Se pudo observar que el polietileno expandido genera que los tabiques tengan una clasificación mayor (Figuras 26 y 27). Esto se debe a que al llegar a la temperatura de fusión del polietileno expandido, éste se funde y ocupa casi el mismo espacio, en comparación a los otros materiales que al fundirse disminuyen considerablemente su volumen, lo cual genera que esta capa se mantenga por un periodo mayor de tiempo hasta llegar a la temperatura donde el polietileno expandido se inflama.

En la variación del tipo de plancha, se pudo observar una dispersión menor a la observada en el número de capas, y una tendencia a mejorar, lo que nos da una mejora escasa, con un aumento de una clasificación.

Se pudo observar la mejora de una clasificación en los tabiques en que se reemplazaron las planchas por planchas resistentes al fuego (RF), lo cual tiene relación y concordancia con las características de las planchas.

Como se pudo observar en el punto 3.8.1 las figuras que tienen tabiques con 5 capas presentaron 1 o 2 clasificaciones mayores que las que tienen 3 capas, lo que confirma lo expuesto anteriormente.

En relación al espesor del aislante, se observa como tendencia que no influye en la resistencia al fuego.

La última variable evaluada es la densidad del aislante, la cual no obtuvo una dispersión, no teniendo influencia en ninguno de los casos estudiados, y por lo tanto en promedio no obtuvo influencia.



Es importante notar que en este capítulo se tomaron como valores las clasificaciones de los elementos, y no el tiempo real que resistió este, por lo tanto existe una variación que se pudo observar en la Figura N° 37 y Figura N° 42.

## **CAPÍTULO IV: AISLACIÓN TÉRMICA**

### **4.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se considera la información básica recopilada y empleada en este trabajo de título. Información relacionada con el aislamiento térmico de elementos constructivos.

Así como en el capítulo II, el aislamiento térmico es otro de los puntos importantes que determina el confort habitacional, la que puede ser entre dos recintos contiguos o un recinto interior y uno exterior. Por lo que es relevante entender cómo se comporta la transmisión de calor a través de un elemento divisorio.

En este capítulo se analizarán las variables evaluadas en los dos capítulos anteriores, las cuales son:

1. Capas
2. Aislante.
3. Banda Acústica.

### **4.2 ALCANCES**

En la muestra de soluciones tomadas se utilizaron sólo tabiques verticales.

Las soluciones constructivas para la aislación térmica se fabrican cumpliendo la normativa de cada país.

Para este trabajo de título se acotó la muestra de datos ocupada, utilizando la información pública del MINVU y la información entregada por el IDIEM, la que en este capítulo coincide con los elementos ocupados en los capítulos II y III, la cual nos da una muestra de elementos usados y aprobados en Chile.

### **4.3 METODOLOGÍA**

Para este capítulo se realizó una revisión de la literatura y normativa chilena que guardan relación con el aislamiento térmico, por lo que se consideró como muestra los tabiques ensayados en los capítulos anteriores; se calculó de forma teórica su resistencia térmica, para observar el comportamiento cuando se modifica una de sus variables más influyentes.










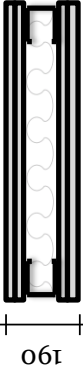
De los datos recopilados se generaron curvas comparativas para observar el comportamiento ante la variación de una de sus variables.


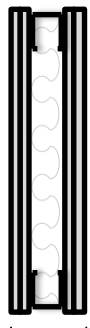


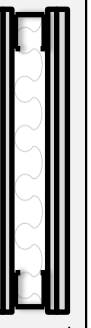


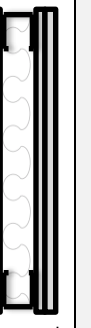
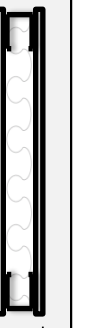
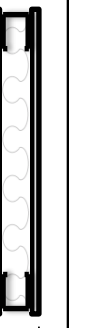
Finalmente, se entregó una tabla descriptiva del comportamiento de la aislación térmica según se modifique una de sus variables.

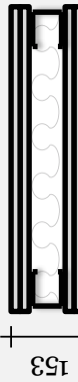









#### **4.4 MUESTRA DE TABIQUES A EVALUAR**






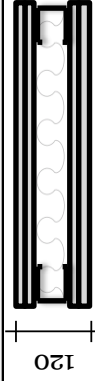

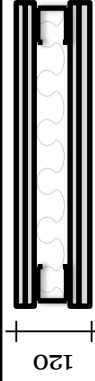

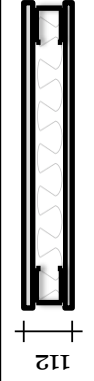
A continuación se presentará un listado de tabiques ensayados en este capítulo, entregando el número del elemento, el gráfico en el cual estará presente, un esquema, una descripción y la resistencia térmica.











**Tabla N° 19.** Listado de tabiques a analizar resistencia térmica.

Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> *K/W]
1	48		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana Mineral de 100 [mm] de espesor, 40 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	2,51
2	48		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana Mineral de 100 [mm] de espesor, 40 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	2,62
3	49		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 35 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	2,47
4	49		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 35 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	2,58
5	50		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 11 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	2,47
6	50		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 11 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	2,58
7	51		- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 100 [mm] de espesor, 80 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	2,76
8	51		- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 100 [mm] de espesor, 80 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	2,85
9	52		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 11 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	1,57
10	52		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 11 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	1,64

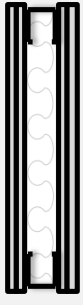

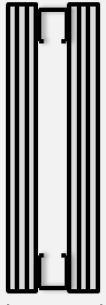

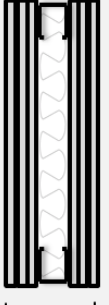


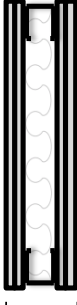


Tabique No	Figuras No	Esquema	Descripción del tabique	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> *K/W]
11	53	 110	- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 12 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	1,43
12	53	 120	- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 12 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	1,47
13	54	 130	- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 12 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	2,30
14	54	 14	- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 12 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	2,34
15	55	 120	- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	1,62
16	55	 120	- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	1,66
17	56	 130	- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	2,30
18	56	 150	- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	2,38
19	57	 123	- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 11 [Kg/m3] de densidad. - 3 Capas	2,47
20	57	 123	- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 35 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	2,47











Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> *K/W]
21	58		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	2,58
22	58		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 35 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	3,38
23	59		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,64
24	59		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,66
25	60		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,58
26	60		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,58
27	61		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	2,30
28	61		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	2,30
29	61		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	2,30
30	62		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	2,30






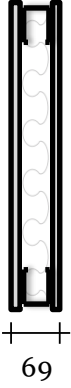




Tabique No	Figuras No	Esquema	Descripción del tabique	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> *K/W]
31	62		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 90 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	2,60
32	63		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,64
33	63		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 100 [mm] de espesor, 11 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	2,58
34	64		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,43
35	64		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 12 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	2,34
36	65		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,62
37	65		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	2,30
38	66		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,60
39	66		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	2,38
40	67		- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 90 [mm] de espesor, 80 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	2,48




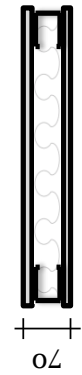
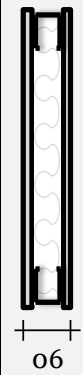
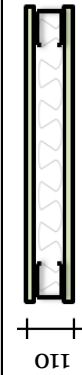
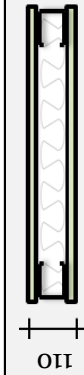
Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> *K/W]
41	67		- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 100 [mm] de espesor, 80 [Kg/m <sup>2</sup> ] de densidad - 3 Capas	2,76
42	68		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>2</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,66
43	68		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>2</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,66
44	69		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 40 [mm] de espesor, 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	1,02
45	69		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 40 [mm] de espesor, 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,12
46	70		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Polietileno Expandido de 50 [mm] de espesor, 10 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	2,23
47	70		- Yeso Cartón de 10 [mm] de espesor - Polietileno Expandido de 50 [mm] de espesor, 10 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 7 Capas	2,25
48	71		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 35 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	1,30
49	71		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 35 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,38
50	72		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	1,04



Tabique N°	Figuras N°	Esquema	Descripción del tabique	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> *K/W]
51	72		- Yeso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	1,15
52	73		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Cámara de Aire - 3 Capas	0,13
53	73		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Cámara de Aire - 7 Capas	0,31
54	74		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 40 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	1,47
55	74		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 40 [Kg/m3] de densidad - 7 Capas	1,58
56	75		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	1,06
57	75		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 4 Capas	1,11
58	75		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	1,43
59	76		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	1,35
60	76		- Yeso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	1,47

Tabique No	Figuras No	Esquema	Descripción del tabique	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> *K/W]
61	77		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Cámara de Aire - 3 Capas	0,13
62	77		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Cámara de Aire - 3 Capas	0,13
63	78		- Y eso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	1,04
64	78		- Y eso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	1,04
65	78		- Y eso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	1,03
66	79		- Y eso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	1,15
67	79		- Y eso Cartón de 12,5 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 5 Capas	1,10
68	80		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	1,07
69	80		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	1,07
70	80		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m3] de densidad - 3 Capas	1,04

Tabique No	Figuras No	Esquema	Descripción del tabique	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> *K/W]
71	80		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	1,06
72	81		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	1,35
73	81		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	1,34
74	82		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,47
75	82		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,41
76	83		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 40 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	1,07
77	83		- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor - Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 3 Capas	1,35
78	84		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 40 [mm] de espesor, 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,12
79	84		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,39
80	85		- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor - Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 40 [Kg/m <sup>3</sup> ] de densidad - 5 Capas	1,39

Tabique Nº	Figuras Nº	Esquema	Descripción del tabique	Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> *K/W]
81	85	 100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor</li> <li>- Lana Mineral de 50 [mm] de espesor, 60 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad</li> <li>- 5 Capas</li> </ul>	1,39
82	86	 115	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor</li> <li>- Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad,</li> <li>- 5 Capas</li> </ul>	1,39
83	86	 80	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Y eso Cartón de 10 [mm] de espesor</li> <li>- Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 15 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad,</li> <li>- 5 Capas</li> </ul>	1,38
84	87	 70	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor</li> <li>- Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 12,1 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad</li> <li>- 3 Capas</li> </ul>	1,35
85	87	 90	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Y eso Cartón de 15 [mm] de espesor</li> <li>- Lana de Vidrio de 50 [mm] de espesor, 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad,</li> <li>- 3 Capas</li> </ul>	1,35
86	88	 110	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor</li> <li>- Lana Mineral de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad</li> <li>- 3 Capas</li> </ul>	2,04
87	88	 110	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fibrocemento de 10 [mm] de espesor</li> <li>- Lana Mineral de 80 [mm] de espesor, 80 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad</li> <li>- 3 Capas</li> </ul>	2,04

Unidades en [mm]

## 4.5 NORMATIVA CHILENA

La O.G.U.C en su artículo 4.1.10, establece que las viviendas deben cumplir con distintas exigencias.

Tabla N° 20. Valores de U y Rt según la zona y tipo de elemento constructivo.

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U	Rt	U	Rt	U	Rt
	[W/m <sup>2</sup> K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[m <sup>2</sup> K/W]
1	0,84	1,19	4	0,25	3,6	0,28
2	0,6	1,67	3	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,7	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,6	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,5	2
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4	0,6	1,67	0,32	3,13

Como esta memoria está enfocada a tabiques verticales o muros, se presenta solo el punto referente a muro de la O.G.U.C.

### 1. Muros:

Para un complejo de muro al conjunto de elementos constructivos que lo conforman y cuyo plano de terminación interior tenga una inclinación de más de 60° sexagesimales, medidos desde la horizontal.

Las exigencias de acondicionamiento térmico para muros serán las siguientes:

a) Las exigencias señaladas en la Tabla N° 20 del presente artículo, serán aplicables sólo a aquellos muros y/o tabiques, soportantes y no soportantes, que limiten los espacios interiores de la vivienda con el espacio exterior o con uno o más locales abiertos y no será aplicable a aquellos muros medianeros que separen unidades independientes de vivienda.

b) Los recintos cerrados contiguos a una vivienda, tales como bodegas, leñeras, estacionamientos, invernadero, serán considerados como recintos abiertos para efectos de esta reglamentación, y sólo les será aplicable las exigencias de la Tabla N° 20 a los paramentos que se encuentren contiguos a la envolvente de la vivienda.

c) Para minimizar la ocurrencia de puentes térmicos en tabiques perimetrales, los materiales aislantes térmicos o soluciones constructivas especificadas en el proyecto de

arquitectura, sólo podrán estar interrumpidos por elementos estructurales, tales como pies derechos, diagonales estructurales y/o por tuberías, ductos o cañerías de las instalaciones domiciliarias.

d) En el caso de la albañilería confinada de conformidad a la definición de la NCh 2123, no será exigible el valor de U de la Tabla N° 20 en los elementos estructurales, tales como pilares, cadenas y vigas.

e) En el caso de que el complejo muro incorpore materiales aislantes, la solución constructiva deberá considerar barreras de humedad y/o de vapor, según el tipo de material incorporado en la solución constructiva y/o estructura considerada.

f) En el caso de puertas vidriadas exteriores, deberá considerarse como superficie de ventana la parte correspondiente al vidrio de la misma. Las puertas al exterior de otros materiales no tienen exigencias de acondicionamiento térmico.

B. Alternativas para cumplir las exigencias térmicas definidas en el presente artículo:

Para los efectos de cumplir con las condiciones establecidas en el Tabla N° 20 se podrá optar entre las siguientes alternativas:

1. Mediante la incorporación de un material aislante etiquetado con el R100:

Se deberá especificar y colocar un material aislante térmico, incorporado o adosado, al complejo de techumbre, al complejo de muro, o al complejo de piso ventilado cuyo R100 mínimo, rotulado según la norma técnica NCh 2251, de conformidad a lo indicado en la siguiente tabla:

**Tabla N° 21.** Valor del R100 según su tipo.

ZONA	TECHUMBRE	MUROS	PISOS VENTILADOS
	R100(*)	R100(*)	R100(*)
1	94	23	23
2	141	23	98
3	188	40	126
4	235	46	150
5	282	50	183
6	329	78	239
7	376	154	295

2. Mediante un Certificado de Ensaye otorgado por un laboratorio con inscripción vigente en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de la

Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, reglamentado por el D.S. N° 10, (V. y U.), de 2002, demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica total de la solución del complejo de techumbre, muro y piso ventilado.

3. Mediante cálculo, el que deberá ser realizado de acuerdo a lo señalado en la norma NCh 853, demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica del complejo de techumbre, muro y piso ventilado. Dicho cálculo deberá ser efectuado por un profesional competente.

4. Especificar una solución constructiva para el complejo de techumbre, muro y piso ventilado que corresponda a alguna de las soluciones inscritas en el Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico, confeccionado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

## **4.6 MARCO TEÓRICO**

La envolvente de un edificio pierde calor por transmisión cuando el ambiente exterior o interior es más frío que el otro ambiente, esto se debe a que el calor puede transmitirse con convección, conducción y radiación, lo que genera un flujo de calor a través de los elementos divisorios.

Transmisión por conducción, se produce cuando el calor se trasmite de una partícula a otra, permaneciendo las partículas en posiciones relativamente fijas entre sí, tendiendo a igual temperatura de ambos cuerpos

### **4.6.1 OBTENCIÓN DE DATOS**

Dado que el listado de soluciones térmicas del MINVU no cuenta con soluciones de tabiques comunes, y que sigan una configuración parecida a los tabiques presentados en los capítulos II y III, se optó por realizar un cálculo teórico del valor de la resistencia térmica del elemento.

El procedimiento teórico para calcular este valor, es presentado más adelante.

## **4.7 VARIABLES A EVALUAR**

### **4.7.1 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES**

Una forma de aislar en forma térmica un recinto es impidiendo que el calor se transmita de un punto a otro del muro, esto quiere decir, que el calor no viaje desde el interior de una habitación al exterior en invierno o desde el exterior al interior en verano. La finalidad de esto, es evitar los cambios bruscos de temperatura y pérdidas o ganancias de calor, según sea la ocasión.

Para lograr esta aislación térmica es necesario contar con elementos y materiales que se opongan al flujo de calor, lo que se caracteriza por tener una conductividad térmica baja.

La conductividad térmica de un material es la propiedad que hace que este transmita calor desde el lado de mayor temperatura hacia el de menor temperatura. Se define como la cantidad de calor que un material transmite en condiciones unitarias de volumen, tiempo y diferencia de temperatura.

La conductividad térmica bajo flujo térmico constante, se puede expresar como:



$$\lambda = \frac{\phi \cdot e}{t \cdot S \cdot \Delta T} \quad \text{Ecu. 2}$$

Donde:

e: Espesor.

$\phi$ : Flujo de calor.

t: Tiempo.

S: Superficie.

$\Delta T$ : Diferencial de temperatura.

Si se multiplica el inverso de la conductividad térmica, conocido como resistividad, por el espesor del material se obtiene la resistencia térmica de éste:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad \text{Ecu. 3}$$

Donde:

e: Espesor

$\lambda$ : Conductividad térmica.

La resistencia térmica, entonces, se define como la propiedad de un elemento material de oponerse al paso del calor.

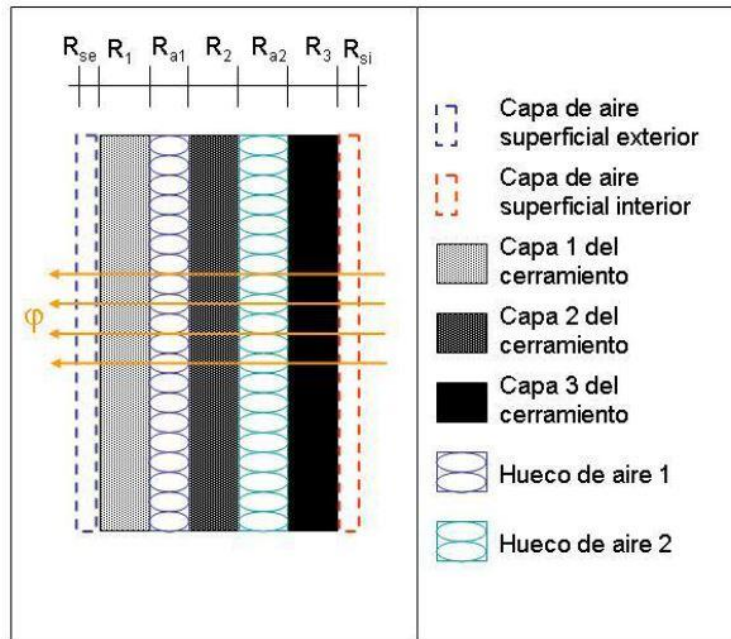
La resistencia térmica superficial está dada por:

$$R_s = \frac{1}{h} \quad \text{Ecu. 4}$$

Donde:

h: coeficiente superficial de transferencia térmica.

La resistencia térmica total de un elemento complejo formado por capas, se calcula sumando la resistencia térmica de cada capa que forma parte del elemento, las resistencias térmicas de las capas de aire adheridas a las superficies interior y exterior del elemento, además de la resistencia de las cámaras de aire que hubiesen en el interior del elemento.



**Figura N° 47.** Flujo de calor de un elemento formado por capas [18].

En la Figura N° 47 se muestra el esquema de un elemento complejo, en él  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  representan las resistencias térmicas de las capas materiales 1, 2 y 3 respectivamente,  $R_{a1}$  y  $R_{a2}$  son las resistencias de las capas de aire 1 y 2 presentes en el interior del elemento y  $R_{se}$ ,  $R_{si}$  son las resistencias de las capas de aire adherido por las caras exterior e interior respectivamente, mientras que  $\phi$  es el flujo de calor, en este caso, de interior a exterior.

La resistencia térmica total de un elemento se calcula como la suma de las resistencias de los materiales involucrados más las resistencias de las capas de aire adheridas a las superficies del elemento más las resistencias de los huecos de aire, de la siguiente manera:

$$R_t = R_{st} + \sum_1^n R_i + \sum_1^m R_{aj} + R_{se} \quad \text{Ecu. 5}$$

Donde:

$R_{st}$ : Resistencia de la capa de aire interior.

$R_i$ : Resistencia de la capa  $i$ -ésimo de material.

$R_{aj}$ : Resistencia del hueco de aire.

$R_{se}$ : Resistencia de la capa de aire exterior.

La transmitancia térmica  $U$  de un elemento, es el inverso de la resistencia térmica total y representa el flujo de calor que pasa por el elemento por  $m^2$  y diferencia de temperatura unitaria.

$$U = \frac{1}{R} \quad \text{Ecu. 6}$$

El flujo de calor que pasa a través de un elemento, en una dirección dada por unidad de superficie, se puede determinar por medio de la siguiente ecuación:

$$\varphi = U \cdot \Delta T = \frac{1}{R_t} \cdot \Delta T \quad \text{Ecu. 7}$$

## **4.8 GRÁFICOS Y ANÁLISIS**

Se realizó un estudio de los ensayos publicados por el MINVU, y se observó que los tabiques entregados y ensayados tienen formas especiales, y no estándares, como los analizados en las secciones anteriores, por lo que se realizó un estudio teoría del comportamiento de los tabiques ensayados en las secciones de aislación acústica y resistencia al fuego.

Para estos ensayos no se tomaron en cuenta los valores de la resistencia térmica de las capas de aire externas al tabique, dado que éstas no influyen en el comportamiento requerido para este trabajo de título.

Debido a que durante el análisis se realizará una observación de la mejora de la aislación acústica obtenida, se efectúa una separación de éstas tomando como referencia la máxima diferencia que existe entre los tabiques (de  $0,90 \text{ [m}^2\text{*K/W]}$ ):

- Pérdida. ( $< 0 \text{ [m}^2\text{*K/W]}$ ).
- Sin aporte. ( $= 0 \text{ [m}^2\text{*K/W]}$ ).
- Mejora escasa. ( $> 0 \text{ [m}^2\text{*K/W]}$  y  $\leq 0,3 \text{ [m}^2\text{*K/W]}$ ).
- Mejora moderada. ( $> 0,3 \text{ [m}^2\text{*K/W]}$  y  $\leq 0,6 \text{ [m}^2\text{*K/W]}$ ).
- Mejora significativa. ( $> 0,6 \text{ [m}^2\text{*K/W]}$ ).

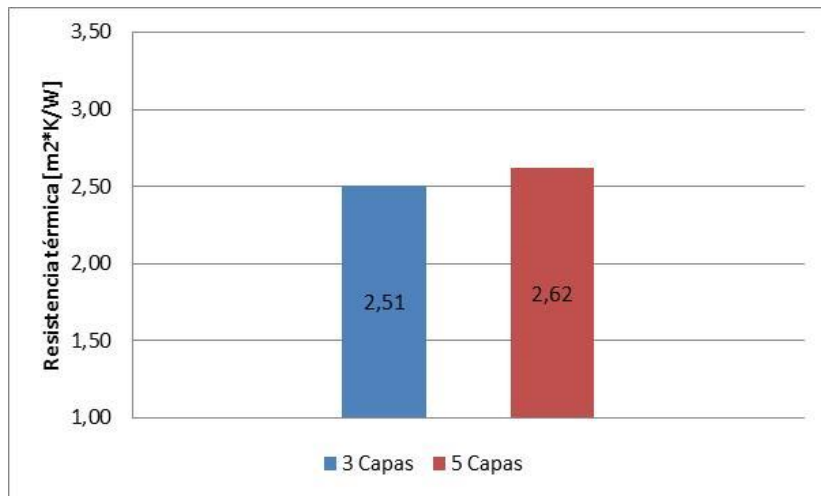
### **4.8.1 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES**

#### **4.8.1.1 ELEMENTOS DE AISLACIÓN ACÚSTICA.**

En el presente ítem se mostrarán gráficos donde se presenta la conductividad térmica total de los tabiques evaluados, dichos sistemas están diseñados como los evaluados en el capítulo II.

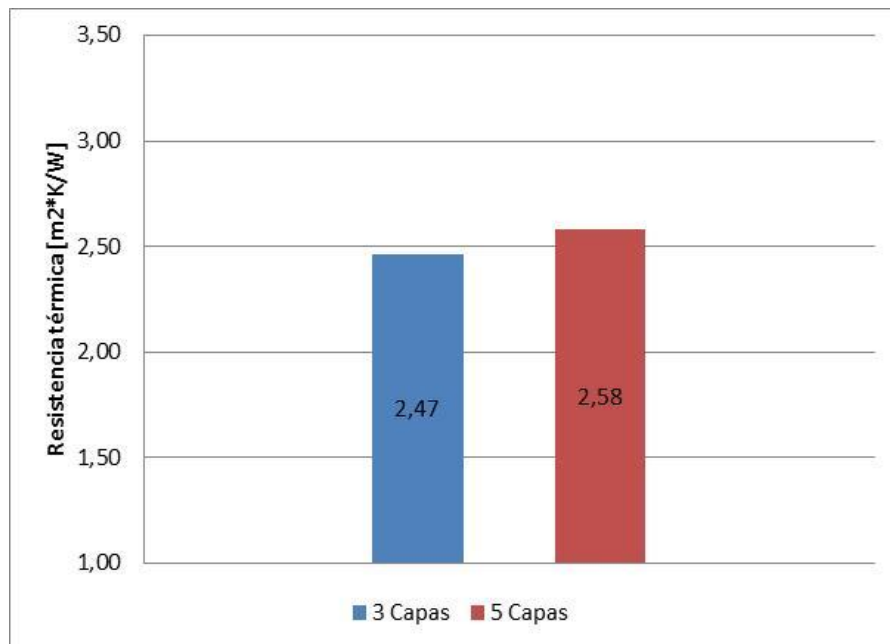
#### **Número de capas con igual espesor.**

Este apartado muestra gráficos donde se modifica la cantidad de capas y se deja fija el espesor, densidad y tipo de aislante, además del espesor y tipo de plancha.



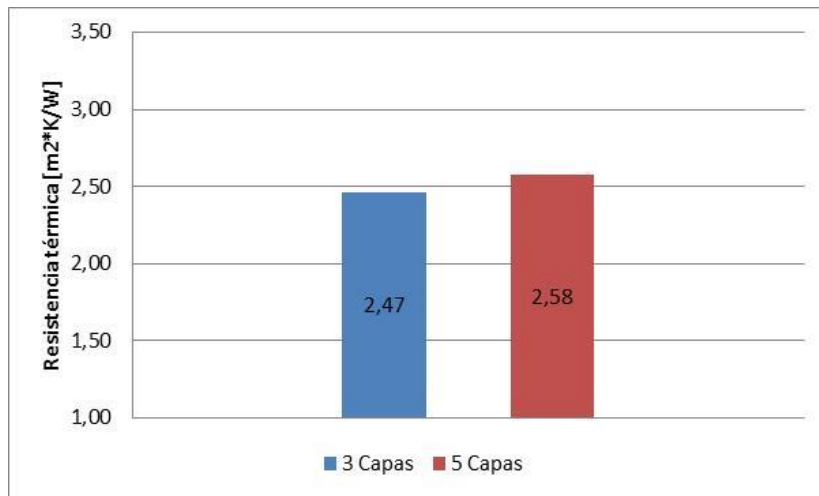
**Figura N° 48.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana mineral de 100 [mm] de espesor y 40 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

Podemos observar que en la Figura N° 48 se aprecia que un aumento en una plancha de yeso cartón de 15 [mm] por ambos extremos del tabique, genera un aumento de 0,11 [m<sup>2</sup>\*K/W].



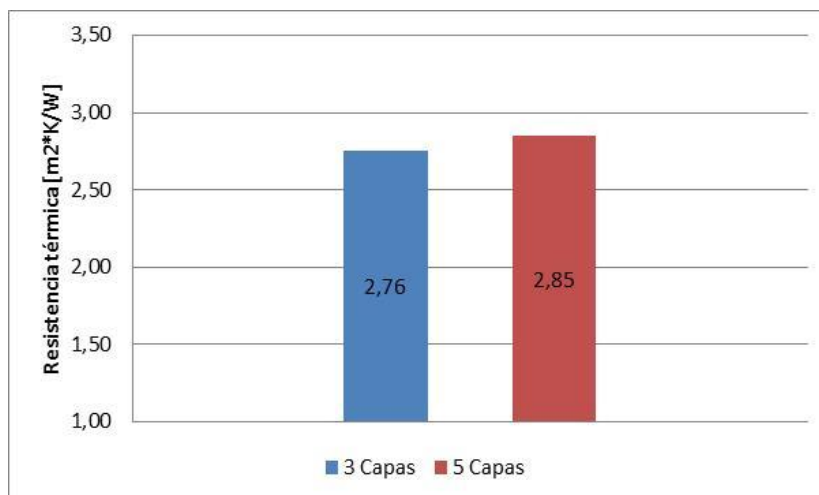
**Figura N° 49.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 100 [mm] de espesor y 35 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

Se observa en la presente figura que el aumento de una plancha de yeso cartón, de 15 [mm] por cada lado del elemento, generó nuevamente un aumento de 0,11 [m<sup>2</sup>\*K/W].



**Figura N° 50.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 100 [mm] de espesor y 11 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

Nuevamente, en la Figura N° 50 se observa el mismo comportamiento que las Figura N° 48 y Figura N° 49, con un aumento de 0,11 [m<sup>2</sup>·K/W].

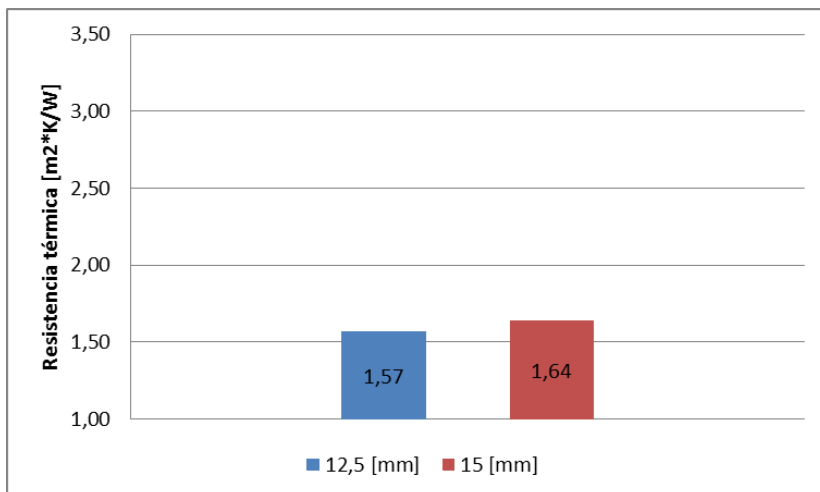


**Figura N° 51.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con capas de fibrocemento de 10 [mm] de espesor, lana mineral de 100 [mm] de espesor y 80 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

Se observa en la presente figura, que al aumentar en una plancha de fibrocemento de 10 [mm] por ambos lados del tabique, este tiene un aumento de 0,09 [m<sup>2</sup>·K/W], levemente menor que con una plancha de 15 [mm] de yeso cartón.

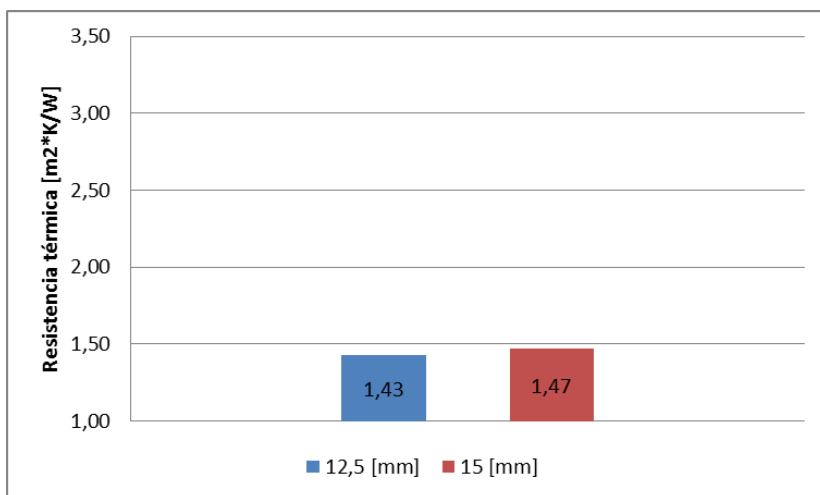
## Número de capas con espesor distinto.

Este apartado se varia el espesor de las capas, dejando fijo, la cantidad y tipo de plancha además del espesor, densidad y tipo de aislante.



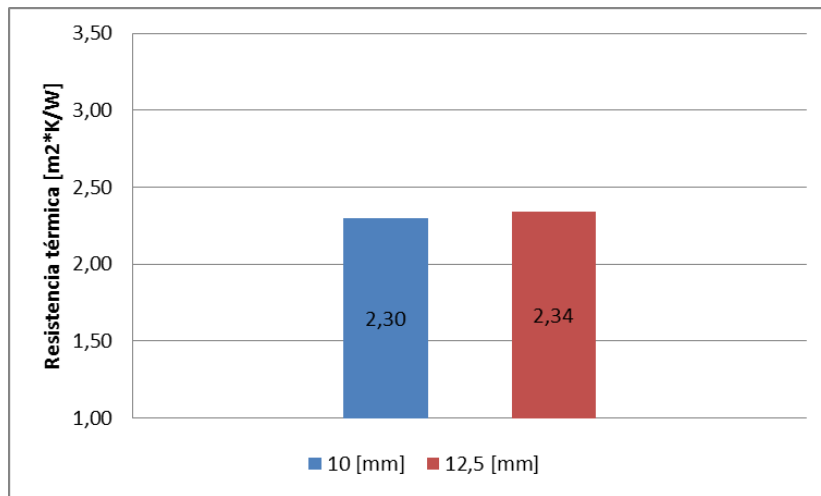
**Figura N° 52.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor, 11 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 capas.

En la Figura N° 52 se observa que al cambiar el espesor de la placa, y aumentar de 12,5 [mm] a 15 [mm], se obtiene una diferencia de 0,07 [m<sup>2</sup>\*K/W].



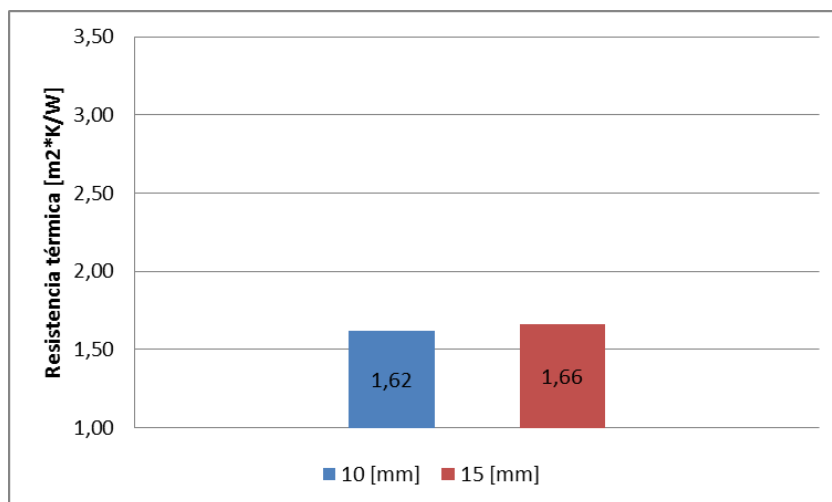
**Figura N° 53.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, lana de vidrio de 50 [mm] de espesor, 12 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 capas.

De la presente figura se observa al igual que la Figura N° 52, se obtiene un aumento, en este caso de 0,04 [m<sup>2</sup>\*K/W], por un aumento del espesor de la plancha de 12,5 [mm] a 15 [mm].



**Figura N° 54.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, lana de vidrio de 80 [mm] de espesor, 12 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 capas.

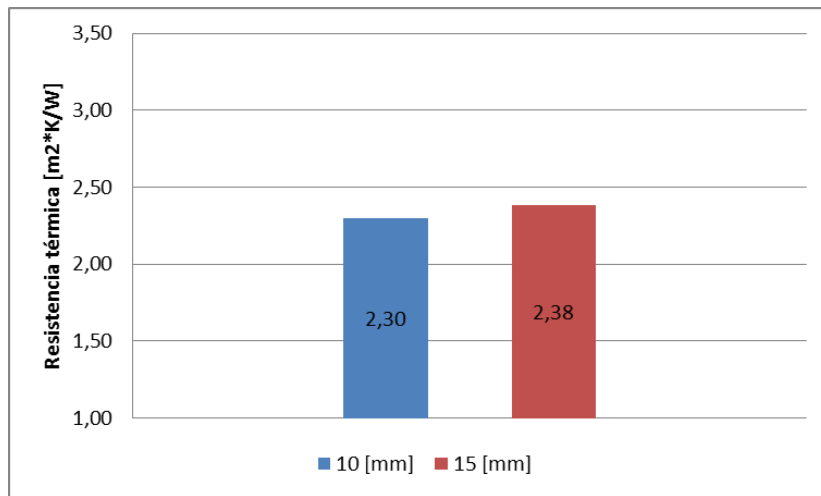
Observamos en la Figura N° 54, un aumento de 0,04 [m<sup>2</sup>\*K/W], por el cambio de dos planchas por ambos lados, de 10 [mm] a 12,5 [mm].



**Figura N° 55.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 capas.

En la figura anterior se tiene un aumento nuevamente de 0,04 [m<sup>2</sup>\*K/W], por el aumento del espesor de dos planchas por lado, de 10 [mm] a 15 [mm], siendo este aumento mayor al de la Figura N° 54.



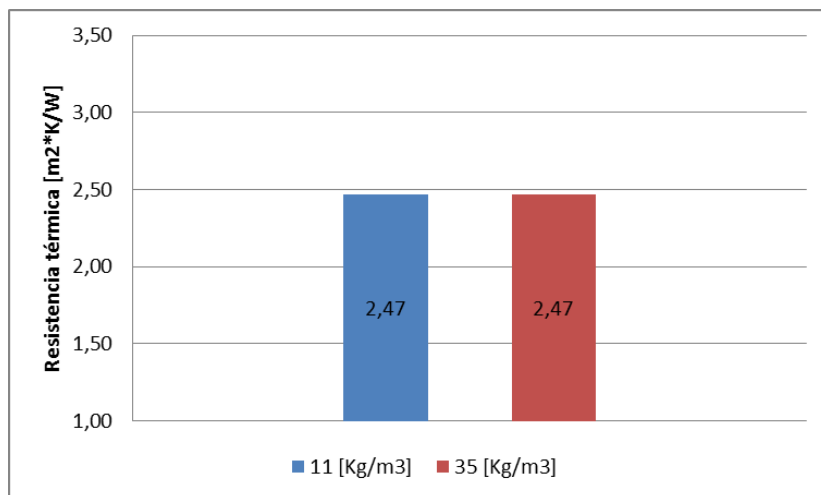


**Figura N° 56.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón, lana de vidrio de 80 [mm] de espesor, 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 capas.

En la Figura N° 56 se observa un aumento de 0,08 [m<sup>2</sup>\*K/W], mayor al experimentado en la Figura N° 55, con un aumento del espesor de dos capas por ambos lados de 10 [mm] a 15 [mm].

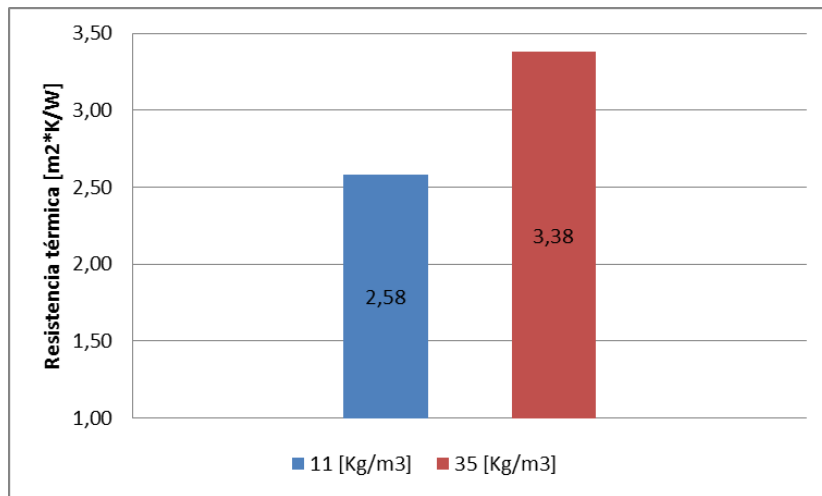
### Densidad del aislante.

A continuación se presentarán gráficos donde se varía la densidad del aislante, dejando fijo el espesor y tipo de aislante, además del espesor y cantidad de capas.



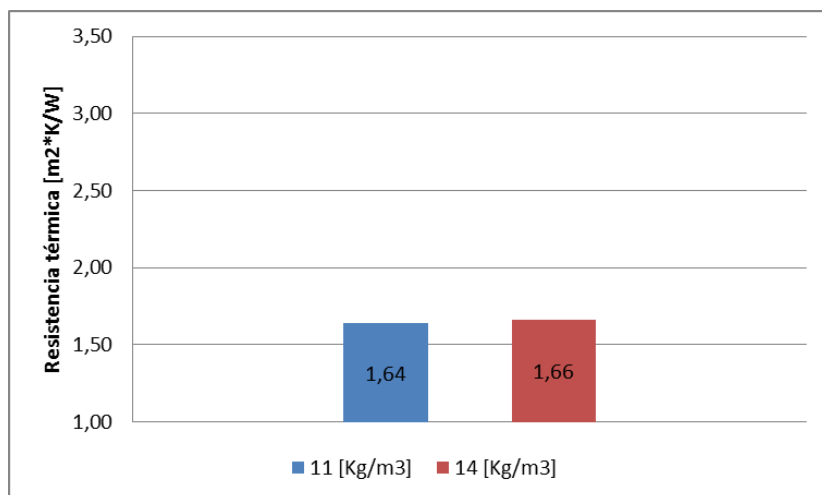
**Figura N° 57.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 100 [mm] de espesor y de 3 capas.

En la figura se observa que el cambio de densidad de la lana de vidrio, no afecta al valor de la resistencia térmica.



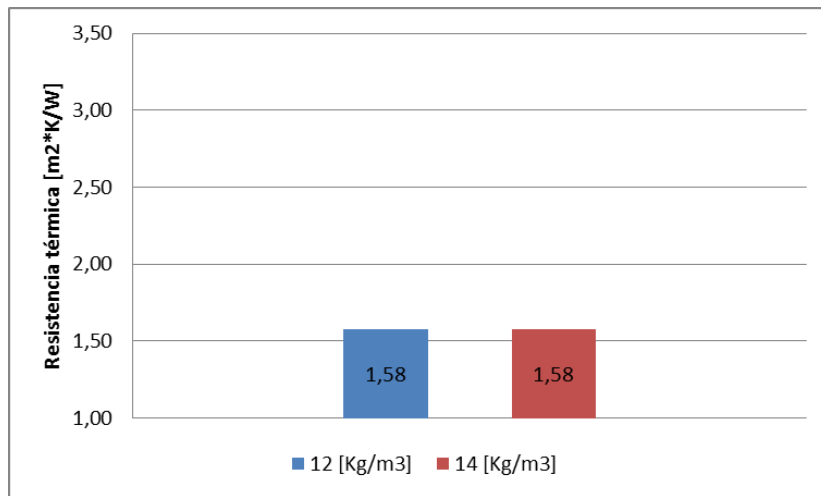
**Figura Nº 58.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 100 [mm] de espesor y 5 capas.

En la Figura Nº 58, se observa un gran aumento al compararlo con la figura anterior, esto se observa puesto que tiene una capa extra de yeso cartón.



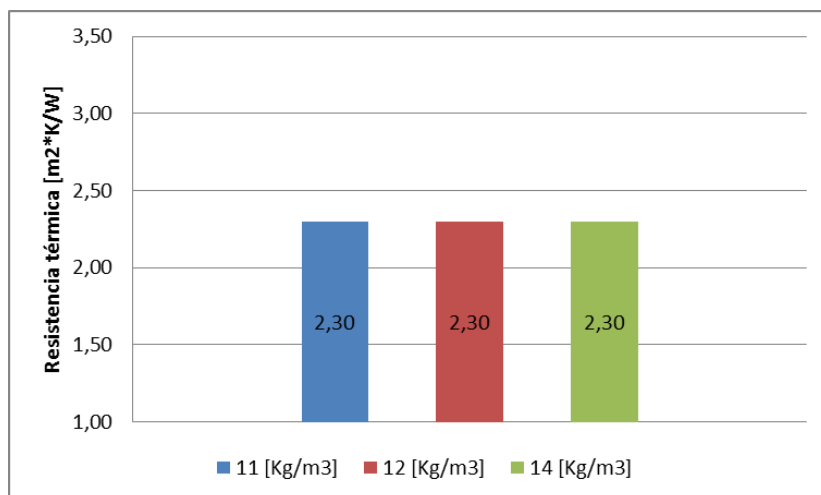
**Figura Nº 59.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor y 5 capas.

Podemos observar que una variación pequeña en la densidad de la lana de vidrio, genera un aumento de 0,02 [m²K/W].



**Figura N° 60.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor y 5 capas.

Observamos que un aumento en la densidad de la lana de vidrio no generó variación en la resistencia térmica.

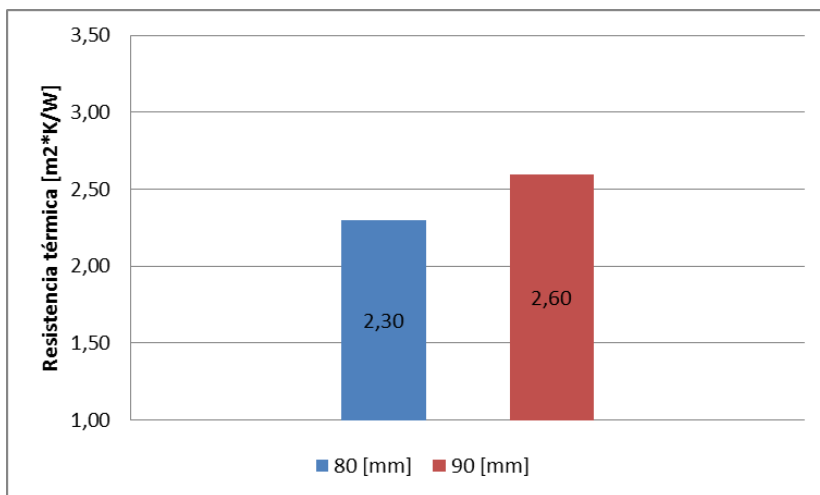


**Figura N° 61.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de 80 [mm] de espesor y 5 capas.

Podemos observar en la Figura N° 61 que la variación de la densidad de la lana de vidrio, de 11 a 12 y finalmente a 14 [Kg/m3], no generó una variación en la resistencia térmica.

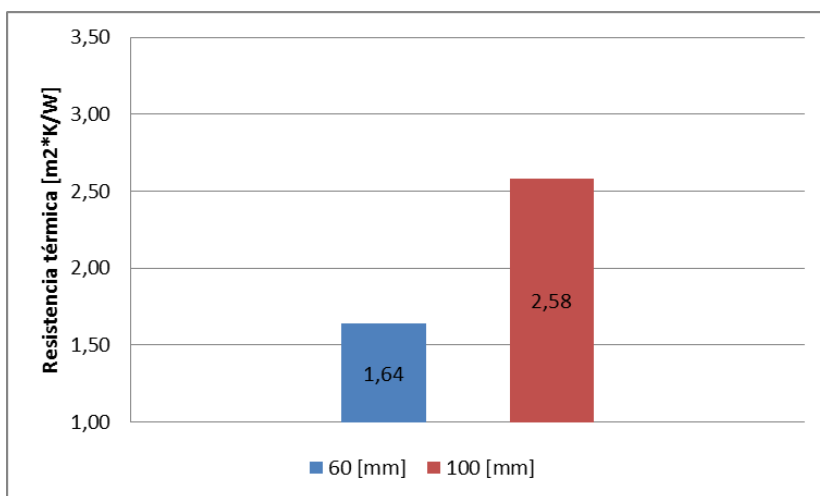
## Espesor del aislante.

En el presenta apartado se mostrarán gráficos donde se varia el espesor del aislante, dejando fijo las otras variables como lo son el espesor y tipo de aislante, además de la cantidad y espesor de las capas.



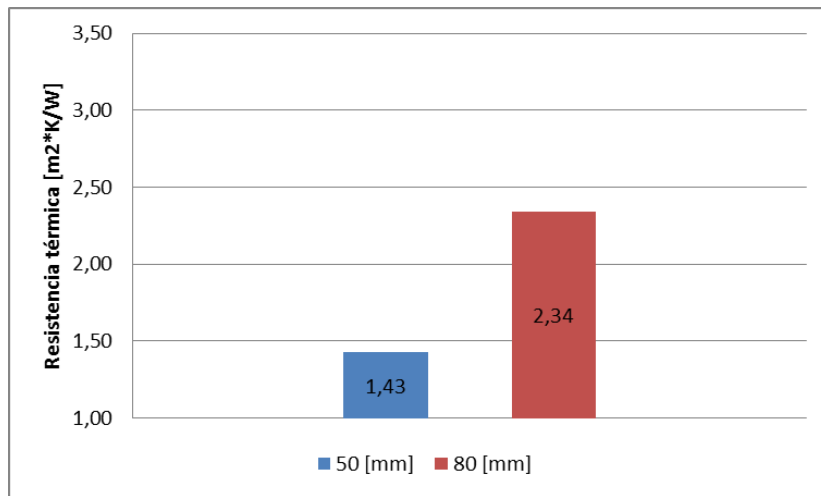
**Figura N° 62.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de 11 [Kg/m³] de densidad y 5 capas.

En la presente figura observamos cómo una variación de 10 mm en el espesor de la lana de vidrio, generó un aumento de 0,10 [m²·K/W] la resistencia térmica del elemento.



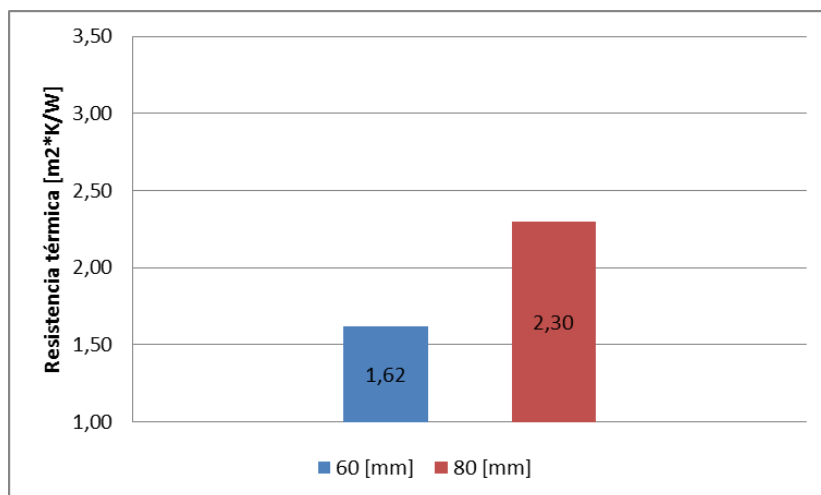
**Figura N° 63.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 11 [Kg/m³] de densidad y 5 capas.

Se observa cómo al aumentar el espesor de una lana de vidrio, de 60 [mm] a 100 [mm], este generó un aumento de 0,94, la mayor de todas las figuras.



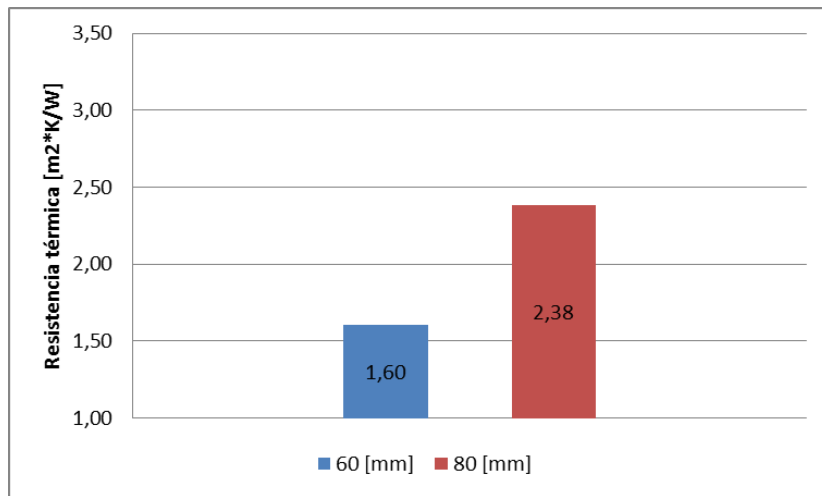
**Figura N° 64.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor, lana de vidrio de 12 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 capas.

Observamos cómo en la Figura N° 64, al aumentar 30 [mm] el espesor de la lana de vidrio se obtuvo un aumento de 0,91 [m<sup>2</sup>·K/W], siendo el segundo mayor.



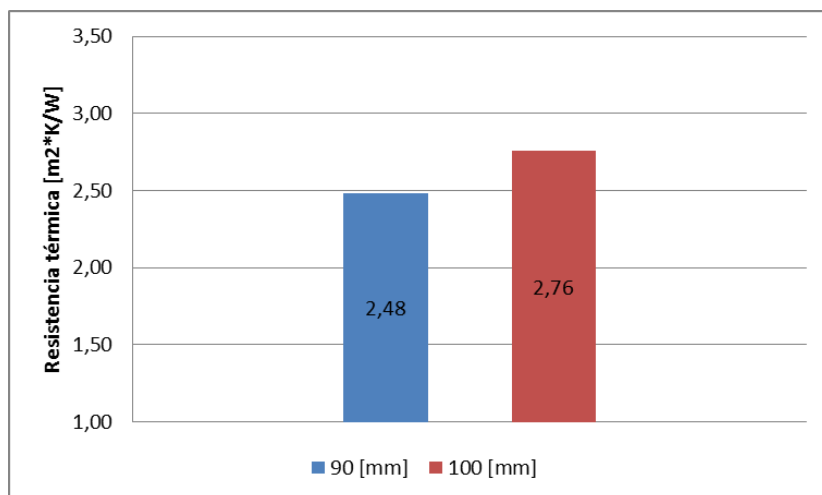
**Figura N° 65.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 capas.

Al igual que en las figuras anteriores se tiene un aumento de 0,68 [Kg/m<sup>3</sup>], que se debe a un aumento de 20 [mm] en el espesor de la lana de vidrio.



**Figura N° 66.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 capas.

Se tiene en la Figura N° 66, que el aumento de 20 [mm] en el espesor de la lana de vidrio, genera un aumento de 0,78 [m<sup>2</sup>\*K/W] en la resistencia térmica.

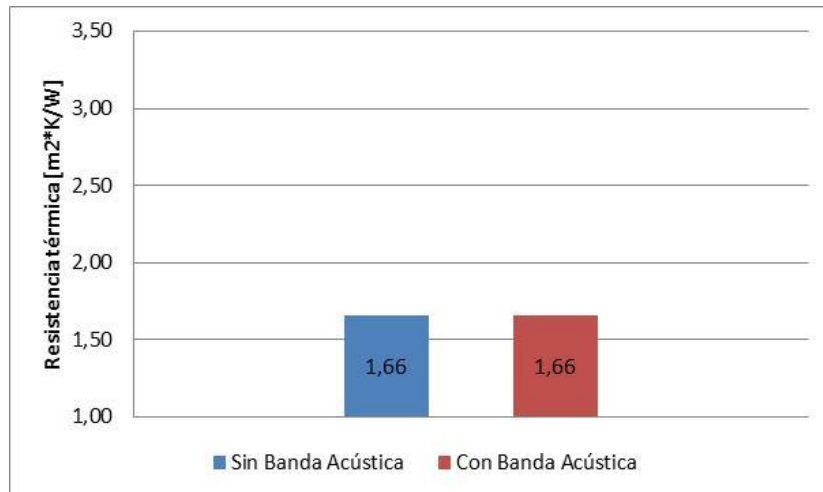


**Figura N° 67.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con dos capas de fibrocemento de 10 [mm] de espesor, lana de mineral de 80 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 3 capas.

Un aumento de 10 mm en el espesor de la lana mineral, presentados en la Figura N° 67, generó un aumento de 0,28.

## Banda acústica.

A continuación se mostrara un gráfico donde se observa la diferencia entre un tabique con y sin banda acústica.



**Figura N° 68.** Aislación térmica, elementos de aislación acústica. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de 60 [mm] de espesor, 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad y 5 capas

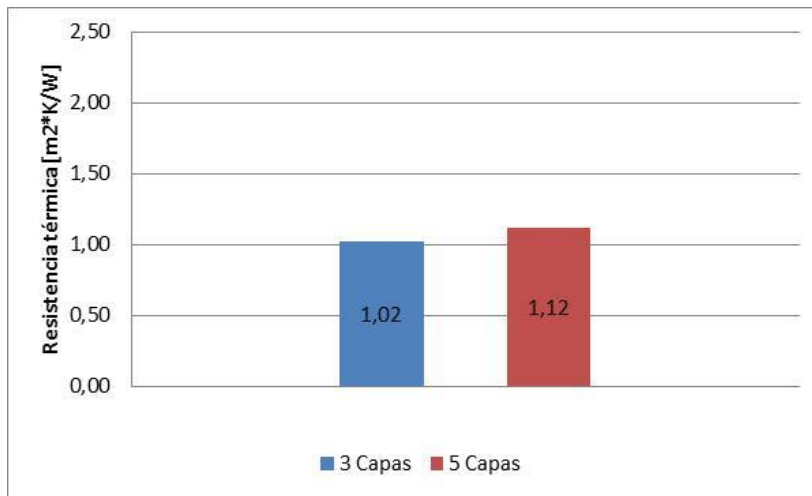
Se observa en la Figura N° 68 que no existe influencia entre un tabique sin banda acústico y un tabique con banda acústica completa.

### 4.8.1.2 ELEMENTOS DE RESISTENCIA AL FUEGO

En el presente ítem se mostrarán gráficos donde se presenta la conductividad térmica total de los tabiques evaluados, dichos sistemas están diseñados como los evaluados en el capítulo III.

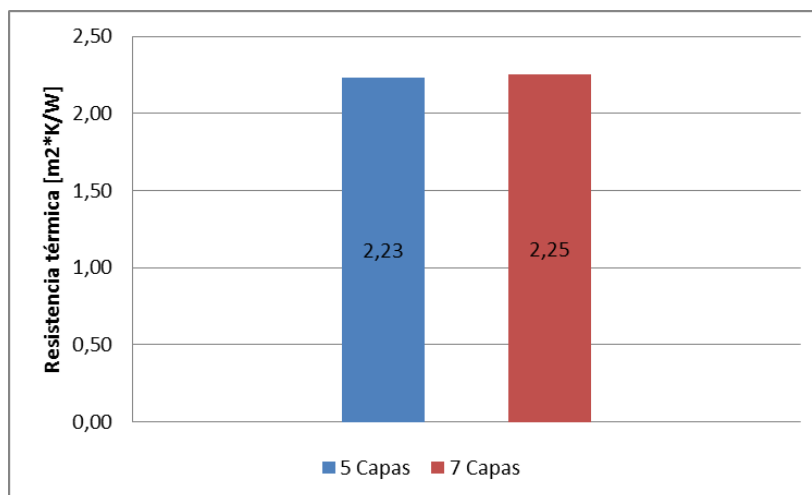
#### Número de capas con iguale espesor.

Este apartado muestra gráficos donde se modifica la cantidad de capas y se deja fijo el espesor, densidad y tipo de aislante, además del espesor y tipo de plancha.



**Figura N° 69.** Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de mineral de 40 [mm] de espesor y 40 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

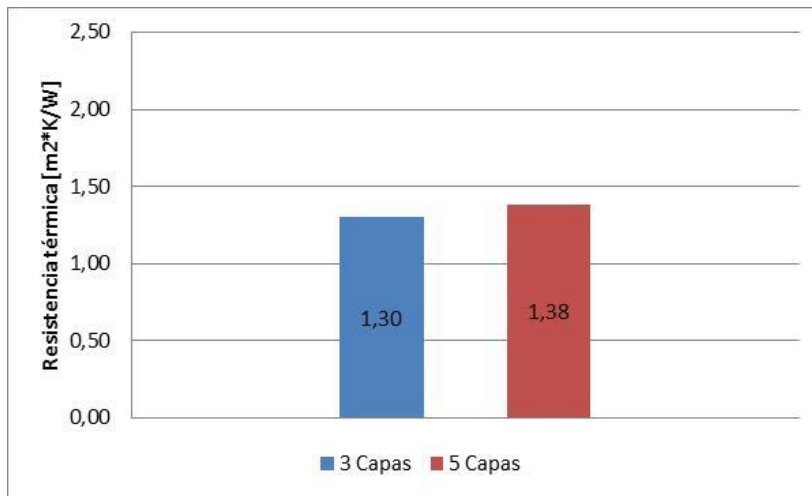
Se observa un aumento de 0,1 [m<sup>2</sup>·K/W] al aumentar el número de 3 a 5 capas de yeso cartón de 10 [mm], en la Figura N° 69.



**Figura N° 70.** Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, polietileno expandido de 50 [mm] de espesor y 10 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

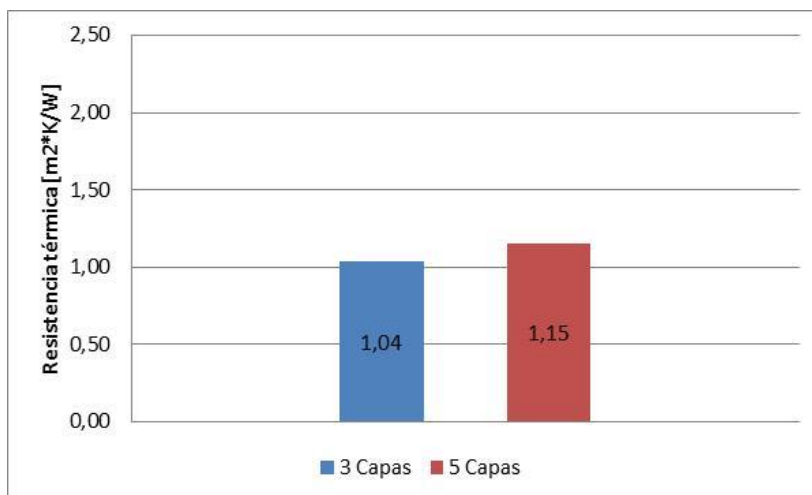
Observamos en la Figura N° 70, se observa una variación de 0,02 [m<sup>2</sup>·K/W], al aumentar de 5 a 7 capas.





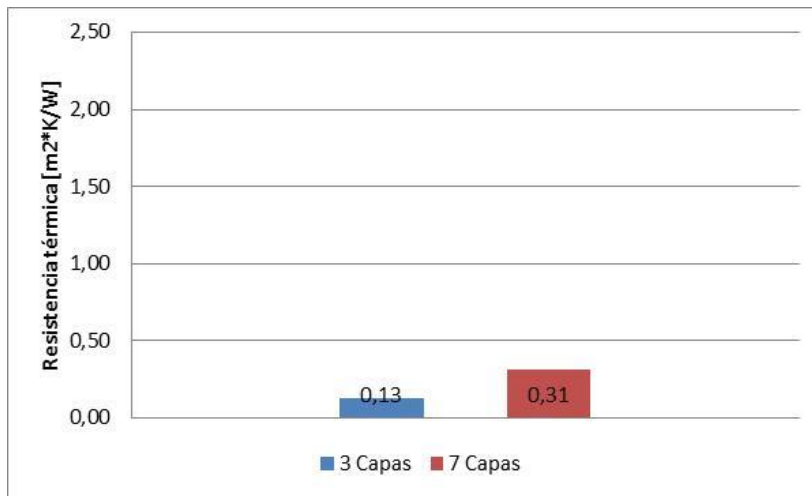
**Figura N° 71.** Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor, lana mineral de 50 [mm] de espesor y 35 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

En la presente figura se observa un aumento de 0,08 [m<sup>2</sup>·K/W], al aumentar en una plancha de yeso cartón de 12,5 [mm] por cada lado.



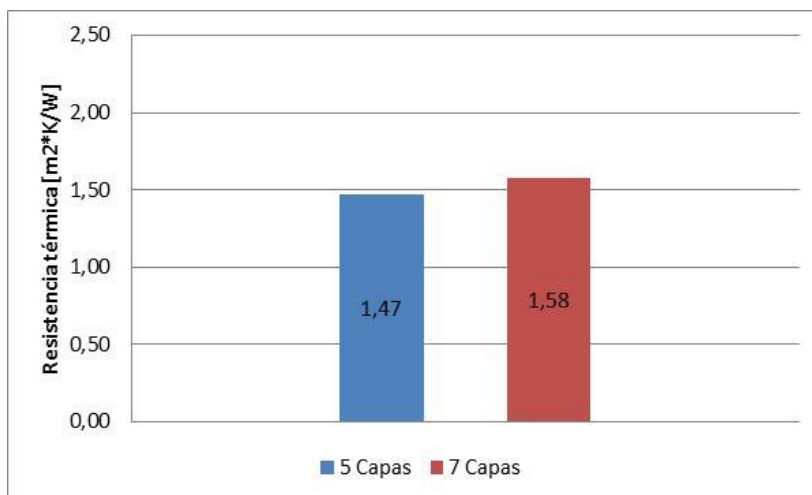
**Figura N° 72.** Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor, lana de vidrio de 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

Observamos en la Figura N° 72 un aumento de 0,11 [m<sup>2</sup>·K/W], por el aumento de una plancha de yeso cartón de 12,5 [mm] por cada lado.



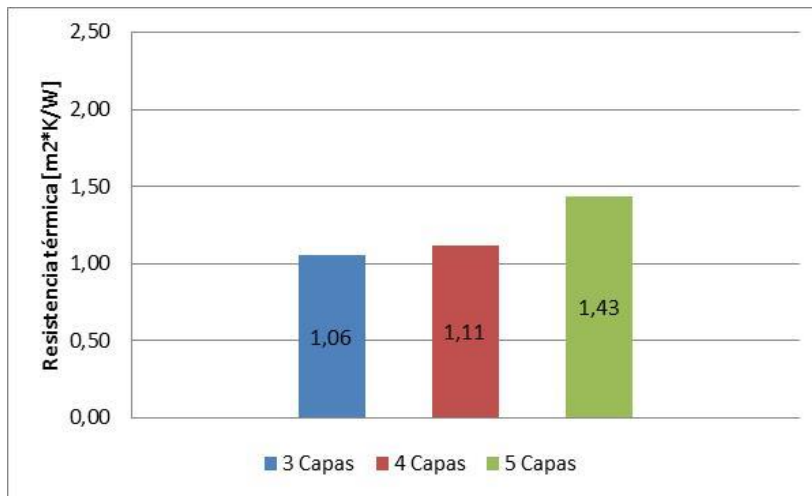
**Figura N° 73.** Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor y una cámara de aire.

Se observa en la presente figura un aumento de 0,18 [m²·K/W], al pasar de tener una a tener 3 planchas de yeso cartón de 15 [mm].



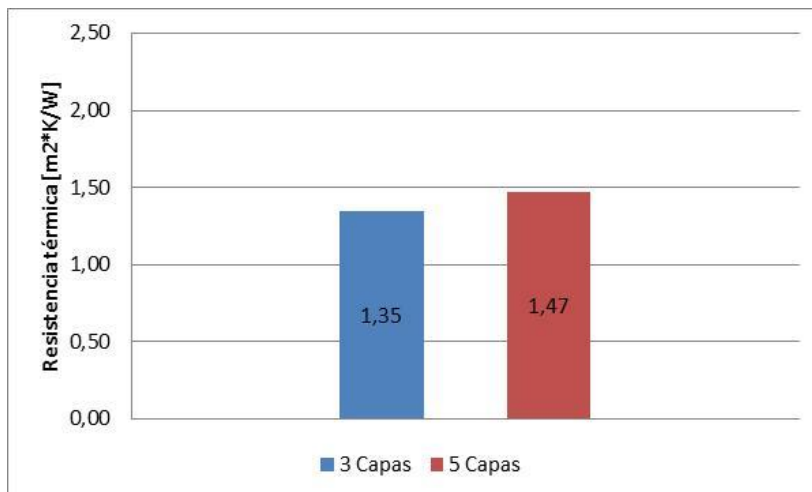
**Figura N° 74.** Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana mineral de 50 [mm] de espesor y 40 [Kg/m³] de densidad.

Observamos un aumento de 0,11 [m²·K/W], presente en la Figura N° 74, esto al aumentar de 2 a 3 planchas de yeso cartón de 15 [mm].



**Figura N° 75.** Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana vidrio de 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

Se observa en la Figura N° 75 el aumento de una plancha de yeso cartón de 15 [mm] -por un solo lado- generó un aumento de 0,05 [m<sup>2</sup>·K/W], pero colocar una plancha por cada lado generó un aumento de 0,47 [m<sup>2</sup>·K/W].

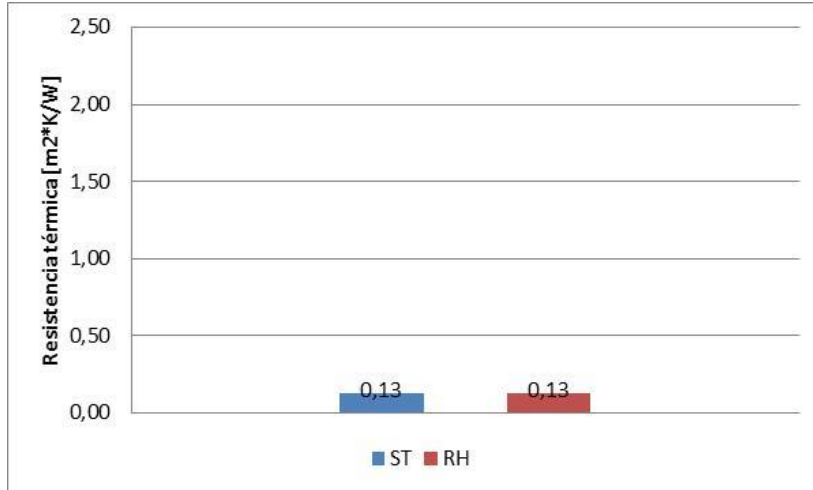


**Figura N° 76.** Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana vidrio de 50 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad.

Se observa en la presente figura un aumento de 0,12 [m<sup>2</sup>·K/W], al aumentar en una plancha de yeso cartón de 15 [mm] por cada lado.

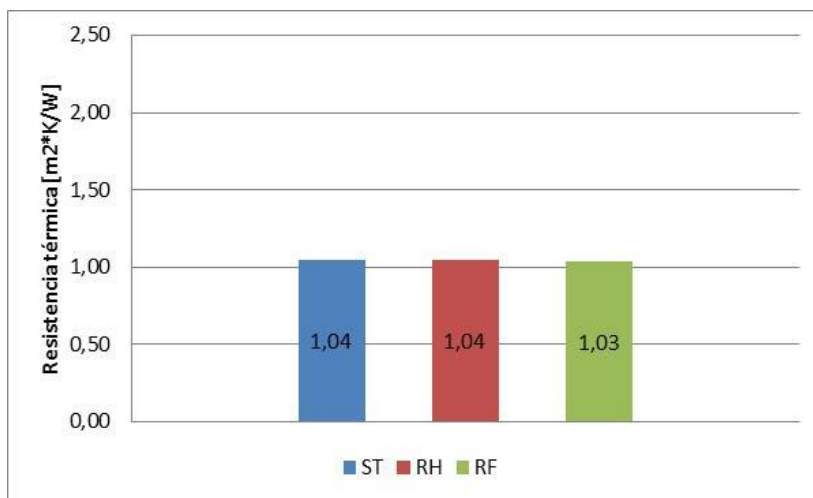
### **Características de la plancha.**

En el presente apartado se comparan tabiques con distintas características de las planchas, dejando fijo el espesor y cantidad, además del espesor, densidad y tipo de aislante.



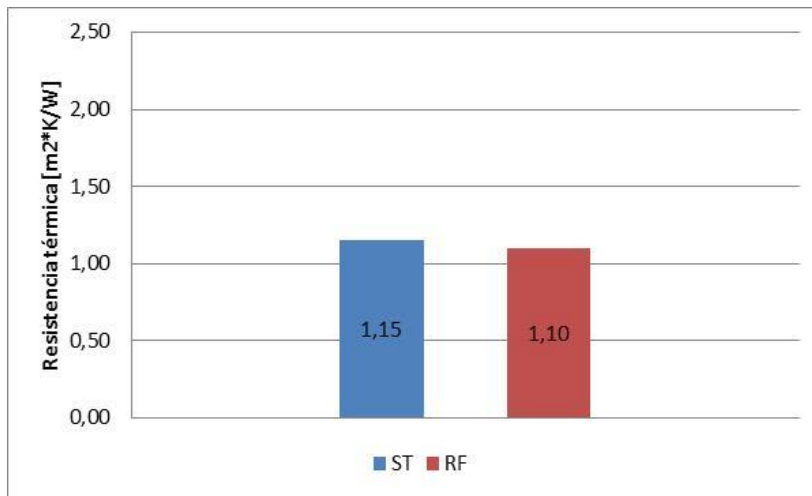
**Figura N° 77.** Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, aire separando las placas y 3 Capas.

No se observa una variación en la resistencia térmica al cambiar una plancha de yeso cartón estándar por una resistente a la humedad.



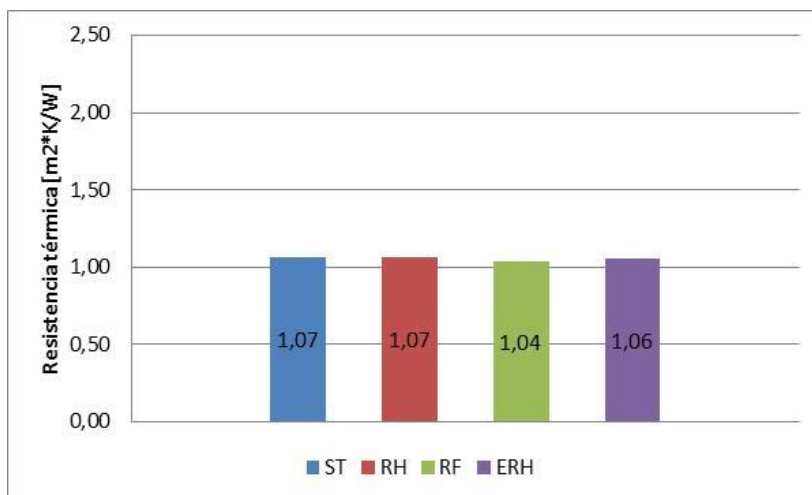
**Figura N° 78.** Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio 40 [mm] de espesor densidad 14 [Kg/m³] y 3 Capas.

Se observa que casi no existe variación en la resistencia térmica al variar de tipo de plancha, entre una estándar, una resistente a la humedad y una resistente al fuego.



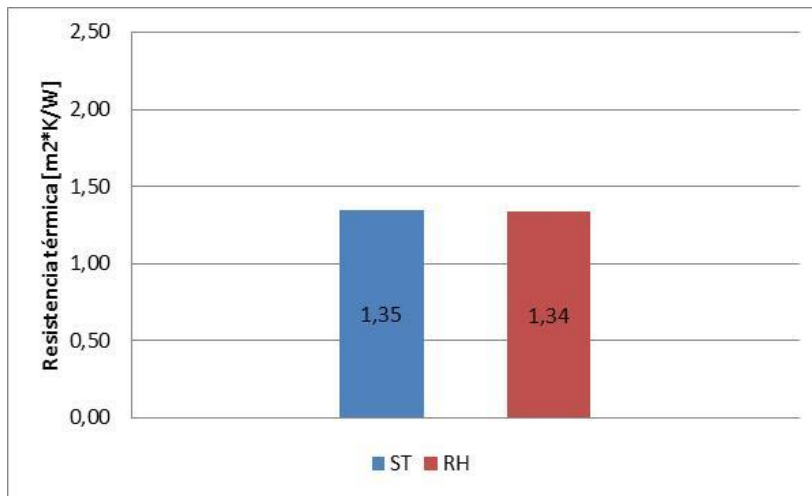
**Figura N° 79.** Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 12,5 [mm] de espesor, lana de vidrio 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad, y 5 Capas.

En la Figura N° 79 se observa una pérdida de 0,05 [m<sup>2</sup>·K/W] ante un cambio del tipo de plancha.



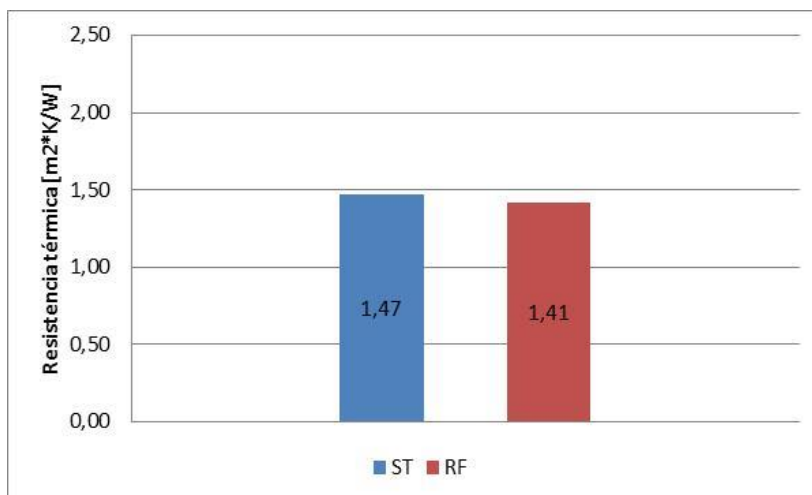
**Figura N° 80.** Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio 40 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad, y 3 Capas.

En la presente figura se observa que no existe diferencia entre una plancha estándar y una resistente a la humedad, pero al compararla con una plancha resistente al fuego se observa una disminución de 0,02 [m<sup>2</sup>·K/W], y respecto a una plancha extra resistente hidro, una disminución de 0,01 [m<sup>2</sup>·K/W].



**Figura N° 81.** Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con dos capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio 50 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad, y 3 Capas.

Se observa en la Figura N° 81 una disminución de 0,01 [m<sup>2</sup>·K/W] entre una plancha estándar y una resistente a la humedad.

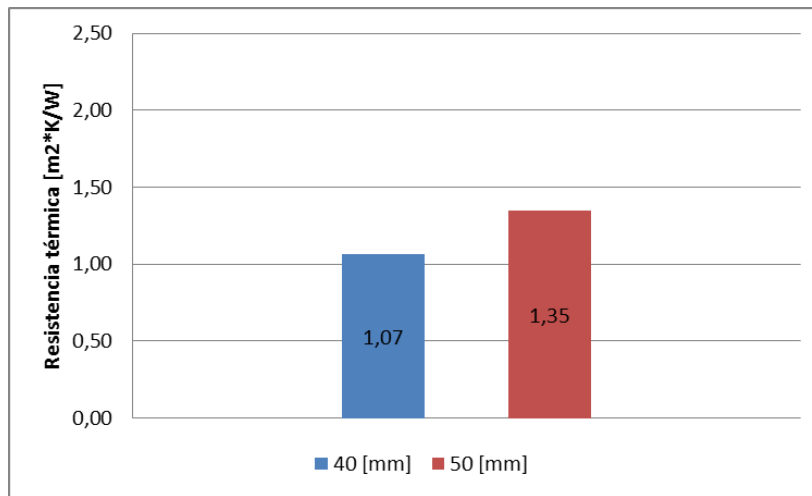


**Figura N° 82.** Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio 50 [mm] de espesor y 14 [Kg/m<sup>3</sup>] de densidad, y 5 Capas.

Se observa en la Figura N° 82 una disminución de 0,06 [m<sup>2</sup>·K/W] entre una plancha estándar y una resistente al fuego.

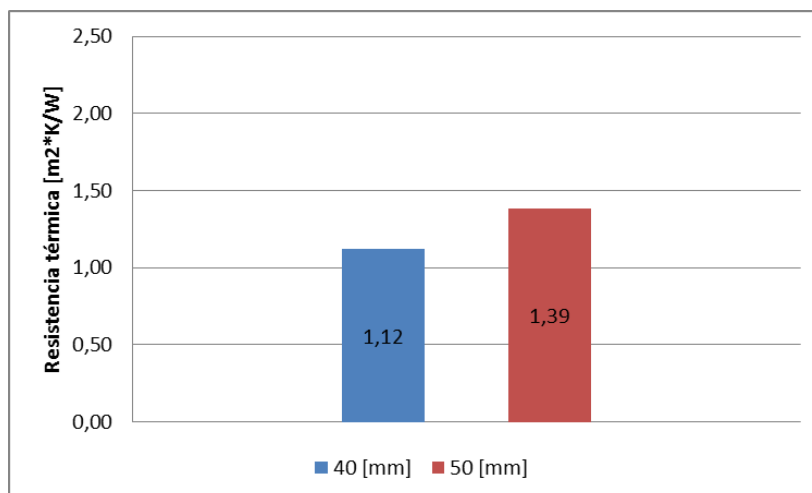
### **Espesor del aislante.**

En el presenta apartado se muestran gráficos donde se varía el espesor del aislante, dejando fijas las otras variables, como lo son el espesor y tipo de aislante, además de la cantidad y espesor de las capas.



**Figura N° 83.** Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con dos capas de yeso cartón estándar de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio con una densidad de 14 [Kg/m<sup>3</sup>] y 3 Capas.

Se observa en la Figura N° 83 un aumento de 0,28 [m<sup>2</sup>·K/W], por el aumento de 40 [mm] a 50 [mm] en el espesor de la lana de vidrio.

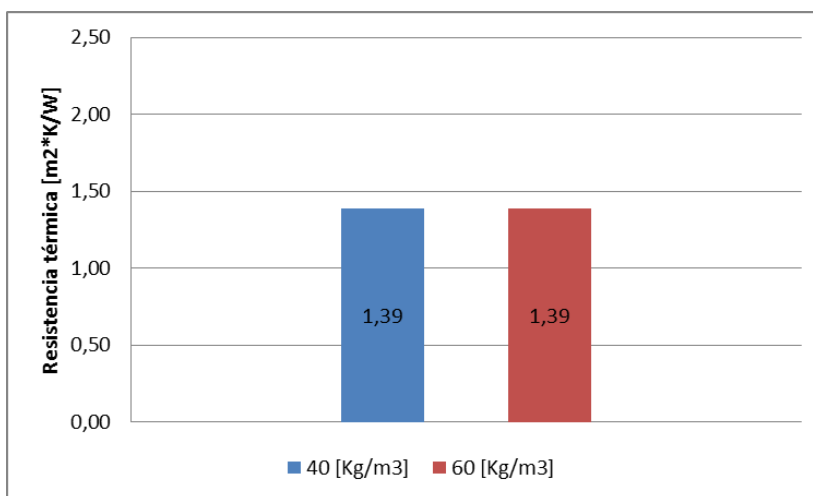


**Figura N° 84.** Aislación térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón de 10 [mm] de espesor, lana de mineral con una densidad de 40 [Kg/m<sup>3</sup>] y 5 Capas.

En la presente figura, se observa un aumento de 0,18 [m<sup>2</sup>·K/W], por el aumento de 40 [mm] a 50 [mm] en el espesor de la lana de vidrio.

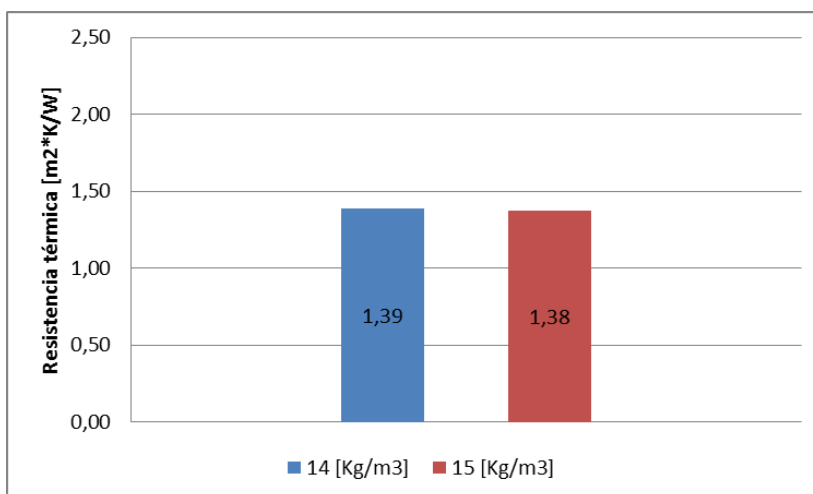
### Densidad del aislante.

A continuación se presentarán gráficos donde se varía la densidad del aislante, dejando fijo el espesor y tipo de aislante, además del espesor y cantidad de capas.



**Figura N° 85.** Resistencia térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón estándar de 10 [mm] de espesor, lana de mineral de espesor 50 [mm] y 5 Capas.

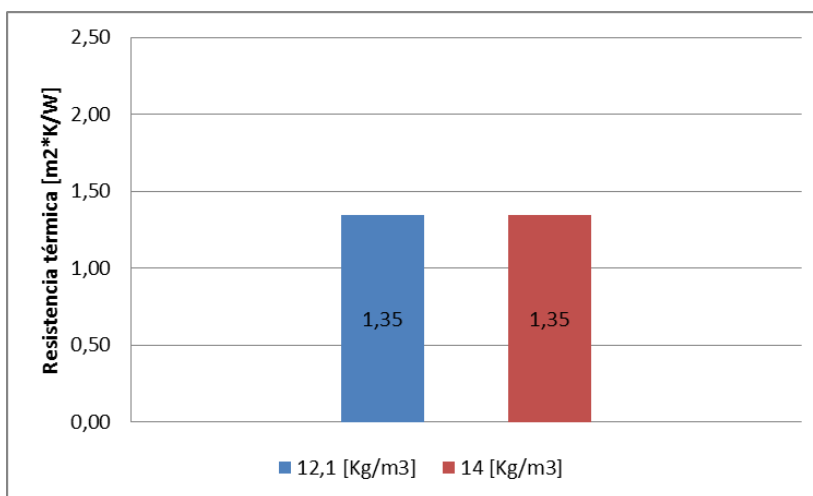
Se observa en la Figura N° 81 que no existe variación de la resistencia térmica, al aumentar la densidad del aislante de 40 [Kg/m3] a 60 [Kg/m3].



**Figura N° 86.** Resistencia térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con cuatro capas de yeso cartón estándar de 10 [mm] de espesor, lana de vidrio de espesor 50 [mm] y 5 Capas.

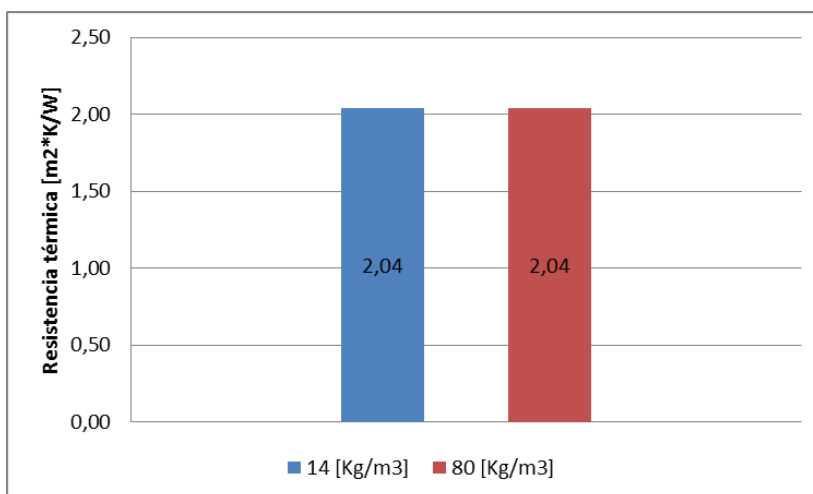
Se observa en la Figura N° 86 una disminución de 0,01 [m2\*K/W], al aumentar la densidad del aislante de 14 [Kg/m3] a 15 [Kg/m3].





**Figura N° 87.** Resistencia térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con dos capas de yeso cartón estándar de 15 [mm] de espesor, lana de vidrio de espesor 50 [mm] y 3 Capas.

En la presente figura, no se observa un aumento ni disminución de la resistencia térmica, por el aumento de la densidad de 12,1 [Kg/m3] a 14 [Kg/m3].



**Figura N° 88.** Resistencia térmica, elementos de resistencia al fuego. Tabique formado con dos capas de fibrocemento estándar de 10 [mm] de espesor, lana de mineral de espesor 80 [mm] y 3 Capas.

En la Figura N° 88 no se observa variación de la resistencia térmica, al variar la densidad del aislante de 14 [Kg/m3] a 80 [Kg/m3].

## 4.9 TABLA RESUMEN

A continuación se presenta un resumen de las figuras que tienen relación con los ensayos de aislación acústica y resistencia al fuego que fueron presentadas en el apartado anterior, en la cual se presentará la variable, el número de la figura donde está presente, la variable que se modifica para dicho tabique, la resistencia térmica, la variación de la resistencia térmica y la influencia que estos tienen.







**Tabla Nº 22.** Resumen resistencia térmica.

Figura No	RT 1 [m <sup>2</sup> *K/W]		RT 2 [m <sup>2</sup> *K/W]		RT 3 [m <sup>2</sup> *K/W]		RT 4 [m <sup>2</sup> *K/W]		Variación de RT	Incidencia
	Var.	Capas	Var.	Capas	Var.	Capas	Var.	Capas		
48	3 Capas	2,51	5 Capas	2,62					0,12	Escasa
49	3 Capas	2,47	5 Capas	2,58					0,12	Escasa
50	3 Capas	2,47	5 Capas	2,58					0,12	Escasa
51	3 Capas	2,76	5 Capas	2,85					0,09	Escasa
69	3 Capas	1,02	7 Capas	1,12					0,10	Escasa
70	5 Capas	2,23	7 Capas	2,25					0,02	Escasa
71	3 Capas	1,30	5 Capas	1,38					0,08	Escasa
72	3 Capas	1,04	5 Capas	1,15					0,11	Escasa
73	3 Capas	0,13	7 Capas	0,31					0,18	Escasa
74	5 Capas	1,47	7 Capas	1,58					0,11	Escasa
75	3 Capas	1,06	4 Capas	1,11	5 Capas	1,43			0,32	Moderado
76	3 Capas	1,35	5 Capas	1,47					0,13	Escasa
52	12,5 [mm]	1,57	15 [mm]	1,64					0,07	Escasa
53	12,5 [mm]	1,43	15 [mm]	1,47					0,04	Escasa
54	10 [mm]	2,30	12,5 [mm]	2,34					0,04	Escasa
55	10 [mm]	1,62	15 [mm]	1,66					0,04	Escasa
56	10 [mm]	2,30	15 [mm]	2,38					0,08	Escasa
77	ST	0,13	RH	0,13					0,00	Sin Influencia
78	ST	1,04	RH	1,04	RF	1,03			0,00	Sin Influencia
79	ST	1,15	RF	1,10					-0,05	Perdida
80	ST	1,07	RH	1,07	RF	1,04	ERH	1,06	0,02	Escasa
81	ST	1,35	RH	1,34					-0,01	Perdida
82	ST	1,47	RF	1,41					-0,06	Perdida

Figura N°	RT 1 [m <sup>2</sup> *K/W]		RT 2 [m <sup>2</sup> *K/W]		RT 3 [m <sup>2</sup> *K/W]		RT 4 [m <sup>2</sup> *K/W]		Variación de RT	Incidencia
	Var.	[Kg/m <sup>3</sup> ]	Var.	[Kg/m <sup>3</sup> ]	Var.	[Kg/m <sup>3</sup> ]	Var.	[Kg/m <sup>3</sup> ]		
Densidad del aislante	57	11 [Kg/m <sup>3</sup> ]	2,47	35 [Kg/m <sup>3</sup> ]	2,47				0,00	Sin Influencia
	58	11 [Kg/m <sup>3</sup> ]	2,58	35 [Kg/m <sup>3</sup> ]	3,38				0,80	Significativa
	59	11 [Kg/m <sup>3</sup> ]	1,64	14 [Kg/m <sup>3</sup> ]	1,66				0,02	Escasa
	60	12 [Kg/m <sup>3</sup> ]	1,58	14 [Kg/m <sup>3</sup> ]	1,58				0,00	Sin Influencia
	61	11 [Kg/m <sup>3</sup> ]	2,30	12 [Kg/m <sup>3</sup> ]	2,30	14 [Kg/m <sup>3</sup> ]	2,3		0,00	Sin Influencia
	85	40 [Kg/m <sup>3</sup> ]	1,39	60 [Kg/m <sup>3</sup> ]	1,39				0,00	Sin Influencia
	86	14 [Kg/m <sup>3</sup> ]	1,39	15 [Kg/m <sup>3</sup> ]	1,38				-0,01	Perdida
	87	12,1 [Kg/m <sup>3</sup> ]	1,35	14 [Kg/m <sup>3</sup> ]	1,35				0,00	Sin Influencia
Aislante	88	14 [Kg/m <sup>3</sup> ]	2,04	80 [Kg/m <sup>3</sup> ]	2,04				0,00	Sin Influencia
	62	80 [mm]	2,30	90 [mm]	2,60				0,30	Escasa
	63	60 [mm]	1,64	100 [mm]	2,58				0,94	Significativa
	64	50 [mm]	1,43	80 [mm]	2,34				0,91	Significativa
	65	60 [mm]	1,62	80 [mm]	2,30				0,68	Significativa
	66	60 [mm]	1,60	80 [mm]	2,38				0,78	Significativa
	67	90 [mm]	2,48	100 [mm]	2,76				0,27	Escasa
	83	40 [mm]	1,07	50 [mm]	1,35				0,28	Escasa
Banda acústica	84	40 [mm]	1,12	50 [mm]	1,39				0,27	Escasa
	68	Sin B.A	1,66	Con B.A	1,66				0,00	Sin Influencia

Con la tabla anterior se puede obtener una tabla donde se muestre en forma esquemática y simple el comportamiento de cada variable, que se confeccionó tomando los valores promedios.

**Tabla N° 23.** Tabla esquemática del nivel de influencia de cada variable para la resistencia térmica. Simbología en **Tabla N° 3.**

		<b>Promedio [m<sup>2</sup>*K/W]</b>	<b>Simbolo representativo</b>
Capas	Número de capas	0,11	
	Aumento del espesor de las capas	0,06	
	Tipo de plancha	0,00	
Aislante	Densidad del aislante	0,09	
	Espesor del aislante	0,55	
Banda acústica	Banda acústica	0,00	

#### 4.10 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Dado que el comportamiento térmico en forma empírica es muy similar al teórico, para el caso de tabiques sencillos, estos no son ensayados, por lo que se tuvo que calcular sus valores donde se tomaron como muestras los mismos elementos ensayados en los capítulos II y III.

Se pudo observar que para algunas variables el valor de la resistencia de cada tabique independiente es alto, estando por sobre los 2,50 [m<sup>2</sup>\*K/W], lo que ocurre en los elementos ensayados sobre la aislación acústica, en donde se modificó el número de capas.

En general, los tabiques ensayados a la resistencia al fuego obtuvieron resistencias térmicas menores a las 2,0 [m<sup>2</sup>\*K/W].

Para la variable de ‘Número de capas’ se observó una mejora escasa de 0,11 [m<sup>2</sup>\*K/W].

En el ‘Aumento del espesor de las capas’ se obtuvo un aumento, también escaso, y en este caso incluso menor, con 0,06 [m<sup>2</sup>\*K/W].

La variable ‘Tipo de plancha’ no presenta influencia en este estudio.

Refiriéndonos a la variable ‘Densidad del aislante’, se observó un aumento escaso de 0,09 [m<sup>2</sup>\*K/W], donde se esperaba un mayor aumento dado que son materiales o partes de los tabiques diseñados para mejorar la aislación térmica.

Cabe destacar que la variable ‘Espesor del aislante’ obtuvo el valor promedio más alto, con 0,55 [m<sup>2</sup>\*K/W], teniendo una mejora moderada.

La variable ‘banda acústica’, no presentó influencia en este estudio, debido principalmente a que el flujo de calor pasa en forma transversal al tabique, y no a través de la banda acústica, lo cual es de esperar puesto que está diseñada para mejorar la aislación acústica y no térmica.

Finalmente destacamos que los mayores valores de variación de la resistencia térmica, se observaron en las variables que guardan relación con el ‘aislante’.

## CAPÍTULO V: RESUMEN DE RESULTADOS

En el presente capítulo, se entrega una tabla resumen, que muestra el promedio y la incidencia que tubo cada variable en cada una de las tres fenomenologías.

**Tabla N° 24.** Tabla resumen de las tres fenomenologías. Simbología en **Tabla N° 3.**

		Aporte Aislación Acústico [dBA]	Aumento de clasificación Resistencia al fuego [F]	Aporte Aislación térmica [R]
Capas	Número de capas con igual espesor	4 [dBA] ↑↑↑↑	2 [F] ↑↑	0,11 [m <sup>2</sup> *K/W] ↑
	Número de capas con distinto espesor	2 [dBA] ↑↑	- N/E	0,06 [m <sup>2</sup> *K/W] ↑
Aislante	Característica de la plancha	- N/E	1 [F] ↑	0,00 [m <sup>2</sup> *K/W] ■
	Densidad del aislante	-3 [dBA] ↓	0 [F] ■	0,09 [m <sup>2</sup> *K/W] ↑
Banda acústica	Espesor del aislante	1 [dBA] ↑	0 [F] ■	0,55 [m <sup>2</sup> *K/W] ↑↑
	Banda acústica	1 [dBA] ↑	- N/E	0,00 [m <sup>2</sup> *K/W] ■

N/E: No estudiado.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y COMENTARIOS GENERALES.**

Del trabajo realizado se estudió un total de 15 parámetros de los cuales se puede concluir:

**Número de capas de igual espesor:** modificar o variar el número de capas de un tabique, agregando planchas, conlleva a una reducción del sonido que pasa a través de este, mejorando el índice de reducción sonora de forma significativa, esto producto de que debe atravesar un número mayor de capas y por ende un espesor mayor. Mientras que este cambio repercute en resistencia al fuego, teniéndose un aumento de las clasificaciones de forma moderada. Y en aislación térmica, se obtuvo un aumento escaso a pesar de que el flujo de calor debe pasar por mayor número de capas antes de poder llegar al otro extremo del panel.

**Número de capas con distinto espesor:** a diferencia del parámetro anterior, acá se obtuvo una mejora moderada en el índice de reducción sonora, el cual, aunque sea menor, es la segunda mejor variable en lo referente a la aislación acústica, esto se debe a que modificar el espesor de la capa genera un aumento del espesor total, pero al compararlo con el punto anterior es menor. Y en relación a la aislación térmica se obtuvo una mejora escasa, el cual, al igual que en la variable anterior, se debe a que el flujo de calor debe atravesar un espesor mayor.

**Característica de la plancha:** el cambio de tipo de plancha por una de mejores características, genera un aumento escaso o de una clasificación en la resistencia al fuego, puesto que es cambiada por planchas con mayor densidad, lo que genera que sea más difícil que este reaccione a las altas temperaturas que son sometidos en el ensayo. Al evaluar la aislación térmica, no se obtuvo incidencia, lo que a primera vista llama la atención, pero las planchas RF y ERH tienen una mayor conductividad térmica, lo que permite que el flujo de calor pase con mayor velocidad a través de este.

**Densidad del aislante:** Se observa que con aislantes más densos se obtienen pérdidas en la aislación acústica, esto se puede deber a que esta modificación altera la curva del índice de reducción sonora aparente, pero el descriptor  $R_w+C$  presenta en algunos casos una disminución de su valor. Esto no tiene influencia en la resistencia al fuego, lo cual se debe a que se encuentran al interior del tabique, y en general la primera capa (yeso cartón o fibrocemento) reciben toda la onda de calor del ensayo. Al evaluar la aislación térmica, como es de esperar si tiene una mejora, aunque sea escasa, puesto que estos elementos fueron diseñados para que el flujo de calor pase más lento a través de ellos.

**Espesor del aislante:** Otra variable relacionada con el aislante térmico es el espesor, con el cual se obtiene una mejora escasa, puesto que las vibraciones tienen que viajar un mayor tramo. No así con la resistencia al fuego, el cual no tiene influencia, debido a la misma explicación que con la variable anterior. En relación a la aislación térmica se tiene una mejora moderada, esto se explica porque la resistencia térmica depende del espesor de los elementos.

Banda acústica: En la banda acústica se observó una mejora escasa, la cual se explica porque ésta genera una estanqueidad del sonido, no permitiendo que pase por las juntas. En relación a la aislación térmica no tiene influencia puesto que el flujo de calor pasa de forma transversal a la posición como éste es puesto.

Las variables que no fueron estudiadas están representadas en la tabla por las siglas N/E. Esto se debe a que se tiene un número limitado de ensayos disponibles. Las variables no evaluadas son: 'características de la plancha' en la aislación acústica, el 'número de capas con distinto espesor' y la 'banca acústica' en la resistencia al fuego.

Si bien, en los capítulos II, III y IV se presentaron valores, que guardan relación con la influencia de la variable, este resultado debe tomarse con cuidado dado que se tomaron los promedios, y al momento de ser llevados a la práctica, no necesariamente se acerque a la realidad.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Acevado, Evaluación técnico económica del uso de armaduras prefabricadas en Chile, Memoria Ingeniero Civil. Santiago, Universidad de Chile, 2009.
- [2] «Plataforma Arquitectura,» 28 Abril 2014. [En línea]. Available: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/624711/materiales-tabiques>. [Último acceso: Enero 2015].
- [3] Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Chile, 1992.
- [4] NCh 2785. Medición de aislación acústica en construcciones y elementos de construcción - Mediciones en terreno de la aislación acústica áreas entre recintos, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 2003.
- [5] NCh 2786: Medición de aislación acústica en construcciones y elementos de construcción - Mediciones en laboratorio de la aislación acústica áreas de elementos de construcción, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 2003.
- [6] NCh 850: Aislación térmica - Método para la determinación de la conductividad térmica en estado estacionario por medio del anillo de guarda, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 2008.
- [7] NCh 851: Elementos de construcción - paneles - ensayo, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 2012.
- [8] NCh 853: Acondicionamiento térmico - envolvente térmica de edificios - Calculo de resistencias y transmitancias térmicas, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 2007.
- [9] NCh 935-1: Prevención de incendio en edificios - Ensayo de resistencia al fuego - Parte 1: Elementos de construcción en general, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 1997.
- [10] NCh 935-2. Prevención de incendio en edificios - Ensayo de resistencia al fuego - Parte 2: Puertas y otros elementos de cierre, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 1984.
- [11] NCh 431: Sobrecarga de nieves, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 1971.
- [12] M. Möser y J. Barros, Ingeniería Acustica, Teoría y Aplicaciones, Springer. Berlín, 2009.
- [13] Cámara Industrial de Cerámica Roja, Aislamiento aéreo de sonidos con mampostería cerámica, Cicer, 2005.
- [14] C. Ovallos, Hotel del aeropuerto internacional Juan Pablo Perez Alfonzo de El Vigia. Trabajo Especial de Grado, Venezuela, 2008.
- [15] Corporación de Desarrollo Tecnológico. Aislación térmica exterior, Manual de diseño para soluciones en edificaciones, Chile, 2008.
- [16] Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso, Corporación desarrollo tecnológico. Chile, 2010.

- [17] A. Furness y M. Muckett, Introduction to Fire Safety Management, Elseiver Linacre House. Oxford, 2007.
- [18] D. Burgos, Análisis y propuestas de soluciones técnicas de aislación térmica exterior en el mercado chileno, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Chile, 2008.
- [19] Ayuntamiento de las Palmas de la Gran Canaria, Manual del ruido, España, Las Canarias, 2006.
- [20] C. Sánchez, L. D. Guzman y C. P. Barrera, Manual de aplicacion reglamentaria acustica, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional, Departamento de Tecnologías de la Construcción. Chile, 2006.
- [21] N. Astorga, Criterios de diseño de la zona vertical de seguridad contra incendio para edificios en altura. Memoria (Ingeniería civil), Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas. Chile, 2009.
- [22] A. Cote y J. Linville, Manual de Protección contra Incendios., MAPFRE. España, 1991.
- [23] M. W. Zemansky, Calor y termodinámica, Aguilar S.A. España, 1979.
- [24] NCh 853: Componentes y elementos para la edificación - Resistencia térmica y transmitancia térmica - Método de cálculo, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 1991.
- [25] L. G. Miranda, Estudio térmico del edificio de ingeniería civil de la Universidad de Chile. Memoria (Ingeniería Civil), Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Chile, 2008.
- [26] NCh 1198: Calculo de Construcciones en madera, Instituto Nacional de Normalización.Chile, 2006.
- [27] NCh 1537: Cargas permanentes y sobrecargas de uso, Instituto Nacional de Normalización.Chile, 1986.
- [28] NCh 1928: Albañilería arada - Requisitos para el diseño y calculo, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 1993.
- [29] NCh 433: Diseño sísmico de edificios, Instituto Nacional de Normalización.Chile, 2012.
- [30] NCh 1973: Comportamiento higrotérmico de elementos y componentes de construcción - Temperatura superficial para evitar la humedad superficial critica y la condensación intersticial - Métodos de calculo, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 2008.
- [31] NCh 804: Paneles - ensayo impacto, Instituto Nacional de Normalización.Chile, 1971.
- [32] NCh 803: Paneles - ensayo de flexión, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 2003.

- [33] NCh 802: Paneles - ensayo carga horizontal, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 1971.
- [34] NCh 801: Elementos de construcción - paneles - ensayo, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 2003.
- [35] NCh 432: Cálculo de la acción del viento sobre construcciones, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 1977.
- [36] NCh 430: Hormigón armado - Requisitos de diseño y calculo, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 2008.
- [37] NCh 427: Especificaciones para el cálculo de estructuras de acero para edificios, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 1977.
- [38] NCh 2457: Materiales de construcción y aislación - Determinación de la permeabilidad al vapor de agua (humedad), Instituto Nacional de Normalización. Chile, 2001.
- [39] NCh 2123: Albañilería confinada - Requisitos de diseño y cálculo, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 1997.
- [40] A. Navarrete, Evaluacion de la calidad acústica del teatro Universidad de Chile y recomendaciones para su mejora., Memoria de Ingeniero Civil Acústico. Valdivia, Universidad Austral de Chile, 2013.
- [41] C. Córdoba, Estudio de tecnologías para la Reducción del consumo energético destinado a confort térmico para el Edificio de Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Chile, 2011.
- [42] J. Hernandez, Recopilación de información sobre comportamiento al fuego de elementos de construcción de viviendas, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Chile, 2008.
- [43] NCh 1960: Aislación térmica - Cálculo de coeficientes volumétricos globales de pérdidas térmicas, Instituto Nacional de Normalización. Chile, 1989.
- [44] P. Mondelo, E. Gregori y S. Comas, Ergonomía 2 Confort y estrés térmico., Mutua Universal. España, 1995.
- [45] E. Turmo, Carga de fuego ponderada: parámetros de cálculo, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [46] Romeral, Manual: Lana de vidrio y lana mineral, Romeral. Chile, 2014.
- [47] Instituto de la construcción. Manual de aplicacion: Reglamentacion térmica, Edicolor. Chile, 2006.
- [48] M. Gonzalez, Bienestar habitacional y eficiencia energética de viviendas sociales industrializadas estructuradas con madera de eucalipto. Tesis (Ingeniería Civil), Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Chile, 2008.
- [49] R. White, Analytical Methods for Determining Fire Resistance of Timber Members En. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. National Fire Protection Association, Inc Quincy Massachusetts, 2008.

## ANEXOS I: CONCEPTOS Y ECUACIONES, AISLACIÓN ACÚSTICA

**Sonido:** Es la sensación auditiva producida por una onda acústica, la cual viaja por el aire desde la fuente emisora hasta el oído humano. [19]. El sonido se propaga mediante vibraciones mecánicas en forma de una variación periódica de presión, que se denomina presión acústica. Las débiles variaciones de presión, respecto a la presión atmosférica ( $=1,0333 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ ), se suelen medir en microbares (u.b) [14].

**Frecuencia:** Es el número de pulsaciones por segundo que ocurre en una onda acústica [20], o también puede verse como el número de ciclos por segundo que tiene una onda.

Tabla N° 1. Tipos de sonido según la frecuencia. [19]

	<b>Sonido</b>
Baja frecuencia	Graves
Alta frecuencia	Agudo

**Frecuencia fundamental:** Frecuencia de la onda senoidal, componente de una onda acústica compleja, cuya presión acústica, frente a las restantes ondas componentes, es máxima. [19]

**Amplitud:** La amplitud es una propiedad de la onda, al igual que la frecuencia, y esta tiene relación con la energía que tiene la onda. A mayor amplitud implica mayor energía por lo que se escuchan más fuerte [20].

**Ruido:** Es la mezcla de varios sonidos, con frecuencias fundamentales distintas, la cual genera molestia [20] [19].

**Rango de tolerancia del sonido:** Como el ser humano tiene la capacidad de interpretar el sonido, a través de las pulsaciones que se generan en el oído, este tiene un rango, el cual está delimitado por la frecuencia de las ondas que llegan a este.

El rango general del oído humano está entre los 20 [Hz] y 20.000 [Hz] aproximadamente [20].

Sin embargo, en las edificaciones el ámbito de frecuencias a considerar, se limita al que se extiende desde los 100 hasta los 3.200 [Hz], a los que el oído humano es especialmente sensible [14].

**Onda acústica aérea:** Vibración del aire caracterizada por una sucesión periódica en el tiempo y en el espacio de expansiones y compresiones.

**Ruido rosa:** Es un ruido cuya densidad espectral es inversamente proporcional a la frecuencia. También se puede definir como aquel que tiene un valor de espectro de tercios de octava constante [19].

A continuación se presenta una tabla con los valores del ruido rosa ocupados en los ensayos.

**Tabla N° 25.** Valores del ruido rosa.

Frecuencia [Hz]	Valor [dB]
100	-29
125	-26
160	-23
200	-21
250	-19
315	-17
400	-15
500	-13
630	-12
800	-11
1.000	-10
1.250	-9
1.600	-9
2.000	-9
2.500	-9
3.150	-9

**Presión sonora:** Esta es generada por las ondas sonoras, el cual genera movimiento de las partículas de aire cuando estas pasan, y con esto generando zonas con mayor acumulación de partículas y otras con menos acumulación, con esto se observa una variación en el nivel de presión atmosférica estática del aire.

**Índice de reducción acústica aparente [R´]:** 10 veces el logaritmo en base 10 de la razón entre la potencia acústica que incide sobre una partición bajo ensayo (W1), y la potencia acústica total transmitida en el recinto de recepción, la cual consiste en la suma entre la potencia acústica W2 transmitida a través del elemento de separación y la potencia acústica W3 transmitida a través de las construcciones laterales o por otros componentes. Este índice esta expresado en decibeles.

$$R' = 10 \cdot \text{Log}\left(\frac{W_1}{W_2 + W_3}\right) \quad \text{Ecu. 8}$$

Dónde:

$W_1$ : Potencia acústica que incide.

$W_2, W_3$ : Potencia acústica total del recinto receptor.

## **ANEXOS II: CONCEPTOS Y ECUACIONES, RESISTENCIA AL FUEGO**

**Combustión:** La combustión es una reacción química en la que un elemento combustible se combina con otro comburente (generalmente oxígeno presente en el aire) desprendiendo calor y produciendo óxidos. [21]

**Conductividad térmica:** La conductividad térmica es la cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras.

En términos prácticos, la conductividad térmica (simbolizada como  $\lambda$ ), es la capacidad que tiene un material para conducir calor a través de él y es una propiedad que no depende del espesor, sino más bien es una característica propia de cada material.

**Fuego:** Se llama fuego a la reacción química de oxidación violenta de una materia combustible, con desprendimiento de llamas, calor y gases. Es un proceso exotérmico. Desde este punto de vista, el fuego es la manifestación visual de la combustión. [22]

**Ignición:** Es el fenómeno que inicia la combustión autoalimentada, y a partir de ello se tiene dos tipos de ignición, la ignición provocada y la autoignición que da origen a la auto-combustión o combustión espontánea. La ignición provocada es la producida al introducir una llama externa, chispa o brasa incandescente. En cambio, si no existe un foco externo, se denomina autoignición. [23]

**Resistencia al fuego:** La cualidad de un elemento de construcción de soportar las condiciones de un incendio estándar, sin deterioro importante de su capacidad funcional.

Esta cualidad se mide por el tiempo en minutos durante el cual el elemento conserva la estabilidad mecánica, la estanquidad a las llamas, el aislamiento térmico y la no emisión de gases inflamables. [9]

## **ANEXOS III: CONCEPTOS Y ECUACIONES, AISLACIÓN TÉRMICA**

**Conductividad térmica:** Cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en una unidad de tiempo a través de una unidad de área de una muestra de material de espesor unitario, cuando se establece una diferencia unitaria de temperaturas entre sus caras. [24]

**Confort térmico:** Se entiende por confort térmico la condición en la que las personas se sienten cómodas, es decir, en equilibrio con el ambiente térmico que les rodea. Esta condición depende de la temperatura del aire, de la temperatura de los muros del recinto habitado, de la velocidad del aire y de su humedad. [15]

**Resistencia térmica (R):** Oposición al paso del calor que presentan los elementos de construcción.

**Calor:** El calor se define como el flujo de energía que se transfiere de un sector a otro de un cuerpo o entre distintos cuerpos, el cual se genera debido a una diferencia de temperatura, este flujo de energía se produce desde una zona de mayor temperatura hacia una de menor temperatura. [25]

Los mecanismos por los cuales se transmite el calor son tres: Convección, Conducción, Radiación, de los cuales dependiendo del entorno puede que una de estas formas de transmisión de energía sea predominante con respecto a las otras dos. [25]

**Transmisión por convección:** Si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas, se producirá un movimiento del fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección. [25]

**Transmisión por conducción:** En los sólidos, la forma más importante de transferencia de calor es la conducción. Si se calienta un extremo de una varilla metálica, de forma que aumente su temperatura, el calor se transmite hasta el extremo más frío por conducción.

El parámetro que permite cuantificar la capacidad de conducción de calor se denomina conductividad térmica del material ( $\lambda$ ). Los materiales como el oro, la plata, el cobre o el acero tienen conductividades térmicas elevadas y conducen bien el calor, mientras que materiales como el vidrio tienen conductividades cientos e incluso miles de veces menores; conducen muy mal el calor. [25]

**Transmisión por radiación:** Consiste en la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas a través del vacío o de un medio material. Estas ondas son emitidas por todos los cuerpos y su intensidad está relacionada con la temperatura a la que se encuentra el cuerpo emisor. [25]