



**ESCUELA DE
POSGRADOS**



ESCUELA DE POSGRADOS

**Modelo paramétrico de prefactibilidad para comparar el
desempeño termoacústico, la incidencia económica y la
constructibilidad de alternativas de mejora en viviendas VIP
industrializadas en Cuenca
Magíster en Desarrollo Inmobiliario**

Autora

Paola Gabriela Gutiérrez Chica

Director

Carlos Contreras Lojano

Cuenca, Ecuador

2026

DEDICATORIA

A mi madre, ejemplo de fortaleza y valentía. Su manera de afrontar la vida fue una inspiración esencial para esta investigación. Aprendí a observar con mayor sensibilidad las necesidades de quienes habitan una unidad habitacional. Gracias a ella comprendí que mejorar el confort también significa cuidar el bienestar cotidiano de las personas. A ella dedico este trabajo, con profunda admiración, gratitud y amor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a las constructoras por facilitar el acceso a información técnica y brindar apertura para el análisis académico de proyectos cuyos nombres y datos específicos se mantienen reservados. Su colaboración fue fundamental para caracterizar los sistemas constructivos estudiados y comprender su aplicación en condiciones reales.

Expreso mi gratitud a mi director, Carlos Contreras Lojano, por su orientación, sus observaciones y el acompañamiento brindado durante el desarrollo de esta investigación; así como a los docentes de la Maestría en Desarrollo Inmobiliario y a la Universidad del Azuay por los conocimientos y criterios compartidos.

A mi familia, por su apoyo constante, su paciencia y su confianza a lo largo de este proceso. A todas las personas que contribuyeron con información, experiencia profesional o apoyo personal, mi sincero agradecimiento.

RESUMEN

Decidir cómo mejorar una vivienda industrializada exige equilibrar confort, costo y constructibilidad. Esta investigación desarrolla un modelo paramétrico de prefactibilidad para comparar alternativas termoacústicas en viviendas de interés público de Cuenca mediante cálculos, estimaciones, proformas y evaluación multicriterio. En el departamento analizado, los paquetes sin y con aislante adicional requieren inversiones incrementales estimadas de 273,86 y 573,18 dólares, con márgenes de 14,40 % y 13,73 %. El primero favorece la constructibilidad; el segundo logra mayores mejoras termoacústicas estimadas. El modelo hace explícitas las compensaciones para orientar decisiones; el desempeño construido debe confirmarse mediante ensayos del sistema completo.

Palabras clave: vivienda industrializada, prefactibilidad, confort termoacústico, hibridación constructiva, constructibilidad, evaluación económica, decisión multicriterio.

ABSTRACT

Deciding how to improve an industrialized dwelling requires balancing comfort, cost, and constructability. This study develops a parametric prefeasibility model to compare thermal-acoustic alternatives for public-interest housing in Cuenca through calculations, estimates, quotations, and multicriteria evaluation. In the apartment analyzed, packages without and with additional insulation require estimated incremental investments of 273.86 and 573.18 dollars, with margins of 14.40% and 13.73%. The first favors constructability; the second achieves greater estimated thermal-acoustic improvements. The model makes trade-offs explicit to guide decisions; as-built performance must be confirmed by testing the complete system.

Keywords: industrialized housing, prefeasibility, thermal-acoustic comfort, hybrid construction, constructability, economic evaluation, multicriteria decision-making.



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	1
Planteamiento del problema	1
Pregunta de investigación	1
Objetivo general	1
Objetivos específicos	2
Alcance y delimitaciones	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN DE LITERATURA Y FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA	3
1.1 Industrialización de la unidad habitacional	3
1.2 Confort y exposición residencial	3
1.3 Respuesta termoacústica de sistemas compuestos	4
1.4 Hibridación constructiva y aberturas	5
1.5 Materiales aislantes y revestimientos	6
1.6 Prefactibilidad, constructibilidad e Índice de Conveniencia Integral	6
1.7 Marco técnico-normativo	7
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODO	9
2.1 Enfoque y diseño	9
2.2 Casos de referencia y caso de aplicación	9
2.3 Arquitectura y funcionamiento del modelo paramétrico	11
2.4 Preparación geométrica y cálculo térmico	14
2.5 Cálculo acústico de fachadas y medianeras	17
2.5.1 Estimación de paredes masivas y trasdosados	17
2.5.2 Estimación de ventanas y puertas acristaladas	18
2.5.3 Integración acústica de la fachada	18
2.6 Ruido aéreo y de impacto del entrepiso	19
2.7 Incidencia económica y condición VIP	20
2.8 Evaluación de la constructibilidad	21
2.9 Índice de Conveniencia Integral	23
2.10 Catálogo de alternativas y reglas de selección	25
2.10.1 Fachada: cámara de aire, EPS o lana de vidrio	29
2.10.2 Medianeras y entrepiso	30
2.11 Procedimiento de comparación, alcance y límites	31
2.12 Verificación de implementación y sensibilidad	31

CAPÍTULO 3. RESULTADOS	33
3.1 Configuración del caso de estudio	33
3.2 Diagnóstico del sistema base	34
3.2.1 Fachada	34
3.2.2 Medianeras	34
3.2.3 Entrepiso	35
3.3 Resultados de las alternativas de fachada	35
3.3.1 Composición de las opciones comparadas	35
3.3.2 Escenario con geometría conservada	36
3.3.3 Escenario con abertura ajustada	37
3.3.4 Propiedades de las hibridaciones de fachada	38
3.4 Resultados de las medianeras	39
3.5 Resultados del entrepiso	40
3.6 Incidencia económica de los escenarios completos	41
3.7 Constructibilidad de los sistemas	43
3.8 Resultados del Índice de Conveniencia Integral	45
3.9 Correspondencia entre objetivos y resultados	50
3.10 Verificación del cálculo y sensibilidad	50
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN	53
4.1 Alcance interpretativo de los resultados	53
4.2 La abertura como elemento dominante de la fachada	53
4.3 Diferencia entre mejora térmica y confort térmico	53
4.4 EPS frente a lana de vidrio: decisión condicionada, no jerárquica	54
4.4.1 Criterios cualitativos complementarios para seleccionar combinaciones de fachada	54
4.5 Medianeras: cumplimiento mínimo frente a privacidad adicional	57
4.6 Entrepiso: alcance del escenario base y de las mejoras	59
4.7 Lectura del ICI y sensibilidad a las prioridades	61
4.8 Incidencia económica y condición VIP	62
4.9 Criterios para decidir cuándo mejorar el confort	62
4.10 Alternativas descartadas y límites de transferencia	63
4.10.1 SATE exterior con EPS	63
4.10.2 EPS en muros medianeros: procedimiento y alcance de la estimación	63
4.10.3 Cielos rasos de estuco	63
4.10.4 EPS en cielo raso, losa de 10 cm y manta acústica especializada	64
4.11 Limitaciones y validez de los resultados	64
4.12 Proyección tecnológica y escalabilidad del modelo	66
4.12.1 Proyección comercial y validación de mercado	66
4.13 Síntesis de la discusión	67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69

Conclusiones	69
Recomendaciones	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS	76
Anexo A. Capturas del modelo paramétrico	76
Anexo B. Parámetros editables y efectos sobre el modelo	113
Anexo C. Nota de uso del modelo	114
Anexo D. Fuentes confidenciales y alcance de los datos técnicos	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujo lógico del modelo paramétrico	11
Figura 2. Resumen ejecutivo: sistemas seleccionados y comparación financiera	48
Figura 3. Resumen ejecutivo: desempeño, estados de cumplimiento e ICI por prioridad	49
Figura 4. Hoja 00_Guia: flujo de uso y código de colores	77
Figura 5. Hoja 00_Guia: glosario técnico	78
Figura 6. Hoja 00_Guia: indicadores, alcance y limitaciones	79
Figura 7. Hoja 01_Entrada: datos generales y criterios	80
Figura 8. Hoja 01_Entrada: ponderaciones editables	82
Figura 9. Hoja 02_Ambientes: geometría de los ambientes activos	82
Figura 10. Hoja 05_Fachadas: análisis de fachada en su estado actual, sin hibridación	83
Figura 11. Hoja 05_Fachadas: opción 1 sin aislante, selección y desempeño sin modificar dimensiones	83
Figura 12. Hoja 05_Fachadas: opción 1 sin aislante, costos y resultado sin modificar dimensiones	83
Figura 13. Hoja 05_Fachadas: opción 1 sin aislante, selección y desempeño con ajuste de áreas de muro y ventana	84
Figura 14. Hoja 05_Fachadas: opción 1 sin aislante, costos y resultado con ajuste de áreas de muro y ventana	84
Figura 15. Hoja 05_Fachadas: opción 2 con aislante, selección y desempeño sin modificar dimensiones	85
Figura 16. Hoja 05_Fachadas: opción 2 con aislante, costos y resultado sin modificar dimensiones	85
Figura 17. Hoja 05_Fachadas: opción 2 con aislante, selección y desempeño con ajuste de áreas de muro y ventana	86
Figura 18. Hoja 05_Fachadas: opción 2 con aislante, costos y resultado con ajuste de áreas de muro y ventana	86
Figura 19. Hoja 06_Medianeras: opción 1 sin aislante, sistemas y aislamiento entre unidades	87
Figura 20. Hoja 06_Medianeras: opción 1 sin aislante, costo, constructibilidad y resultado	87
Figura 21. Hoja 06_Medianeras: opción 2 con aislante, sistemas y aislamiento entre unidades	87
Figura 22. Hoja 06_Medianeras: opción 2 con aislante, costo, constructibilidad y resultado	88
Figura 23. Hoja 07_Entrepiso: opción 1 sin aislante, sistemas y desempeño frente al ruido aéreo y de impacto	88
Figura 24. Hoja 07_Entrepiso: opción 1 sin aislante, costo, constructibilidad y resultado	89

Figura 25. Hoja 07_Entrepiso: opción 2 con aislante, sistemas y desempeño frente al ruido aéreo y de impacto	90
Figura 26. Hoja 07_Entrepiso: opción 2 con aislante, costo, constructibilidad y resultado	91
Figura 27. Hoja 04_Catalogo: sistemas base	92
Figura 28. Hoja 04_Catalogo: desempeño de hibridaciones de fachada	93
Figura 29. Hoja 04_Catalogo: desempeño de medianeras	94
Figura 30. Hoja 04_Catalogo: desempeño de aberturas	95
Figura 31. Hoja 04_Catalogo: desempeño de entrepiso y cielos rasos	96
Figura 32. Hoja 04_Catalogo: constructibilidad, uso recomendado y cálculo incremental de sistemas base y fachadas	96
Figura 33. Hoja 04_Catalogo: constructibilidad, uso recomendado y cálculo incremental de medianeras	98
Figura 34. Hoja 04_Catalogo: constructibilidad, uso recomendado y cálculo incremental de aberturas y cielos rasos	99
Figura 35. Hoja 03_Proformas: referencias comerciales 1 y 2	100
Figura 36. Hoja 03_Proformas: referencia comercial 3 y valores medios	101
Figura 37. Hoja 08_Resultados: ICI de la opción 1	102
Figura 38. Hoja 08_Resultados: economía de la opción 1	103
Figura 39. Hoja 08_Resultados: ICI de la opción 2	104
Figura 40. Hoja 08_Resultados: economía de la opción 2	105
Figura 41. Hoja 09_Reporte: opción 1, diagnóstico y economía	106
Figura 42. Hoja 09_Reporte: opción 1, comparación del ICI	107
Figura 43. Hoja 09_Reporte: opción 1, selección y conclusión	108
Figura 44. Hoja 09_Reporte: opción 2, diagnóstico y economía	109
Figura 45. Hoja 09_Reporte: opción 2, comparación del ICI	110
Figura 46. Hoja 09_Reporte: opción 2, selección y conclusión	110
Figura 47. Hoja 11_Listas: contexto y opciones de control	111
Figura 48. Hoja 11_Listas: familias visibles de sistemas seleccionables	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz cualitativa para priorizar necesidades de confort	4
Tabla 2. Caracterización y función de los casos	9
Tabla 3. Datos geométricos del caso C	10
Tabla 4. Variables de entrada y criterios utilizados por el modelo	12
Tabla 5. Ejemplo de resistencia térmica con EPS y lana de vidrio	16
Tabla 6. Rúbrica operativa de constructibilidad	22
Tabla 7. Perfiles editables de ponderación del ICI	24
Tabla 8. Sistemas incorporados al catálogo y condición de uso	25
Tabla 9. Finalidad y composición de las dos opciones activas	28
Tabla 10. Entradas principales del caso C	33
Tabla 11. Propiedades de los sistemas de fachada considerados	35
Tabla 12. Fachada con geometría conservada: condición completamente acristalada	36
Tabla 13. Fachada con abertura ajustada: comparación integrada	38
Tabla 14. Medianeras: comparación de una y dos caras	39
Tabla 15. Resultados comparativos del entepiso	41
Tabla 16. Resultados económicos de las combinaciones evaluadas	42
Tabla 17. Subpuntajes y resultados de constructibilidad	44
Tabla 18. Estado de los resultados del ICI por perfil	45
Tabla 19. Comparación técnica del paquete completo con fachada con abertura ajustada	46
Tabla 20. Correspondencia entre objetivos e indicadores obtenidos	50
Tabla 21. Pruebas de implementación y resultados observados	50
Tabla 22. Sensibilidad del ICI de los paquetes integrales	51
Tabla 23. Criterios orientativos para seleccionar paredes de fachada y elementos acristalados según la exposición y el confort requerido	55
Tabla 24. Criterios orientativos para seleccionar hibridaciones de paredes medianeras según la privacidad acústica requerida	57
Tabla 25. Criterios orientativos para seleccionar cielos rasos según la fuente del ruido y la sensibilidad del recinto receptor	60
Tabla 26. Líneas futuras de análisis comercial y validación de mercado	67
Tabla 27. Parámetros editables y efectos sobre los resultados	113
Tabla 28. Alcance de los datos recibidos y tratamiento aplicado	115

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Capturas del modelo paramétrico	76
Anexo B. Parámetros editables y efectos sobre el modelo	113
Anexo C. Nota de uso del modelo	114
Anexo D. Fuentes confidenciales y alcance de los datos técnicos	115

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

La construcción industrializada de unidades habitacionales busca repetitividad, control dimensional y eficiencia de recursos. La coordinación de muros y losas mejora la previsibilidad del proceso, pero no garantiza por sí sola que fachadas, separaciones entre unidades habitacionales y entrepisos proporcionen confort térmico y acústico.

En vivienda de interés público (VIP), esta necesidad de mejorar el confort debe atenderse sin perder viabilidad económica ni alterar innecesariamente la lógica industrializada. Por esta razón, las alternativas no se evalúan solo por su desempeño físico, sino también por su costo incremental —la diferencia de costo respecto del sistema base— y su constructibilidad —la facilidad relativa de incorporarlas a la secuencia de ejecución—. La decisión exige relacionar la magnitud de la mejora con su efecto sobre el margen y con las operaciones, accesos, coordinaciones y controles que demanda. Una solución técnicamente exigente puede resultar desproporcionada si actúa sobre un componente que no domina el comportamiento global; de igual manera, una alternativa económica puede ser ineficaz si interviene un elemento secundario. Por ello, la comparación debe realizarse a escala del ensamblaje completo y del escenario de proyecto.

La investigación aborda esta tensión mediante el modelo paramétrico desarrollado en esta investigación, orientado a la prefactibilidad. Diagnostica el sistema base y compara hibridaciones interiores de fachadas, aberturas, medianeras y cielos rasos, integrando desempeño técnico, incidencia económica y constructibilidad. Los casos documentados comparten una lógica industrializada, pero presentan soluciones distintas. El modelo organiza su comparación a escala de unidad y ambiente e identifica las intervenciones que actúan sobre el componente dominante.

Pregunta de investigación

¿De qué manera un modelo paramétrico de prefactibilidad puede integrar el desempeño termoacústico, la incidencia económica y la constructibilidad para comparar alternativas de mejora aplicables a viviendas VIP industrializadas en Cuenca y apoyar la selección de soluciones orientadas al confort?

Objetivo general

Desarrollar un modelo paramétrico de prefactibilidad para estimar y comparar el desempeño termoacústico, la incidencia económica y la constructibilidad de alternativas de mejora aplicables a viviendas VIP industrializadas en Cuenca, como apoyo a la selección de soluciones orientadas al confort.

Objetivos específicos

- Estimar el desempeño termoacústico del sistema base y de las alternativas mediante indicadores referenciales de transmitancia térmica, aislamiento acústico a ruido aéreo y nivel de ruido de impacto.
- Cuantificar la incidencia económica y la constructibilidad de las alternativas mediante el costo incremental, su efecto estimado sobre el margen de utilidad y la evaluación ponderada de los factores de ejecución.
- Comparar las alternativas mediante un Índice de Conveniencia Integral que articule el desempeño técnico, la incidencia económica y la constructibilidad según las prioridades del proyecto.

Alcance y delimitaciones

Los casos A y B se utilizan como referencias documentales porque la información constructiva disponible permite identificar sus sistemas, mientras que el caso C concentra la aplicación cuantitativa por contar con la geometría y las entradas económicas necesarias. El caso C corresponde a un departamento de 45,00 m² ubicado en el tercer piso de un edificio multifamiliar de once plantas sobre rasante y dos subsuelos, con una superficie construida total de 14.798,39 m². La unidad se orienta hacia el este y su frente corresponde a la fachada principal. El área total del edificio se consigna únicamente para caracterizar el proyecto y no se multiplica en los cálculos de la unidad analizada.

El análisis comprende paredes opacas de fachada, ventanas, paredes medianeras y el entrepiso entre unidades. Excluye la simulación energética dinámica, la predicción de la transmisión por flancos —el sonido que llega a través de losas, paredes laterales y uniones—, el diseño estructural, las mediciones in situ, la disposición a pagar y el escalamiento automático. El alcance corresponde a una evaluación de prefactibilidad con control interno de unidades, fórmulas y escenarios.

El modelo se aplica por unidad habitacional. La identificación previa de exposición y uso determina qué unidades requieren análisis: unidades habitacionales contiguas, superiores o inferiores a áreas comunales o equipos; unidades expuestas a vías ruidosas; fachadas con orientación desfavorable, gran superficie acristalada o ausencia de sombra; y unidades habitacionales destinadas a usuarios con necesidades de descanso, concentración o estabilidad térmica. Solo después de esta selección pueden consolidarse cantidades y efectos financieros a escala del proyecto; no corresponde multiplicar automáticamente una mejora por el número total de unidades.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN DE LITERATURA Y FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA

1.1 Industrialización de la unidad habitacional

Los métodos modernos de construcción integran estandarización, racionalización productiva, prefabricación y control de calidad. En la producción seriada de unidades habitacionales, la repetición permite amortizar encofrados y reducir variabilidad, aunque también puede reproducir una misma solución en ambientes con exposiciones distintas. La mejora selectiva debe conservar la eficiencia del sistema portante y localizar las intervenciones donde la relación entre desempeño, costo y ejecución sea favorable (Instituto del Cemento Portland Argentino, 2021). En este trabajo, la abreviatura H.A. designa el hormigón armado.

Los sistemas comerciales de encofrado modular de aluminio documentan la ejecución seriada de muros y losas de hormigón mediante vaciados coordinados y elementos configurados para cada proyecto. Forsa y Kubiec describen soluciones destinadas a la construcción repetitiva de unidades habitacionales mediante vaciados monolíticos; esta documentación respalda la caracterización general del proceso industrializado, pero no define por sí misma el espesor admisible de los muros ni su desempeño termoacústico. Tales condiciones dependen del diseño estructural y de la composición específica de cada proyecto (Forsa, s. f.; Kubiec, s. f.).

1.2 Confort y exposición residencial

El confort residencial integra condiciones térmicas, acústicas, lumínicas y de calidad del aire. En Cuenca se han documentado particularidades locales de percepción térmica y existe regulación municipal sobre ruido ambiental que aconsejan contextualizar la exposición, sin convertir los límites de emisión en valores de aislamiento del cerramiento (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca, 2024; Quesada Molina & Bustillos Yaguana, 2018). World Health Organization (2018) y World Health Organization Regional Office for Europe (2018) relacionan el ruido ambiental excesivo con molestia, alteraciones del sueño y otros efectos sobre la salud, y reconocen que niños, personas mayores y otros grupos sensibles pueden requerir condiciones interiores más protectoras.

La permanencia prolongada en la unidad habitacional modifica la importancia de la calidad ambiental interior. La evidencia sobre trabajo desde casa relaciona la disponibilidad de un espacio apropiado, el control del ruido, la iluminación y el confort con el bienestar, la satisfacción y la productividad percibida (Pang et al., 2021; Tleuken et al., 2022). De manera análoga, el sueño diurno de personas con turnos nocturnos o rotativos puede coincidir con los periodos de mayor tránsito y actividad vecinal, por lo que la protección del dormitorio adquiere prioridad.

Los perfiles de aplicación —familias con bebés, personas mayores, teletrabajadores y usuarios que duermen durante el día— se utilizan como una estructura de consulta, no como categorías deterministas. La necesidad de una mejora no se presume por pertenecer

a un grupo, sino que se verifica mediante la exposición, el uso del recinto y el sistema constructivo de cada unidad.

Tabla 1

Matriz cualitativa para priorizar necesidades de confort

Perfil o exposición	Señales para identificar la necesidad	Usuarios o recintos sensibles	Elemento a revisar
Familias con bebés	Siestas, estabilidad térmica o dormitorio expuesto	Dormitorio y espacio del bebé	Fachada, abertura y medianera
Personas mayores o en recuperación	Mayor permanencia, sensibilidad térmica o interrupciones	Dormitorio y sala	Envoltente, aberturas y sellos
Teletrabajo o estudio	Jornadas prolongadas, llamadas y concentración	Estudio, sala o dormitorio adaptado	Fachada, abertura y medianera
Sueño diurno	Descanso coincide con tránsito o actividad vecinal	Dormitorio	Fachada, medianera y entrepiso
Ruido exterior	Tráfico, comercio, equipos o estacionamiento	Dormitorios y estudio	Fachada y abertura completa
Colindancia crítica	Gimnasio, salón comunal, circulación o equipos	Dormitorio y sala	Medianera y entrepiso
Gran acristalamiento	Pérdida térmica, radiación o elemento débil acústico	Recintos de permanencia	Muro, abertura y proporción
Sin brecha ni exposición especial	Base cumple con holgura y uso ordinario	Cualquier recinto	Mantener base; mejora opcional

Nota. Matriz de cribado por unidad, es decir, de revisión inicial para identificar dónde conviene analizar una mejora. Orienta cuándo conviene ejecutar el modelo y qué componente revisar; no representa una medición clínica, una segmentación comercial concluyente ni una estimación de disposición a pagar. La Tabla 1 sintetiza este criterio de selección inicial.

1.3 Respuesta termoacústica de sistemas compuestos

La masa y la continuidad del hormigón favorecen el aislamiento frente al ruido aéreo, pero la conductividad de una hoja delgada limita su resistencia térmica. El índice ponderado de reducción acústica R_w expresa, en decibelios (dB), la capacidad de un elemento para atenuar el ruido aéreo en laboratorio; un valor mayor indica mejor aislamiento. El nivel normalizado de ruido de impacto $L_{n,w}$ también se expresa en decibelios, pero se interpreta en sentido contrario: cuanto menor es su valor, menor es el

ruido transmitido al recinto receptor. Una losa pesada puede ofrecer un comportamiento aéreo favorable y, al mismo tiempo, transmitir impactos por su rigidez y por las vías estructurales. La respuesta depende del ensamblaje completo: espesor, masa superficial, uniones, huecos, sellos, cámaras, materiales absorbentes y transmisión por flancos (International Organization for Standardization [ISO], 2017a, 2017b, 2020b, 2020c).

En los sistemas masa–resorte–masa, dos hojas separadas actúan como masas y el aire de la cámara funciona como un resorte que transmite vibraciones entre ellas. El material fibroso amortigua parte de esa respuesta; por ello, la cámara, las placas y los encuentros se evalúan como una unidad. No es metodológicamente correcto atribuir al aislante el R_w de la pared completa ni transferir resultados entre EPS y lana de vidrio sin revisar composición, montaje y evidencia del ensamblaje (Asociación Técnica y Empresarial del Yeso et al., 2016; Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019; Miškinis et al., 2018).

1.4 Hibridación constructiva y aberturas

En esta tesis, la hibridación constructiva se define operativamente como la incorporación o sustitución selectiva de capas o subsistemas sin alterar la lógica portante principal. Cada alternativa se estudia como un conjunto: hormigón, cámara, placa de yeso-cartón, aislante, estructura auxiliar, fijaciones, encuentros y sellos. Cámaras vacías, lana de vidrio, poliestireno expandido (EPS) interior, sistema de aislamiento térmico exterior (SATE) y bloque complementario no son equivalentes por el solo hecho de añadir una capa.

En fachadas, la abertura puede dominar el resultado térmico y acústico. La transmitancia térmica U expresa el flujo de calor que atraviesa un metro cuadrado del cerramiento por cada grado de diferencia de temperatura; por ello, un valor menor representa un mejor desempeño térmico. La comparación debe corresponder al conjunto formado por vidrio, cámara, marco, tipo de apertura, herrajes, sellos, juntas e instalación. Tanto U como el aislamiento acústico deben referirse a la abertura completa; el vidrio aislado no representa por sí solo la prestación instalada (ISO, 2017f; National Fenestration Rating Council, s. f.; U.S. Department of Energy, s. f.).

El vidrio laminado y el doble acristalamiento con cámara responden a mecanismos diferentes. El primero se compone de dos hojas unidas mediante una lámina polimérica intermedia, generalmente de butiral de polivinilo (PVB); esta capa desacopla parcialmente las hojas y amortigua las vibraciones generadas por las ondas sonoras. La notación 6–8–6 mm, en cambio, describe dos hojas de vidrio de 6 mm separadas por una cámara de 8 mm. Aunque la cámara mejora principalmente el comportamiento térmico y también puede contribuir al aislamiento acústico, su respuesta depende de la masa y el espesor de las hojas, la distancia entre ellas y la simetría de la composición. Cuando ambas hojas tienen el mismo espesor, sus efectos de resonancia pueden coincidir y limitar la ganancia acústica. Por esta razón, la presencia de una cámara no garantiza por sí sola un índice R_w superior; el uso de espesores asimétricos, una cámara mayor o una hoja laminada puede modificar

favorablemente la respuesta (AGC Glass Europe, 2018; Guardian Glass, s. f.; U.S. Department of Energy, s. f.).

El catálogo del modelo adopta, como escenarios referenciales, $R_w = 31, 32$ y 33 dB para las ventanas proyectables con vidrio monolítico de 6 mm, laminado nominal de 6 mm y doble acristalamiento 6-8-6 mm, respectivamente. Para las puertas corredizas con los mismos tipos de vidrio se emplean 30, 31 y 30 dB. Estos valores no corresponden a ensayos de las carpinterías del proyecto: se obtuvieron de tabulaciones y de diferencias observadas entre conjuntos de cierre por compresión y corredizos con acristalamientos comparables. En consecuencia, se utilizan para prefactibilidad y deben sustituirse cuando exista una ficha o un ensayo del sistema completo. Del mismo modo, U_g , correspondiente al vidrio, y U_w , correspondiente a la ventana completa, no son intercambiables.

1.5 Materiales aislantes y revestimientos

El EPS estándar se emplea principalmente como aislante térmico rígido. La lana de vidrio —un tipo de lana mineral— aporta resistencia térmica y, como absorbente dentro de cámaras correctamente resueltas, puede contribuir al aislamiento del ensamblaje. El EPS elastificado o EPS-T constituye un producto diferente, caracterizado por su comportamiento resiliente, es decir, su capacidad de deformarse y recuperar la forma, en aplicaciones específicas. Conductividad, densidad, espesor y desempeño dependen del producto y del montaje.

Los cielos rasos de estuco se consideran sistemas suspendidos con cámara, no revestimientos adheridos. Las razones para excluirlos del catálogo activo se desarrollan en el apartado 4.10.3.

La manta acústica corresponde a una capa resiliente instalada bajo un piso flotante para reducir la transmisión del ruido de impacto desde la fuente. La reducción ponderada del nivel de presión sonora de impactos, ΔL_w , expresa en decibelios cuánto disminuye dicho nivel; un valor mayor representa una mayor reducción. Su eficacia depende de la rigidez dinámica, la compresibilidad, el espesor, la continuidad perimetral, la carga del piso y el comportamiento del sistema completo (Lee & Kim, 2014).

El escenario base incorpora una capa bajo piso identificada como Polyexpanded de 2 mm. La especificación del proyecto solo confirma una manta aislante de polietileno, sin identificar producto ni prestación. El apartado 2.6 documenta la reducción de impacto adoptada por analogía; el apartado 4.10.4 explica la exclusión de una manta especializada adicional.

1.6 Prefactibilidad, constructibilidad e Índice de Conveniencia Integral

La prefactibilidad compara alternativas con una definición suficiente para orientar una decisión temprana, sin alcanzar el detalle de una especificación ejecutiva ni certificar el desempeño construido. El modelo paramétrico utiliza entradas modificables y relaciones de cálculo para comparar escenarios. La constructibilidad complementa el costo porque soluciones económicamente próximas pueden exigir secuencias, recursos, accesos y controles diferentes (Construction Industry Institute, 2006). El Índice de Conveniencia

Integral (ICI) combina puntuaciones técnicas, económicas y constructivas mediante pesos explícitos. Este tipo de indicador compuesto normaliza variables con unidades distintas y no sustituye el juicio del usuario (Organisation for Economic Co-operation and Development & European Commission, Joint Research Centre, 2008; Triantaphyllou, 2000).

1.7 Marco técnico-normativo

La NEC-HS-EE constituye el marco ecuatoriano de referencia térmica. Para el caso analizado en Cuenca, el modelo utiliza los valores de la columna «Habitable no climatizado» de la Tabla 6: U máxima de $2,35 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ para paredes y $5,78 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ para acristalamiento vertical. Estas referencias se distinguen de las transmitancias calculadas para cada sistema. El semáforo de U equivalente constituye una herramienta comparativa de prefactibilidad y no sustituye la comprobación integral de la envolvente.

Para comparar escenarios se distingue el aislamiento del elemento del comportamiento del edificio. R_w es el índice ponderado de reducción acústica, expresado en dB: un valor mayor indica mayor aislamiento aéreo. RA adapta el aislamiento al espectro de ruido rosa, que sirve como referencia de contenido sonoro, y se aproxima a $R_w + C$; ΔRA expresa la ganancia al añadir un revestimiento. Los términos C y C_{tr} son correcciones espectrales; C_{tr} considera un espectro con mayor presencia de bajas frecuencias, como el tráfico. Por ello, R_w , $R_w + C$, $R_w + C_{tr}$ y RA no se intercambian. El modelo utiliza R_w para paredes y aberturas, y RA para losa y cielos rasos, sin sumarlos en una misma operación física (ISO, 2020b, 2020c; Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019).

En el edificio terminado, $D_{nT,A}$ y $D_{2m,nT,Atr}$ describen el aislamiento entre recintos y frente al exterior, respectivamente, con ajustes por las condiciones de medición; valores mayores son favorables. $L'_{nT,w}$ describe el nivel de impacto recibido y mejora cuando disminuye. Estos indicadores incorporan condiciones del edificio que no representan directamente los valores de catálogo. Los estados del modelo constituyen referencias internas de prefactibilidad y no certificaciones in situ, es decir, obtenidas mediante mediciones en la obra (ISO, 2014, 2016, 2020a; Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019).

Para el cribado comparativo, el modelo utiliza 35 dB para fachada, 50 dB para medianera y $L_{n,w} = 65 \text{ dB}$ como máximo de impacto. Estas magnitudes guardan relación con valores de protección empleados para el edificio terminado, pero en esta investigación funcionan exclusivamente como referencias internas aplicadas a indicadores simplificados del modelo. No equivalen directamente a $D_{2m,nT,Atr}$, $D_{nT,A}$ ni $L'_{nT,w}$, no constituyen exigencias normativas ecuatorianas y no certifican el cumplimiento de la obra construida. Su función es identificar brechas, ordenar alternativas y señalar los casos que requieren una verificación posterior del sistema completo (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019). El apartado 4.11 reúne las limitaciones de estas estimaciones.

En 2026 el Salario Básico Unificado (SBU) es USD 482 y el límite superior VIP incorporado es 229 SBU, equivalentes a USD 110.378. La comparación se refiere al precio

de la unidad habitacional y no constituye aprobación de crédito ni elegibilidad individual (Junta de Política y Regulación Financiera, 2023; Ministerio del Trabajo, 2025).

En el ámbito local, el Anexo 8 de las Normas de Arquitectura y Urbanismo de Cuenca, apartado 2.1.5, literal a), contempla la protección acústica de las separaciones entre unidades habitacionales y entre estas y espacios comunitarios. Para los muros entre unidades establece dos soluciones: ladrillo macizo con espesor mínimo de 15 cm, o dos muros de ladrillo de al menos 10 cm cada uno, separados por una cámara de aire mínima de 5 cm. También admite otros procedimientos cuando el proyectista y el constructor demuestren su eficiencia conforme a la NEC (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca, 2025, p. 74). Estos espesores corresponden a soluciones de ladrillo y no permiten determinar, por sí solos, el cumplimiento de los sistemas de hormigón estudiados. El modelo aporta una comparación de prefactibilidad, pero no sustituye esa demostración técnica. Para las aberturas, conserva como referencia local un área mínima equivalente al 15 % del área útil del ambiente, sin sustituir la comprobación integral de iluminación y ventilación (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca, 2025). Las referencias térmicas proceden del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2018).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODO

2.1 Enfoque y diseño

La investigación es aplicada, no experimental y comparativa. El modelo recibe datos geométricos, técnicos y económicos; ejecuta cálculos reproducibles; compara escenarios; y presenta indicadores para la decisión. La unidad de análisis cuantitativa es el departamento del caso C y, dentro de él, cada ambiente seleccionado.

Para completar la información económica y constructiva del caso de aplicación, el 8 de septiembre de 2026 se realizaron dos consultas técnicas. La primera, mediante mensajería instantánea con un técnico de la empresa, aportó costos unitarios y características básicas de muros y aberturas. La segunda consistió en una llamada telefónica al arquitecto responsable del proyecto, también socio de la misma empresa, para precisar criterios sobre el margen, los cielos rasos, el sistema de ventanas y las restricciones aplicables a los muros. Para preservar la confidencialidad, se emplean los códigos IT-01 e IA-02 y se omiten los nombres de las personas y de la empresa. Los datos económicos se incorporan como información declarada y no auditada. En el caso C se conservan los muros de H.A. de 20 cm, pues su sustitución no está permitida ni forma parte de las alternativas evaluadas.

2.2 Casos de referencia y caso de aplicación

Tabla 2

Caracterización y función de los casos

Caso	Tipología y función	Fachada	Medianera	Entrepiso
A	Casa adosada de tres niveles · referencia documental	Muro H.A. 10 cm	Muro H.A. 10 cm + bloque 10 cm, dos caras	Losa H.A. 10 cm + piso laminado AC4 + Polyexpanded 2 mm
B	Casa adosada de tres niveles · referencia documental	Muro H.A. 10 cm	Muro H.A. 10 cm + cámara + yeso-cartón, dos caras	Losa H.A. 10 cm + piso laminado AC4 + Polyexpanded 2 mm

Caso	Tipología y función	Fachada	Medianera	Entrepiso
C	Departamento de 45,00 m ² · aplicación cuantitativa	Muro H.A. 10 cm	Muro H.A. 20 cm	Losa H.A. 40 cm + piso laminado AC4 + Polyexpanded 2 mm, cielo raso en cocina y baños

Nota. La medianera de muro H.A. de 20 cm corresponde al caso C, mientras que la solución de muro H.A. de 10 cm con cámara y placa de yeso-cartón en ambas caras procede del caso B. Los casos A y B cumplen una función documental; el caso C concentra la aplicación cuantitativa. Para comparar el entrepiso con una base única, el modelo representa la condición inicial como «Losa H.A. 40 cm + piso flotante laminado AC4 + Polyexpanded 2 mm». Esta representación permite ejecutar el análisis, pero no acredita el producto construido ni su reducción acústica ensayada. La Tabla 2 identifica la función documental de los casos y la base aplicada.

Tabla 3

Datos geométricos del caso C

Elemento o ambiente	Geometría	Fachada	Abertura existente	Uso
Unidad	Departamento · 45,00 m ²	—	—	Cálculo por unidad
Edificio	11 plantas + 2 subsuelos · 14.798,39 m ²	—	—	Caracterización
Dormitorio máster	2,80 × 3,50 m	2,80 × 2,40 m = 6,72 m ²	2,80 × 2,40 m = 6,72 m ²	ID 1 · «Sin pared» en base
Sala	2,80 × 3,50 m	2,80 × 2,40 m = 6,72 m ²	2,80 × 2,40 m = 6,72 m ²	ID 2 · «Sin pared» en base
Abertura ajustada	1,40 × 2,40 m	Área opaca 3,36 m ²	Área acristalada 3,36 m ²	50 % muro / 50 % vidrio

Nota. La geometría se ingresa desde un plano acotado; el modelo calcula superficies y porcentajes derivados. La Tabla 3 resume la geometría activa del caso C.

La aplicación comienza con el cribado de exposición y uso definido en el alcance de la investigación. En el caso C, el entorno acústico «Medio» se asignó mediante una valoración cualitativa del sitio, sin mediciones *in situ*. Esta entrada permite desarrollar la comparación, pero deberá contrastarse con la exposición sonora medida antes de aplicarla al proyecto real.

Las especificaciones de acabados del proyecto prevén, para las áreas sociales y los dormitorios, piso SPC —revestimiento vinílico de núcleo rígido con carga mineral— o piso flotante laminado de tráfico residencial alto (AC4), colocado sobre una manta aislante de polietileno con la finalidad declarada de mitigar la transmisión acústica entre niveles. El modelo adopta el segundo acabado para construir un escenario único de comparación. La documentación recibida no identifica la marca, la referencia comercial, el espesor, las propiedades dinámicas ni la reducción acústica ensayada de la manta. La expresión «para mitigar» describe una intención de diseño y no una prestación acústica cuantificada.

El escenario común del cálculo utiliza la losa de H.A. de 40 cm, piso flotante laminado AC4 y Polyexpanded de 2 mm. El apartado 2.6 explica la reducción acústica adoptada por analogía y sus límites de aplicación.

En el edificio del caso C, los cielos rasos de yeso-cartón se utilizan en baños y cocinas para alojar tuberías; en dormitorios y salas, la losa recibe empaste y pintura (IA-02, comunicación personal, 8 de septiembre de 2026).

2.3 Arquitectura y funcionamiento del modelo paramétrico

El modelo paramétrico se desarrolló como herramienta de apoyo a la decisión en etapa de prefactibilidad. Integra diagnóstico técnico, costo incremental, conservación del margen, constructibilidad e ICI. No selecciona una alternativa por alcanzar el valor físico más alto: diagnostica la base, identifica el componente dominante, cuantifica la mejora y contrasta su magnitud con la incidencia económica y las exigencias de ejecución.

La unidad de análisis es la unidad habitacional y, dentro de ella, cada ambiente activado. La geometría, la proporción muro—abertura, la exposición, la colindancia y el uso se registran por ambiente; las salidas se agregan para la unidad analizada.

Figura 1

Flujo lógico del modelo paramétrico

1. Entradas Datos generales, geometría, criterios técnicos, costos, venta y margen	2. Sistemas Selección desde el catálogo	3. Cálculo técnico / Ueq, aislamiento aéreo y $L_{n,w}$	4. Evaluación Costo, margen y constructibilidad	5. Salidas / escenarios, ICI, reporte y resumen ejecutivo
---	--	---	--	--

Nota. Elaboración propia. El margen mínimo es una entrada; el margen resultante es una salida recalculada para cada escenario.

Como muestra la Figura 1, el flujo comprende la definición de datos y criterios, el ingreso de geometría, la activación de ambientes, la selección del sistema base o actual y de la alternativa mediante listas desplegables, el diagnóstico de U, aislamiento acústico aéreo estimado y $L_{n,w}$, el cálculo de mejoras, la evaluación del costo y la constructibilidad, y la síntesis mediante escenarios, reporte, resumen ejecutivo e ICI. La hoja 01_Entrada concentra los datos y las ponderaciones; 02_Ambientes, la geometría; 03_Proformas, las referencias comerciales; 04_Catalogo, las propiedades; 05_Fachadas, 06_Medianeras y

07_Entrepiso, los cálculos; 08_Resultados, los escenarios; 09_Reporte, el informe de salida; y 10_Resumen_Ejecutivo, la síntesis. Las hojas 00_Guia y 11_Listas apoyan la operación.

Los nombres de las listas desplegadas funcionan como claves de consulta. Al seleccionar un sistema, las fórmulas recuperan su composición, U, aislamiento acústico aéreo estimado, L_n, w , reducción de impacto, costo y constructibilidad, según corresponda. Las celdas editables se distinguen visualmente de las calculadas; el usuario debe intervenir únicamente en las entradas y comprobar que cada grupo de ponderaciones sume 100 %. Toda modificación del catálogo deberá registrar el nombre completo del sistema, la unidad, la fuente, la fecha de referencia y el alcance del valor comercial, especificando si comprende suministro e instalación. Los costos se registrarán sin IVA para mantener una base homogénea de comparación. Asimismo, deberá conservarse la correspondencia entre la denominación del sistema, las listas desplegadas y las fórmulas dependientes.

El reporte presenta el diagnóstico y los escenarios; el resumen ejecutivo compara las dos opciones, muestra los resultados del paquete integral y señala la alternativa con mayor ICI dentro de cada perfil. «Cumple» indica que los elementos aplicables alcanzan el criterio interno; «No cumple», que al menos una fila activa no lo alcanza; y «No aplica», que el elemento no corresponde a la tipología o no existen filas activas. «Cumple mínimo», «Cumple mejorado» y «Cerca de cumplir» son categorías internas de lectura y no niveles normativos adicionales. Los estados térmico y acústico se calculan de forma independiente.

Tabla 4

Variables de entrada y criterios utilizados por el modelo

Variable o indicador	Valor utilizado en el caso	Lectura	Uso
Costo base referencial estimado	USD 38.482,90	Estimado a partir de venta y margen declarado; no auditado	Base financiera
Precio de venta	USD 45.274,00	Dato declarado; actualizar por proyecto	Utilidad y margen
Margen mínimo	10 % sobre el precio de venta	Criterio declarado; mayor margen ofrece más holgura	Viabilidad
SBU 2026 / umbral VIP	USD 482 / 229 SBU	Referencia documental correspondiente a 2026	Control preliminar

Variable o indicador	Valor utilizado en el caso	Lectura	Uso
U de referencia	2,35 muro / 5,78 ventana [W/(m ² ·K)]	Referencias adoptadas; menor U es mejor	Diagnóstico térmico
Criterio mínimo de aislamiento aéreo	35 dB fachada / 50 dB medianera	Criterios internos; mayor aislamiento es mejor	Cribado acústico interno
L _{n,w} máximo	65 dB	Criterio interno; menor nivel es mejor	Impacto
Reducción de impacto	ΔL_w (dB)	Estimación por fuente comparable; mayor reducción es mejor	Comparación con la base
Constructibilidad	Cinco subpuntuajes de 1 a 5; resultado de 20 a 100 %	Valoración inicial de la autora; mayor es más favorable	Ejecución relativa
Costo incremental negativo	Ahorro frente a la base	Calculado; valor negativo significa ahorro	Sustituciones
Abertura mínima	15 % del área del ambiente	Criterio geométrico; comprobar por ambiente	Ajuste del vano
Pesos internos de ST	50 % térmico / 50 % acústico	Decisión metodológica editable; suma 100 %	Integración técnica

Variable o indicador	Valor utilizado en el caso	Lectura	Uso
Umbral de sensibilidad del ICI	2,00 puntos	Regla de la autora; comprobar sensibilidad	Lectura comparativa

Nota. La Tabla 4 distingue tres niveles de información: referencias documentales, criterios internos de lectura y supuestos operativos. Las referencias térmicas, el SBU y el umbral VIP proceden de documentos aplicables al caso. Las referencias acústicas de 35 dB para fachada, 50 dB para medianera y $L_{n,w} = 65$ dB, las bandas de lectura de 10 % y 3 dB y el umbral de cercanía del ICI de 2,00 puntos son reglas internas diseñadas para uniformar la comparación de prefactibilidad. No constituyen exigencias normativas, umbrales experimentales ni preferencias del mercado. Los valores obtenidos por analogía, las proformas, los datos económicos declarados y los puntajes de constructibilidad son supuestos operativos que deben conservar su fuente, fecha, alcance y condición de uso.

2.4 Preparación geométrica y cálculo térmico

Para cada ambiente activo se registran ancho, fondo, frente de fachada, altura interior y dimensiones de la abertura existente y propuesta. El área acristalada se limita entre cero y el área total del paño para evitar áreas opacas negativas. El modelo calcula además el 15 % del área del ambiente como control geométrico; la denominación «ajustada» identifica la configuración propuesta y comparada, sin demostrar que sea el óptimo entre todas las geometrías posibles. Su aplicación exige comprobación arquitectónica, lumínica, de ventilación, impermeabilización y estructura.

$$A_f = b_f \cdot h; A_v = \max[0, \min(A_f, b_v \cdot h_v)]; A_m = A_f - A_v \quad (1)$$

La opción «Sin pared» representa una fachada completamente acristalada: $A_m = 0$ y $A_v = A_f$. En esa rama, $U_{eq} = U_v$ y $R_{eq} = R_v$; el muro, su costo y su constructibilidad se excluyen del cálculo. «Sin pared» no significa «No aplica»: la fachada continúa sujeta al diagnóstico y cualquier mejora debe actuar sobre la abertura completa.

Para las capas homogéneas dispuestas en serie, la resistencia térmica total se obtiene sumando las resistencias superficiales y las de los materiales (ISO, 2017d). En la ecuación (2), e_i representa el espesor de cada capa, en metros; λ_i es su conductividad térmica, en $W/(m \cdot K)$; y R_i es la resistencia resultante, en $m^2 \cdot K/W$. La transmitancia U es el inverso de la resistencia total y mejora cuando disminuye. Se adoptaron resistencias superficiales de 0,13 y 0,04 $m^2 \cdot K/W$ para las caras interior y exterior, así como conductividades de 2,30 $W/(m \cdot K)$ para el H.A., 0,25 para la placa de yeso-cartón, 0,040 para el EPS y 0,035 para la lana de vidrio. Para el muro H.A. de 10 cm con cámara de aire y placa se adopta $U = 2,25 W/(m^2 \cdot K)$, entrada del catálogo del modelo utilizada en la comparación. La profundidad nominal de los perfiles se define en el apartado 2.10.2; no constituye por sí sola una validación térmica del trasdosado. Las resistencias de materiales

y superficies se apoyan en los documentos de referencia (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2020; Ministerio de Vivienda, 2009).

$$R_i = e_i/\lambda_i; R_{tot} = R_{si} + \sum R_i + R_{se}; U = 1/R_{tot} \quad (2)$$

La fachada completa se evalúa mediante un promedio por áreas de los flujos del muro y la abertura. La fórmula no incorpora de forma explícita puentes térmicos lineales — encuentros donde se concentra la transmisión de calor— ni sustituye los métodos específicos para ventanas y encuentros (ISO, 2017e, 2017f).

La transmitancia de las ventanas y puertas se estimó para el conjunto de vidrio, marco y borde. En la ecuación (3a), A_g y A_f son las áreas del vidrio y del marco; U_g y U_f , sus transmitancias; l_g , la longitud del borde; y ψ_g , la transmitancia térmica lineal del encuentro entre vidrio y marco (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2020).

$$U_w = (A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \psi_g) / (A_g + A_f) \quad (3a)$$

Se utilizaron geometrías térmicas de referencia de $1,25 \times 1,50$ m para ventanas y $1,40 \times 2,40$ m para puertas, con marco metálico sin rotura de puente térmico; esto significa que no se incorpora una interrupción aislante de la continuidad del metal. Para la ventana se adoptaron $A_g = 1,4214$ m², $A_f = 0,4536$ m² y $l_g = 7,58$ m; para la puerta, $A_g = 2,6904$ m², $A_f = 0,6696$ m² y $l_g = 11,48$ m. El ancho de marco de 60 mm y el encuentro entre hojas de 100 mm son hipótesis geométricas del cálculo, no dimensiones medidas de la carpintería instalada.

Las entradas térmicas fueron $U_f = 5,70$ W/(m²·K), $U_g = 5,70$ para vidrio monolítico y 5,60 para laminado. Para el doble acristalamiento se adoptó $U_g = 3,0809$ W/(m²·K), obtenido interpolando los valores 3,30 y 3,00 para cámaras de 6 y 9 mm y añadiendo la resistencia de 2 mm de vidrio: $U_g = \{1/[3,30 + (8 - 6)/(9 - 6) \times (3,00 - 3,30)] + 0,002/1,0\}^{-1}$. Se empleó $\psi_g = 0,02$ W/(m·K) para el doble acristalamiento y cero para monolítico y laminado. Son parámetros tabulados y adaptados al escenario, no prestaciones declaradas por el proveedor (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2020; Ministerio de Vivienda, 2009).

Al sustituir estos datos en la ecuación (3a), el monolítico produce $U = 5,70$ W/(m²·K) para ambas aberturas; el laminado, 5,6242 para la ventana y 5,6199 para la puerta, registrados como 5,62; y el doble acristalamiento, 3,7954 y 3,6712, registrados como 3,80 y 3,67. Las dimensiones de referencia permiten asignar valores homogéneos al catálogo. Las áreas reales de 6,72 y 3,36 m² se utilizan después en la integración de la fachada; no se ha demostrado que la carpintería a esas dimensiones conserve exactamente la U de referencia.

$$U_{eq} = (U_m \cdot A_m + U_v \cdot A_v) / (A_m + A_v) \quad (3b)$$

En la ecuación (3b), U_m y U_v representan la transmitancia térmica del muro opaco y de la ventana o puerta, respectivamente; A_m y A_v corresponden a sus áreas. La comparación entre $U_m \cdot A_m$ y $U_v \cdot A_v$ permite reconocer cuál componente tiene mayor

incidencia sobre el flujo térmico equivalente. Esta lectura no cuantifica las ganancias solares ni el riesgo de sobrecalentamiento; para ello se requieren el factor solar o valor g, la orientación y el sombreado, variables que el modelo paramétrico no incorpora.

$$M_U = \max[0, (U_{eq,0} - U_{eq,1})/U_{eq,0}] \quad (4)$$

La expresión MU produce una proporción entre 0 y 1, que se multiplica por 100 para su presentación porcentual. La lectura cromática distingue Cumple mejorado, Cumple mínimo, Cerca de cumplir y No cumple. Para U, el desempeño mejora al disminuir. Cumple mejorado exige alcanzar el criterio y reducir U al menos 10 % respecto de la base. Cerca de cumplir identifica una transmitancia superior al criterio, con una brecha de hasta 10 % respecto de este. La primera comparación utiliza la base como denominador; la segunda utiliza el criterio. Una mejora respecto de la base no asegura por sí sola alcanzar el criterio.

La banda de 10 % se adopta como regla proporcional de lectura: permite expresar la magnitud del cambio en relación con el valor de comparación, en lugar de fijar una diferencia absoluta de U para todos los sistemas. Su valor exacto es una configuración operativa sencilla para separar categorías, no un porcentaje obtenido de una calibración. No representa tolerancia normativa, incertidumbre de cálculo ni mejora de confort demostrada. El análisis con bandas de 8 %, 10 % y 12 % examina si esta elección modifica las etiquetas; no demuestra que 10 % sea el único valor adecuado. Su función y sus consecuencias se distinguen, por tanto, de la comprobación técnica de la envolvente.

Tabla 5

Ejemplo de resistencia térmica con EPS y lana de vidrio

Capa o resultado	Con EPS	Con lana de vidrio	Unidad
Resistencia interior Rsi	0,130	0,130	m ² ·K/W
Muro H.A. de 10 cm	0,10/2,30 = 0,043	0,10/2,30 = 0,043	m ² ·K/W
Aislante de 50 mm	0,05/0,040 = 1,250	0,05/0,035 = 1,429	m ² ·K/W
Yeso-cartón de 12,7 mm	0,0127/0,25 = 0,051	0,0127/0,25 = 0,051	m ² ·K/W
Resistencia exterior Rse	0,040	0,040	m ² ·K/W
Resistencia total	1,514	1,693	m ² ·K/W
U calculada	0,66	0,59	W/(m ² ·K)
U incorporada al catálogo	0,66	0,59	W/(m ² ·K)

Nota. El cálculo térmico simplificado considera U = 0,66 W/(m²·K) con EPS y 0,59 con lana de vidrio. Para el muro H.A. de 10 cm se utiliza U = 4,68 W/(m²·K); para el sistema con cámara de aire y placa, U = 2,25 W/(m²·K). Este último valor se utiliza como parámetro comparativo; su correspondencia con el ensamblaje propuesto requiere comprobación. Las estimaciones omiten los puentes térmicos de perfiles, fijaciones y encuentros (ISO, 2017d, 2017e).

2.5 Cálculo acústico de fachadas y medianeras

2.5.1 Estimación de paredes masivas y trasdosados

La masa superficial m' expresa cuántos kilogramos de material existen por cada metro cuadrado de pared. Para los muros masivos se calculó como el producto de la densidad por el espesor y se aplicó la relación de masa $R_w \approx 30,9 \log_{10}(m') - 22,2$ propuesta por Homann (2018, p. 140). Con una densidad de 2.400 kg/m^3 , los muros de H.A. de 10 y 20 cm alcanzan masas de 240 y 480 kg/m^2 , de las que resultan 51,35 y 60,65 dB; el catálogo conserva 51 y 61 dB. El muro H.A. de 10 cm con bloque hueco adherido en ambas caras y enlucido exterior hacia los dos recintos se aproximó mediante una masa equivalente de 575 kg/m^2 y se registró con $R_w = 63 \text{ dB}$. Estos valores son cálculos de masa, no resultados de ensayo.

La masa equivalente de 575 kg/m^2 comprende 240 del hormigón, 240 de los dos bloques, 38 del mortero de unión y 57 del enlucido. Por cada cara se adoptaron bloque de 0,10 m con densidad aparente de 1.200 kg/m^3 , mortero de unión de 0,010 m y enlucido de 0,015 m, ambos de 1.900 kg/m^3 : $240 + 2 \times (0,10 \times 1.200 + 0,010 \times 1.900 + 0,015 \times 1.900) = 575 \text{ kg/m}^2$. Estas densidades equivalentes y los espesores de mortero y enlucido son hipótesis del cálculo, no mediciones de obra. La aproximación considera las capas adheridas como una masa conjunta y no representa separadamente la respuesta de los huecos ni las transmisiones laterales.

El trasdosado es el revestimiento interior secundario formado por una estructura auxiliar, una cámara y una placa de yeso-cartón. Su aporte se representó como una mejora ΔR añadida al valor de la pared base. No se utilizó una regla de tres sobre R_w , porque el decibelio es una unidad logarítmica. El informe IR-586 del National Research Council Canada comparó una misma pared y obtuvo STC 50 para la base, 52 con cámara vacía y placa en una cara, 59 con fibra de vidrio en una cara y 64 con fibra en ambas caras. STC es un índice norteamericano de aislamiento aéreo y no equivale exactamente a R_w ; por ello se utilizaron únicamente las diferencias de +2 y +9 dB como antecedentes comparativos, no como certificación de las paredes del proyecto (Warnock, 1990).

Para el muro H.A. de 20 cm, la mejora de 7 dB con lana de vidrio es una adopción metodológica de la autora. Se eligió un incremento menor que los 9 dB transferidos al soporte de 10 cm para representar una ganancia más conservadora sobre el soporte pesado. La evidencia comparativa orienta esa decisión, pero no determina exactamente los 7 dB mediante ensayo ni mediante una ecuación específica del muro propuesto. Cuando el revestimiento se aplica en ambas caras, se utilizó la relación $R_{\text{dos caras}} = R_{\text{base}} + 1,5\Delta R$ indicada en el Catálogo de elementos constructivos del CTE (Ministerio de Vivienda, 2009, apartados 4.4.1 y 4.4.1.3). De este modo, los valores con cámara son 53 y 54 dB sobre muro H.A. de 10 cm, y 63 y 64 dB sobre muro H.A. de 20 cm, para una y dos caras; con lana de vidrio son 60 y 65 dB, y 68 y 72 dB, respectivamente.

$$f_{\text{EPS}} = (38 - 35)/(48 - 35) = 0,2308; \quad R_{\text{EPS}} = R_{\text{cámara}} + f_{\text{EPS}} \cdot (R_{\text{lana}} - R_{\text{cámara}})$$

(5a)

El CTE no proporciona una mejora directamente aplicable al trasdosado con EPS estándar. Para establecer una posición comparativa se utilizaron los ensayos de Stani et al. (2005) sobre una misma pared ligera de yeso-cartón: 35 dB con cámara vacía, 38 dB con EPS y 48 dB con lana de vidrio. La ecuación (5a) sitúa el EPS en el 23,08 % del intervalo entre la cámara y la lana. Aplicada por separado a cada pared y número de caras, produce 55 y 57 dB sobre muro H.A. de 10 cm, y 64 y 66 dB sobre muro H.A. de 20 cm. Esta interpolación estima un valor intermedio a partir de dos extremos conocidos; no corresponde a un ensayo de las medianeras de hormigón.

2.5.2 Estimación de ventanas y puertas acristaladas

Para las ventanas proyectables se adoptaron $R_w = 31$ dB con vidrio monolítico de 6 mm, 32 dB con laminado nominal de 6 mm y 33 dB con doble acristalamiento 6-8-6 mm, a partir de tabulaciones y conjuntos comparables recogidos en el catálogo del CTE (Ministerio de Vivienda, 2009). Para las puertas corredizas no se dispuso de ensayos de los productos del proyecto. Por ello, se calcularon diferencias entre carpinterías de cierre por compresión y corredizas con acristalamientos comparables, publicadas por Architectural Window Systems (s. f.), Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO, 2018a, 2018b) y Wintec Systems (2025). Se adoptaron correcciones de -1 dB para el vidrio monolítico y el laminado, y de -3,5 dB para el doble acristalamiento; los valores enteros resultantes son 30, 31 y 30 dB.

Las estimaciones acústicas adoptan como condición de cálculo una puerta completamente cerrada y con juntas continuas; esta condición no acredita la hermeticidad del producto del proyecto. El marco, el número de hojas, los encuentros deslizantes, los sellos y la instalación pueden modificar el resultado. La prestación real requiere la ficha o el ensayo del conjunto completo.

2.5.3 Integración acústica de la fachada

Una vez establecidos valores R_w comparables para paredes y aberturas, la fachada se combinó mediante suma energética. Esta operación considera que el sonido transmitido por cada componente depende de su área y de su índice de reducción; por eso, una abertura con menor aislamiento puede dominar el conjunto aun cuando ocupe menos superficie. La fórmula no convierte un indicador en otro ni incorpora juntas, sellos defectuosos o transmisiones laterales. Cuando la composición o el indicador no coinciden con el elemento real, la salida se interpreta como escenario de prefactibilidad (ISO, 2017c, 2020b).

$$R_{eq} = -10 \log_{10}[(A_m \cdot 10^{(-R_m/10)} + A_v \cdot 10^{(-R_v/10)})/(A_m + A_v)] \quad (5)$$

En la ecuación (5), R_m y R_v representan los valores R_w estimados del muro y de la abertura; A_m y A_v corresponden a sus áreas. Los términos $A_m \cdot 10^{(-R_m/10)}$ y $A_v \cdot 10^{(-R_v/10)}$ expresan la contribución relativa de cada componente a la transmisión sonora. Con «Sin pared», $A_m = 0$ y el resultado equivale al de la abertura.

La denominación comercial «hermética» no acredita por sí sola una prestación térmica, acústica o de estanqueidad. La evaluación definitiva de la abertura requiere la ficha o el ensayo del conjunto completo: vidrio, perfilería, herrajes, sellos, dimensiones, encuentros e instalación. Frente al viento y la lluvia también deben verificarse la permeabilidad al aire, la estanqueidad al agua y la resistencia a la carga de viento; estas variables no se cuantifican en el modelo.

$$M_R = \max\{0, \min[1, 1 - 10^{(-\max(0, R_1 - R_0)/10)}]\} \quad (6)$$

La expresión MR produce una proporción entre 0 y 1, que se multiplica por 100 para su presentación porcentual. La mejora acústica relativa transforma la diferencia logarítmica en una escala común para incorporarla al ICI. No representa un porcentaje lineal de mejora en decibelios, sino una reducción relativa y adimensional de la transmisión sonora estimada. En la fachada, el puntaje técnico integra las mejoras térmica y acústica; en las medianeras considera exclusivamente la mejora acústica. El desempeño térmico mejora cuando disminuye la transmitancia U, mientras que el desempeño acústico aéreo mejora cuando aumenta el aislamiento estimado del sistema.

Se considera «Cumple mejorado» cuando la alternativa alcanza el valor de referencia y aumenta el aislamiento acústico aéreo estimado en al menos 3 dB respecto de la base. El estado «Cerca de cumplir» identifica una brecha de hasta 3 dB respecto del criterio. El incremento y la brecha tienen sentidos distintos: mejorar respecto de la base no elimina automáticamente la distancia al criterio.

La elección de 3 dB cuenta con una justificación matemática en la transformación energética utilizada: para un incremento de aislamiento de 3 dB, la transmisión relativa es $10^{-3/10} \approx 0,501$ y su reducción es aproximadamente 49,9 %. Esto permite distinguir escenarios con una separación energética interpretable. No significa la mitad de sonoridad percibida ni demuestra una diferencia apreciable en obra. Utilizar esa magnitud como banda de cercanía sigue siendo una regla interna: una alternativa por debajo del criterio conserva su brecha. Las bandas de 2, 3 y 4 dB examinan la sensibilidad de la clasificación, sin convertirla en exigencia normativa o en resultado experimental.

2.6 Ruido aéreo y de impacto del entrepiso

El entrepiso se activa para la tipología departamento. Como base se adoptó la losa maciza de H.A. de 40 cm del Catálogo de elementos constructivos del CTE, con densidad de 2.500 kg/m³ y masa superficial de 1.000 kg/m². Para este elemento, la fuente tabula RA = 71 dBA y L_{n,w} = 59 dB. RA cuantifica el aislamiento a ruido aéreo con adaptación espectral; L_{n,w} representa el nivel de impacto y mejora cuando disminuye (Ministerio de Vivienda, 2009, apartado 3.18.4).

$$m' = 2.500 \times 0,40 = 1.000 \text{ kg/m}^2 \quad (7)$$

$$R_{A,base} = 71 \text{ dBA}; L_{n,w,losa} = 59 \text{ dB} \quad (8)$$

$$L_{n,w,base} = 59 - 16 = 43 \text{ dB} \quad (9)$$

La especificación de acabados confirma una manta aislante de polietileno bajo el piso flotante, pero no identifica su reducción ΔL_w . Para completar el escenario se revisaron bases comparables de espuma de polietileno de 2 mm, con valores entre 12 y 18 dB; NOMA Parkett White Roll registra 16 dB, valor intermedio adoptado para el modelo. La ficha de Polyexpanded confirma su uso bajo piso flotante, pero no acredita esa prestación. Por tanto, $\Delta L_w = 16$ dB y el resultado de 43 dB son estimaciones por analogía que deberán actualizarse con el ensayo del producto realmente instalado (Estillon BV, s. f.; NMC SA, s. f.; Pintulac, s. f.; Wilsons Underlays Ltd., 2025).

$$\Delta L_{w,\text{total}} = \Delta L_{w,\text{piso}} + \Delta L_{w,\text{cielo}}; L_{n,w,\text{final}} = 59 - \Delta L_{w,\text{total}} \quad (10)$$

$$M_L = \max\{0, \min[1, 1 - 10^{(-\max(0, L_{n,w,0} - L_{n,w,1})/10)}]\} \quad (11)$$

$$M_{A,e} = (M_{R,e} + M_L)/2 \quad (12)$$

Para los cielos rasos se utilizaron las mejoras del apartado 4.5.2.1 del catálogo del CTE. A la solución con cámara de aire se asignaron $\Delta RA = 5$ dBA y $\Delta L_w = 5$ dB como analogía de la familia T01; a la solución con lana mineral de al menos 50 mm sobre soporte pesado se asignaron $\Delta RA = 7$ dBA y $\Delta L_w = 9$ dB. Sumadas a la reducción de 16 dB del piso, las reducciones totales son 21 y 25 dB. El catálogo paramétrico registra, por tanto, $RA = 71$ dBA, $L_{n,w} = 43$ dB y $\Delta L_w = 16$ dB para la base; 76 dBA, 38 dB y 21 dB con cámara; y 78 dBA, 34 dB y 25 dB con lana de vidrio. Son indicadores referenciales y no resultados de ensayo del entrepiso específico (Ministerio de Vivienda, 2009).

2.7 Incidencia económica y condición VIP

El costo incremental representa la diferencia entre el sistema propuesto y el sistema sustituido para el área realmente intervenida. Los valores negativos se conservan con su signo: representan ahorro frente a la base y no un error. El modelo diferencia las proformas de julio de 2026 de los costos unitarios declarados el 8 de septiembre de 2026. Todos los valores comerciales utilizados en la comparación se registran sin IVA; su alcance debe verificarse antes de formular un presupuesto contractual.

$$C_{\text{inc},f} = (A_{m,1} \cdot c_{m,1} + A_{v,1} \cdot c_{v,1}) - (A_{m,0} \cdot c_{m,0} + A_{v,0} \cdot c_{v,0}) \quad (13)$$

Cuando la geometría de una pared se conserva —es decir, no cambian sus dimensiones—, el costo incremental por metro cuadrado es el costo de la hibridación menos el empaste de pared que deja de ejecutarse en la cara cubierta. El costo base ya incluye empaste y pintura; como la proforma deja el revestimiento listo para pintar, la pintura prevista para el hormigón se sustituye por la del nuevo revestimiento y se neutraliza en la comparación. Cuando la geometría ajustada reduce una abertura y crea superficie opaca nueva, el modelo incorpora el muro completo con los acabados de sus dos caras, la hibridación y la nueva abertura, y descuenta el área de abertura retirada. No se resta empaste de una superficie que no existía en la configuración base.

La comparación económica se plantea durante el diseño y la construcción, antes de ejecutar los acabados sustituidos. Por eso se descuenta el empaste que dejaría de realizarse. La aplicación a una unidad habitacional ya terminada requiere un presupuesto

específico de retiro de acabados, desmontajes y reposiciones, trabajos que no están incluidos en estos incrementos.

$$C_{inc,m} = A_m \cdot (c_{m,1} - c_{m,0}); C_{inc,e} = A_e \cdot c_{cielo} \quad (14)$$

En medianeras de una cara, el modelo imputa a cada unidad habitacional el 50 % del costo incremental del revestimiento. En soluciones bilaterales, cada unidad asume el equivalente a una cara. Este reparto económico no reduce la superficie física ejecutada. Si una sola unidad asume íntegramente la intervención unilateral, deberá recalcularse el importe imputado. En los cielos rasos, el incremento por metro cuadrado se obtiene al restar al costo de la proforma el empaste de losa evitado. Cada descuento corresponde exclusivamente a su componente; la pintura se neutraliza porque sustituye al acabado previsto en la base.

$$Utilidad_s = V - C_0 - C_{inc,s}; Margen_s = Utilidad_s/V \quad (15)$$

$$V_{min,s} = (C_0 + C_{inc,s})/(1 - m_{min}) \quad (16)$$

El modelo expresa el margen como proporción del precio de venta. IA-02 indicó que, para el caso C, el margen inicial corresponde al 15 % del precio de venta y que el margen mínimo aceptable corresponde al 10 % del precio de venta. A partir del valor de venta de USD 45.274,00, el costo base referencial estimado se calculó mediante USD $45.274,00 \times (1 - 0,15) = \text{USD } 38.482,90$. Este valor no corresponde a un presupuesto integral auditado (IA-02, comunicación personal, 8 de septiembre de 2026). Ambos porcentajes son específicos del caso C y deben sustituirse por los datos del proyecto en nuevas aplicaciones. Si el margen resultante queda por debajo del mínimo ingresado, el escenario se clasifica como no viable. La venta mínima se compara con el umbral VIP como control preliminar, sin representar aprobación crediticia.

Como indicador financiero complementario, la venta mínima requerida por m² se obtiene al dividir la venta mínima total de la ecuación (16) entre el área de la unidad en planta. El denominador es 45,00 m² y no la suma de superficies de intervención. Este indicador permite identificar el precio unitario necesario para conservar el margen mínimo incluso cuando el importe total permanece dentro del umbral VIP; no añade un criterio independiente al ICI.

El margen mínimo financiero del 10 % tiene un origen distinto de la banda térmica del 10 %: corresponde al mínimo aceptable comunicado por el promotor para el caso C, calculado sobre el precio de venta (IA-02, comunicación personal, 8 de septiembre de 2026). El margen inicial del 15 % procede de la misma información y permite estimar el costo base como precio de venta multiplicado por 0,85. Estos porcentajes son entradas económicas declaradas para el caso, no bandas de clasificación elegidas por la autora ni márgenes generales del mercado.

2.8 Evaluación de la constructibilidad

La constructibilidad complementa el costo mediante cinco subcriterios: operaciones adicionales; proceso y tiempos de espera; mano de obra, equipos y accesibilidad; interferencia y coordinación; y control de calidad y riesgo de retrabajo. La escala ordinal,

formada por categorías ordenadas, va de 1 a 5, donde 1 es la condición más desfavorable y 5 la más favorable. Su adaptación responde al enfoque de integración temprana de la construcción propuesto por el Construction Industry Institute (2006).

$$C(\%) = 20 \cdot \text{round}[\Sigma(w_k \cdot s_k), 2]; \quad \Sigma w_k = 1 \quad (17)$$

Tabla 6

Rúbrica operativa de constructibilidad

Puntaje	Lectura	Anclaje operativo
1	Muy desfavorable	Numerosas operaciones o alta especialización; acceso crítico, interferencias y alto retrabajo.
2	Desfavorable	Procesos húmedos o esperas relevantes; recursos y coordinación exigentes.
3	Intermedia	Complejidad manejable con planificación y controles específicos.
4	Favorable	Proceso predominantemente seco, accesible y repetible; controles conocidos.
5	Muy favorable	Montaje simple y estandarizado, recursos corrientes y bajo riesgo de retrabajo.

Nota. Pesos iniciales: operaciones 15 %, tiempos 25 %, mano de obra/equipos/acceso 15 %, interferencia 25 % y control/retrabajo 20 %. Esta distribución concede mayor participación relativa al proceso y la espera y a la coordinación; sitúa el control de calidad en un nivel intermedio y mantiene igual participación para operaciones y recursos/acceso. Es una configuración inicial de prioridades de ejecución, no una distribución obtenida de mediciones de productividad o consulta de expertos. Los pesos son editables y deben sumar 100 %. La Tabla 6 presenta la ponderación aplicada.

Para desarrollar el modelo, la autora asignó valores iniciales estimados de 1 a 5 mediante la rúbrica operativa, considerando la composición, las operaciones, los tiempos de espera, la mano de obra, los equipos, el acceso, la coordinación y el control de calidad. Estos valores no proceden de una validación externa. En cada aplicación, el usuario debe evaluar las condiciones de ejecución previstas y ajustar los cinco subpuntuajes y sus ponderaciones, dejando constancia del criterio utilizado. Los subpuntuajes conservan la escala de 1 a 5; únicamente las ponderaciones deben sumar 100 %. El promedio ponderado se convierte a una escala entre 20 % y 100 %. Un valor mayor indica una ejecución relativamente más sencilla o controlable, no avance, probabilidad de éxito, rendimiento ni reducción de plazo. Las comparaciones sensibles a pequeños cambios de puntuación requieren análisis de sensibilidad.

$$M_{A,esc} = \Sigma(A_i \cdot M_{A,i}) / \Sigma A_i; \quad S_{C,esc} = \Sigma(A_i \cdot C_i) / \Sigma A_i \quad (18)$$

2.9 Índice de Conveniencia Integral

El ICI integra tres puntuaciones normalizadas: desempeño técnico (ST), condición financiera (SF) y constructibilidad (SC). Utiliza una suma ponderada: cada puntuación participa en el resultado según el peso asignado. Esta forma de agregación permite representar prioridades y examinar sus consecuencias; las referencias multicriterio sustentan el enfoque, pero no prescriben los porcentajes exactos adoptados para el caso (Organisation for Economic Co-operation and Development & European Commission, Joint Research Centre, 2008; Triantaphyllou, 2000).

En los escenarios que incluyen fachada, ST asigna inicialmente 50 % a la mejora térmica y 50 % a la mejora acústica. Esta igualdad evita privilegiar de partida una de las dos dimensiones después de expresarlas en una escala común; no supone equivalencia física ni igual efecto sobre el bienestar. Los porcentajes son editables según el interés del proyecto. Cuando no existe un indicador térmico aplicable, el puntaje técnico se obtiene únicamente de la dimensión acústica, sin crear un valor térmico artificial.

Dentro de la dimensión acústica, fachada y medianera aportan un indicador cada una, mientras el entrepiso recibe peso relativo doble porque integra aislamiento aéreo y ruido de impacto. Esta regla organiza la participación de los indicadores, sin demostrar que su efecto sobre el confort sea equivalente. Los grupos ajenos a la tipología se excluyen como «No aplica» y los grupos aplicables no intervenidos aportan cero mejora. Las funciones se acotan entre 0 y 1; por ello, un empeoramiento respecto de la base recibe cero en la normalización, aunque el semáforo técnico conserva la advertencia. La admisibilidad técnica se revisa antes de utilizar el ICI: una puntuación alta no compensa una brecha técnica ni certifica el desempeño construido.

$$S_A = \sum(q_j \cdot S_j) / \sum q_j; S_T = 100 \cdot (w_{th} \cdot M_U + w_{ac} \cdot S_A); w_{th} + w_{ac} = 1 \quad (19)$$

$$ICI_p = w_{T,p} \cdot S_T + w_{F,p} \cdot S_F + w_{C,p} \cdot S_C; \sum w_p = 1 \quad (20)$$

$$S_F = 100 \cdot \max\{0, \min[1, (m_s - m_{min}) / (m_0 - m_{min})]\} \quad (21)$$

El puntaje financiero compara la holgura económica del escenario con la correspondiente al sistema base y se expresa en una escala de 0 a 100. El costo incremental, la utilidad, el margen y la venta mínima requerida no se contabilizan como criterios independientes, porque su incidencia se integra mediante el margen normalizado. Cuando el margen del sistema base no supera el mínimo establecido, el modelo evita divisiones nulas o negativas: asigna 100 puntos si el escenario conserva o mejora dicho margen y, en caso contrario, asigna 0. Si el margen es inferior al mínimo aceptable, el escenario se clasifica como no viable. En el caso C, el puntaje financiero y el ICI se calculan con el costo base referencial, el valor de venta declarado y el margen mínimo aceptable ingresado; por tanto, sus resultados son estimaciones de prefactibilidad sensibles a esas entradas y no una evaluación financiera auditada.

Tabla 7*Perfiles editables de ponderación del ICI*

Perfil	Técnico	Financiero	Constructibilidad
Equilibrio	40 %	40 %	20 %
Mayor confort	60 %	25 %	15 %
Mayor rentabilidad	15 %	70 %	15 %
Ejecución ágil	15 %	20 %	65 %

Nota. Los pesos expresan la participación relativa de cada componente en la suma ponderada. Cada grupo debe sumar 100 %. Los perfiles y las valoraciones de constructibilidad son configuraciones iniciales editables propuestas para el caso; no han sido validados externamente con especialistas, promotores o usuarios.

El perfil Equilibrio utiliza 40/40/20 % para técnico, financiero y constructibilidad, respectivamente. La distribución expresa igual importancia del desempeño técnico y de la condición financiera; cada uno tiene el doble de participación que la constructibilidad. El término Equilibrio se refiere a esa igualdad entre las dos dimensiones principales de la comparación, no a tres pesos idénticos. Los porcentajes hacen explícita la preferencia propuesta y no prueban que esta sea superior a otras distribuciones.

Los perfiles restantes representan escenarios de prioridad. Mayor confort utiliza 60/25/15 %: el desempeño técnico recibe la mayoría del peso y se conserva participación financiera y constructiva. Mayor rentabilidad utiliza 15/70/15 %: predomina la condición financiera y los otros dos componentes participan por igual. Ejecución ágil utiliza 15/20/65 %: predomina la facilidad de ejecución y se mantiene participación financiera y técnica. En cada caso, el peso predominante coincide con la prioridad que identifica el perfil.

La selección de estos porcentajes corresponde a ponderación directa: se asignan participaciones para expresar una estructura de preferencias, sin inferirlas de prestaciones físicas. La lógica justifica la función de cada perfil; los valores exactos no proceden de una encuesta, un consenso de expertos o una calibración externa. La sensibilidad permite examinar cuánto depende la comparación de esa configuración. En nuevas aplicaciones, los responsables de la decisión deben justificar y documentar los pesos elegidos, conservando el mismo perfil al comparar alternativas.

La trazabilidad del ICI requiere conservar los puntajes internos no redondeados y todas las ponderaciones aplicadas. El umbral de 2,00 puntos se adopta como señal operativa de cercanía en la escala de 0 a 100. Una diferencia inferior a ese umbral se clasifica como cercana, no como empate; superar el umbral describe la separación aritmética, sin demostrar por sí solo una ventaja sólida.

El valor 2,00 es una configuración inicial de lectura para advertir sobre diferencias pequeñas y promover la revisión de entradas, pesos e indicadores desagregados. No fue obtenido mediante una calibración de relevancia y su proporción respecto de la escala no demuestra que sea la diferencia mínima importante. Se contrasta con umbrales de 1 y 3

puntos y con perturbaciones de las entradas y ponderaciones. Esta exploración examina las consecuencias de la regla, sin validar su valor exacto ni atribuirle significado normativo, experimental o comercial.

2.10 Catálogo de alternativas y reglas de selección

Tabla 8

Sistemas incorporados al catálogo y condición de uso

Elemento	Sistema	Condición	Desempeño y costo de referencia	Constr.	Criterio de uso o descarte
Fachada	Muro H.A. 10 cm	Base	U 4,68; Rw 51 dB; USD 53,80/m ²	N/A	Soporte opaco del caso
Fachada	Muro H.A. 10 cm + cámara de aire + yeso-cartón 12,7 mm, una cara	Seleccionable	U 2,25; Rw 53 dB; +USD 12,00/m ²	85 %	Mejora básica con proceso seco
Fachada	Muro H.A. 10 cm + EPS 50 mm + yeso-cartón 12,7 mm, una cara	Seleccionable	U 0,66; Rw 55 dB; +USD 13,14/m ²	77 %	Prioridad térmica con área opaca
Fachada	Muro H.A. 10 cm + lana de vidrio 50 mm + yeso-cartón 12,7 mm, una cara	Seleccionable	U 0,59; Rw 60 dB; +USD 16,03/m ²	66 %	Necesidad térmica y acústica simultánea
Medianera	Muro H.A. 20 cm	Base edificio	Rw 61 dB; USD 78,30/m ²	N/A	Base de edificios; privacidad adicional opcional
Medianera	Muro H.A. 20 cm + cámara de aire + yeso-cartón 12,7 mm, una cara	Seleccionable	Rw 63 dB; +USD 6,00/m ² por unidad	85 %	Menor costo desde una unidad habitacional
Medianera	Muro H.A. 20 cm + EPS 50 mm + yeso-cartón 12,7 mm, una cara	Seleccionable	Rw 64 dB; +USD 6,57/m ² por unidad	77 %	Privacidad intermedia sin intervenir al vecino
Medianera	Muro H.A. 20 cm + lana de vidrio 50 mm + yeso-cartón 12,7 mm, una cara	Activo O2	Rw 68 dB; +USD 8,01/m ² por unidad	66 %	Mayor aislamiento estimado desde una unidad habitacional
Medianera	Muro H.A. 20 cm + cámara de aire + yeso-cartón 12,7 mm, dos caras	Activo O1	Rw 64 dB; +USD 12,00/m ² por unidad	73 %	Intervención coordinada en ambos lados
Medianera	Muro H.A. 20 cm + EPS 50 mm + yeso-cartón 12,7 mm, dos caras	Seleccionable	Rw 66 dB; +USD 13,14/m ² por unidad	65 %	Privacidad intermedia con intervención bilateral

Elemento	Sistema	Condición	Desempeño y costo de referencia	Constr.	Criterio de uso o descarte
Medianera	Muro H.A. 20 cm + lana de vidrio 50 mm + yeso-cartón 12,7 mm, dos caras	Seleccionable	Rw 72 dB; +USD 16,03/m ² por unidad	58 %	Mayor aislamiento estimado del catálogo; coordinación bilateral
Medianera	Muro H.A. 10 cm + bloque 10 cm, dos caras	Condicional	Rw 63 dB; hibridación USD 13,50/m ²	47 %	Casas; en edificios si estructuralmente lo permite
Medianera	Muro H.A. 10 cm + cámara de aire + yeso-cartón 12,7 mm, dos caras	Condicional	Rw 54 dB; +USD 12,00/m ²	73 %	Casas; en edificios si estructuralmente lo permite
Medianera	Muro H.A. 10 cm + EPS 50 mm + yeso-cartón 12,7 mm, dos caras	Condicional	Rw 57 dB; +USD 13,14/m ²	65 %	Casas; en edificios si estructuralmente lo permite; estimación acústica por interpolación
Medianera	Muro H.A. 10 cm + lana de vidrio 50 mm + yeso-cartón 12,7 mm, dos caras	Condicional	Rw 65 dB; +USD 16,03/m ²	58 %	Casas; en edificios si estructuralmente lo permite
Abertura	Ventana con vidrio monolítico de 6 mm	Base	U 5,70; Rw 31 dB; USD 85,00/m ²	91 %	Ruido bajo y presupuesto limitado
Abertura	Puerta corrediza con vidrio monolítico de 6 mm	Base	U 5,70; Rw 30 dB; USD 105,00/m ²	81 %	Ruido bajo; verificar cierre y sellos
Abertura	Ventana con vidrio laminado nominal de 6 mm	Seleccionable	U 5,62; Rw 32 dB; USD 87,41/m ²	88 %	Prioridad acústica y seguridad
Abertura	Puerta corrediza con vidrio laminado nominal de 6 mm	Seleccionable	U 5,62; Rw 31 dB; USD 186,66/m ²	78 %	Prioridad acústica; verificar sellos
Abertura	Ventana con doble acristalamiento 6-8-6 mm	Seleccionable	U 3,80; Rw 33 dB; USD 130,93/m ²	78 %	Prioridad térmica
Abertura	Puerta corrediza con doble acristalamiento 6-8-6 mm	Seleccionable	U 3,67; Rw 30 dB; USD 257,78/m ²	67 %	Prioridad térmica; verificar sellos

Elemento	Sistema	Condición	Desempeño y costo de referencia	Constr.	Criterio de uso o descarte
Entrepiso	Losa H.A. 40 cm + piso laminado AC4 + Polyexpanded 2 mm	Base paramétrica	RA 71 dBA; L _{n,w} 43 dB; ΔLw total 16 dB	N/A	Escenario referencial; manta por verificar
Entrepiso	Base + cielo raso con cámara de aire y yeso-cartón 12,7 mm	Activo O1	RA 76 dBA; L _{n,w} 38 dB; ΔLw total 21 dB; +USD 9,44/m ²	76 %	Mejora moderada
Entrepiso	Base + cielo raso con lana de vidrio 65 mm y yeso-cartón 12,7 mm	Activo O2	RA 78 dBA; L _{n,w} 34 dB; ΔLw total 25 dB; +USD 12,82/m ²	61 %	Mayor reducción del ruido de impacto
Descartado	SATE exterior con EPS 50 mm	Investigado	Sin participación en el ICI	Menor	Costo, acceso, clima y abertura dominante
Descartado	Cielo raso de estuco	Investigado	Sin proforma comparable	Menor	Proceso húmedo sin ventaja proporcional demostrada
Descartado	EPS en cielo raso	Investigado	Sin evidencia del sistema completo	-	Finalidad acústica no sustentada

Tabla 8 (continuación)

Elemento	Sistema	Condición	Desempeño y costo de referencia	Constr.	Criterio de uso o descarte
Descartado	Losa H.A. 10 cm	Fuera del caso	No corresponde a la base	-	Fuera del alcance estructural del estudio
Descartado	Manta acústica especializada adicional	Investigado	Sin producto, costo y ensayo compatibles	-	La base ya incorpora una capa bajo piso

Nota. Valores referenciales de prefactibilidad, sin IVA. Rw corresponde a paredes y aberturas; RA, al entrepiso. El EPS en medianeras se estima por interpolación. El reparto económico entre unidades se describe en el apartado 2.7; no duplica la superficie del muro. Los sistemas descartados no participan en las listas activas ni en el ICI. Elaboración propia a partir del catálogo paramétrico, Ministerio de Vivienda (2009), Warnock (1990) y Stani et al. (2005).

Tabla 9

Finalidad y composición de las dos opciones activas

Componente	Opción 1: Sin aislante adicional	Opción 2: Con aislante	Lectura para decidir
Finalidad	Hibridaciones opacas sin material aislante en la cámara	EPS en fachada y lana de vidrio en medianeras y cielo raso	No existe una opción universalmente superior
Fachada conservada	«Sin pared» + Ventana vidrio laminado 6 mm	«Sin pared» + Ventana con cristal cámara 6-8-6 mm	Al no existir muro opaco, decide la ventana
Fachada ajustada	Muro H.A. 10 cm + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara) + Ventana vidrio laminado 6 mm	Muro H.A. 10 cm + EPS 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara) + Ventana con cristal cámara 6-8-6 mm	Cambian simultáneamente pared y ventana
Medianera activa	Muro H.A. 20 cm + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)	Muro H.A. 20 cm + lana de vidrio 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	Cámara bilateral frente a lana unilateral; solo O1 requiere acceso a ambas unidades habitacionales

Componente	Opción 1: Sin aislante adicional	Opción 2: Con aislante	Lectura para decidir
Entrepiso	Entrepiso base terminado + cielo raso con cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	Entrepiso base terminado + cielo raso con lana de vidrio 65 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	Mejora opcional moderada frente a mayor reducción del ruido de impacto
Criterio de ventana	Ventana vidrio laminado 6 mm en ambas geometrías	Ventana con cristal cámara 6-8-6 mm en ambas geometrías	La abertura se selecciona por opción y puede dominar la fachada completa
Espesor nominal de fachada	15,40 cm: 10 + 4,13 + 1,27	17,62 cm: 10 + 6,35 + 1,27	Perfiles nominales de 41,3 mm en O1 y 63,5 mm en O2; placa de 12,7 mm
Espesor nominal de medianera	30,80 cm: 20 + 2 × (4,13 + 1,27)	27,62 cm: 20 + 6,35 + 1,27	O1: dos caras; O2: una cara. Ocupación por cara: 5,40 y 7,62 cm
Descenso total del cielo raso	20 cm; cámara sin aislante	20 cm; lana de vidrio de 65 mm dentro de la cámara	De la cara inferior de la losa a la cara terminada de la placa; dato declarado por IA-02

Nota. El entrepiso comparte la base paramétrica definida en el apartado 2.6. En la fachada conservada, completamente acristalada, no existe superficie opaca donde aplicar un trasdosado. La Tabla 9 diferencia los paquetes comparados y los materiales de cada componente.

«Sin aislante adicional» significa que las hibridaciones de los componentes opacos no incorporan un material aislante dentro de la cámara, aunque puedan incluir una placa de yeso-cartón o una abertura mejorada. «Con aislante» incorpora EPS en la pared de fachada y lana de vidrio en una cara de la medianera y en el cielo raso para la configuración definida para el caso. Ambas denominaciones identifican paquetes demostrativos y no una jerarquía universal. En una fachada completamente acristalada, la pared prevista en el paquete no influye hasta que la geometría ajustada genera superficie opaca.

2.10.1 Fachada: cámara de aire, EPS o lana de vidrio

El catálogo representa tres trasdosados de fachada: cámara de aire con placa de yeso-cartón, EPS de 50 mm con placa y lana de vidrio de 50 mm con placa. Cada sistema se evalúa con los mismos indicadores de la fachada completa —Ueq y Req— y con sus correspondientes costo y constructibilidad. La comparación se realiza únicamente cuando

existe superficie opaca; si el paño es completamente acristalado, el aporte del trasdosado es nulo y el cálculo conserva solo la abertura. Esta regla define la activación de las variables, sin establecer en la metodología cuál alternativa es preferible.

El procedimiento calcula por separado el aporte térmico y acústico de cada trasdosado y después lo integra con la abertura mediante las ecuaciones (3b) y (5). La hoja de cálculo conserva los valores físicos, los estados de referencia y los puntajes normalizados para que la comparación y su interpretación se presenten posteriormente en Resultados y Discusión.

2.10.2 Medianeras y entrepiso

En las medianeras se comparan aislamiento acústico aéreo, costo y constructibilidad; la transmitancia térmica no se evalúa porque estas paredes separan espacios interiores. Los muros H.A. de 20 cm corresponden a edificios y los de 10 cm, a casas. El catálogo incluye trasdosados con cámara de aire, EPS y lana de vidrio. Una cara implica intervenir una unidad habitacional y dos caras exige coordinación bilateral. Los decibelios no se duplican: la estimación bilateral aplica el factor 1,5 descrito en el apartado 2.5.1. Antes de especificar, deben verificarse el soporte, los perfiles, las placas, el aislante, las fijaciones y los encuentros del sistema completo.

Los espesores constructivos se calculan con secciones nominales adoptadas de perfiles STUD/TRACK. El trasdosado con cámara de aire utiliza un perfil de 1 5/8 pulgadas (41,3 mm) y una placa de yeso-cartón de 12,7 mm: añade 54,0 mm, equivalentes a 5,40 cm por cara. El trasdosado con EPS o lana de vidrio de 50 mm utiliza un perfil de 2 1/2 pulgadas (63,5 mm) y la misma placa: añade 76,2 mm, equivalentes a 7,62 cm por cara. La cámara o el aislante se alojan dentro del perfil; no se suman nuevamente a su profundidad. Son dimensiones nominales de comparación, sin masilla, pintura, holguras ni tolerancias, y no acreditan disponibilidad comercial ni un detalle de montaje verificado.

Sobre muro H.A. de 10 cm, los espesores totales son 15,40 cm con cámara en una cara, 20,80 cm con cámara en dos caras, 17,62 cm con aislante en una cara y 25,24 cm con aislante en dos caras. Sobre muro H.A. de 20 cm, corresponden 25,40 y 30,80 cm con cámara, y 27,62 y 35,24 cm con aislante, para una y dos caras, respectivamente. La Tabla 9 identifica las configuraciones activas. La profundidad constructiva se diferencia de las propiedades térmicas y acústicas de catálogo, que conservan el alcance estimativo de sus fuentes.

En el entrepiso se adopta una base paramétrica de $RA = 71$ dBA y $L_{n,w} = 43$ dB después de incorporar la reducción referencial de la manta bajo piso. Sobre esta base se calculan las variantes con cielo raso y cámara de aire y con cielo raso y lana de vidrio mediante las mejoras ΔRA y ΔL_w documentadas en el apartado 2.6. La comparación conserva separados el aislamiento aéreo y el nivel de impacto; su interpretación corresponde a Resultados y Discusión.

Para ambas alternativas de cielo raso se adopta un descenso total de 20 cm desde la cara inferior de la losa hasta la cara terminada de la placa, tomando como referencia el

cielo raso previsto para un próximo proyecto según la consulta al arquitecto (IA-02, comunicación personal, 8 de septiembre de 2026). Es una condición geométrica adoptada para la comparación, no una medición del cielo raso existente del caso C. Dentro de esos 20 cm se disponen la perfilería, la suspensión y, en la opción 2, la lana de vidrio de 65 mm; su compatibilidad con las instalaciones depende del detalle ejecutivo. Si los 2,40 m del modelo se miden antes de instalar el cielo raso, la altura libre referencial resultante es 2,20 m. Si esa altura ya corresponde al espacio terminado, no debe descontarse nuevamente el descenso. Esta definición geométrica no convierte las estimaciones acústicas del catálogo en resultados ensayados para una cámara de 20 cm.

2.11 Procedimiento de comparación, alcance y límites

El usuario define el caso y verifica que los pesos sumen 100 %; activa únicamente los ambientes pertinentes; ingresa la geometría; selecciona sistemas mediante las listas; revisa el diagnóstico; compara la fachada conservada y la ajustada; evalúa las medianeras y, en departamentos, el entrepiso; comprueba el catálogo y las proformas; y revisa los resultados, el reporte, el resumen ejecutivo y el ICI bajo más de un perfil. «Sin pared» se selecciona cuando el paño es completamente acristalado; «No aplica» se reserva para componentes ajenos a la tipología. Toda recomendación debe rastrearse hasta las áreas, los sistemas, las propiedades, los precios y las ponderaciones.

Una mejora de confort se considera justificada cuando convergen: una brecha o exposición verificable; un uso sensible —dormitorio, teletrabajo, sueño diurno o permanencia prolongada—; y factibilidad económica y constructiva. Si la base cumple con holgura, no existe exposición particular o la intervención no modifica el componente dominante, la mejora se presenta como opcional o se descarta. Esta regla evita confundir el máximo desempeño del catálogo con una necesidad universal.

El procedimiento produce comparaciones de prefactibilidad bajo las entradas registradas. No sustituye la especificación ejecutiva ni las verificaciones físicas, económicas y reglamentarias del proyecto. Las propiedades referenciales, las condiciones de montaje y el alcance comercial de los precios deben comprobarse antes de especificar una solución. El apartado 4.11 consolida las limitaciones técnicas y de validez.

2.12 Verificación de implementación y sensibilidad

La implementación de las fórmulas se verificó mediante cálculos independientes y pruebas de entradas extremas o inválidas. El contraste de diez salidas de referencia presentó una discrepancia máxima inferior a 0,000003 en sus unidades respectivas. Esta comprobación evalúa la consistencia numérica de las operaciones; no constituye un ensayo físico de los sistemas constructivos.

Las pruebas comprendieron la fachada completamente acristalada, los componentes no aplicables, las ponderaciones válidas e inválidas, el margen insuficiente y la selección de un sistema inexistente. Se verificaron la ponderación térmica, la integración acústica, el costo incremental, el margen y el ICI, así como la propagación de los resultados entre las hojas dependientes.

El análisis de sensibilidad consideró perturbaciones exploratorias: transferencia de un punto porcentual entre los pesos técnico y financiero; aumento de un punto en control y retrabajo del cielo raso con lana; y variación de $\pm 10\%$ del costo incremental neto agregado, sin desagregar proformas. Se compararon bandas térmicas de 8 %, 10 % y 12 %, acústicas de 2, 3 y 4 dB, y umbrales de cercanía del ICI de 1, 2 y 3 puntos. Son supuestos exploratorios, no incertidumbres medidas ni rangos de mercado.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

3.1 Configuración del caso de estudio

La aplicación se realizó sobre el caso C, un departamento de 45,00 m² en Cuenca. Se adoptó el escenario acústico «Medio» y se activaron el dormitorio máster y la sala para el análisis de fachadas, medianeras y entrepiso. IA-02 indicó que el margen inicial corresponde al 15 % del precio de venta y que el margen mínimo aceptable corresponde al 10 % del precio de venta. En consecuencia, el costo base referencial estimado de USD 38.482,90 se obtuvo de $USD\ 45.274,00 \times (1 - 0,15)$; no corresponde a un presupuesto integral auditado. IA-02 también señaló que, debido a su menor tamaño, el departamento analizado presenta una rentabilidad limitada respecto de otras tipologías y que el margen puede variar según la unidad y las condiciones de cada proyecto. Por ello, ambos porcentajes corresponden exclusivamente al caso C y no constituyen parámetros generales del modelo (IA-02, comunicación personal, 8 de septiembre de 2026). Estas entradas permiten comparar los escenarios sin convertir sus resultados en cifras contractuales ni auditadas.

El archivo utiliza como referencias térmicas de comparación los valores de la columna «Habitable no climatizado» de la Tabla 6 de la NEC-HS-EE: $U = 2,35\ W/(m^2 \cdot K)$ para muro opaco y $U = 5,78\ W/(m^2 \cdot K)$ para acristalamiento vertical. Como referencias internas de prefactibilidad utiliza 35 dB para fachada, 50 dB para medianera y $L_{n,w} = 65\ dB$ como máximo de impacto. También controla una abertura mínima equivalente al 15 % del área del ambiente. Estos valores organizan el cribado del caso y no equivalen a una verificación completa del edificio terminado.

Tabla 10

Entradas principales del caso C

Variable	Valor o estado	Función
Ciudad / tipología	Cuenca / departamento	Activa referencias y entrepiso
Entorno acústico	Medio	Selección cualitativa por las características del sitio; sin medición
Área de la unidad	45,00 m ²	Identificación del caso
Ambientes activos	Dormitorio máster y sala	Cálculo por ambiente
Geometría base	Fachada 100 % acristalada	Activa «Sin pared»
Geometría ajustada	50 % muro / 50 % abertura	Comparación controlada
Costo base referencial estimado	USD 38.482,90 · calculado a partir del precio de venta y del margen inicial del 15 % sobre el precio de venta	Base financiera referencial no auditada

Variable	Valor o estado	Función
Precio de venta	USD 45.274,00	Dato declarado por IA-02
Margen mínimo	10 % sobre el precio de venta	Mínimo aceptable declarado para el caso C
Pesos internos de ST	50 % térmico / 50 % acústico	Integra el desempeño técnico
Aberturas / muros del promotor	Información disponible de alcance limitado	Costos registrados; prestaciones y alcance por verificar

Nota. Los datos técnicos corresponden al modelo paramétrico. El valor de venta, el margen mínimo y los costos unitarios de H.A., mampostería, empaste de pared, empaste de losa, pintura y aberturas provienen de comunicaciones personales confidenciales del 8 de septiembre de 2026; el costo base total es una referencia específica del caso. Los cálculos conservan mayor precisión interna que la presentada en las tablas. La Tabla 10 reúne las entradas principales del caso C.

Con las entradas definidas para el caso, el sistema base presenta una utilidad referencial de USD 6.791,10, un margen inicial del 15 % y una holgura de 5 puntos porcentuales respecto del margen mínimo del 10 %. Estas cifras sirven como línea base para medir la incidencia de las alternativas y no equivalen a estados financieros auditados.

3.2 Diagnóstico del sistema base

3.2.1 Fachada

La fachada base del dormitorio máster y la sala está completamente acristalada: cada paño tiene 6,72 m² de abertura y área opaca nula. Con la selección «Sin pared» y la ventana monolítica de 6 mm, ambos ambientes registran $U_{eq} = 5,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ y R_w equivalente estimado = 31 dB.

Las salidas del modelo son «Cumple mínimo» para el criterio térmico y «No cumple» para el acústico. El valor de 31 dB queda 4 dB por debajo de la referencia interna de fachada de 35 dB.

Cada paño analizado mide 2,80 × 2,40 m, es decir, 6,72 m², y la abertura existente ocupa la misma superficie. En esta condición límite, tanto U_{eq} como R_{eq} son exactamente los de la abertura. La combinación energética por áreas evita atribuir al muro una influencia que geométricamente no existe y mantiene la trazabilidad del caso «Sin pared».

3.2.2 Medianeras

La medianera base de H.A. de 20 cm registra R_w estimado = 61 dB y un costo total de USD 78,30/m² sin IVA. Este costo comprende USD 65,30/m² de muro sin acabados y el empaste y pintura de ambas caras, con USD 4,00/m² y USD 2,50/m² por cara, respectivamente (IT-01, comunicación personal, 8 de septiembre de 2026). La hoja de medianeras muestra «Cumple mínimo» frente a la referencia interna de 50 dB.

3.2.3 Entrepiso

El entrepiso base modelado combina una losa maciza de H.A. de 40 cm, piso flotante laminado AC4 y Polyexpanded de 2 mm. Registra $RA = 71$ dBA, $L_{n,w} = 43$ dB y una reducción total de impacto $\Delta L_w = 16$ dB. Las hojas técnicas muestran que la base alcanza las referencias internas de aislamiento aéreo e impacto. Estos valores corresponden al escenario referencial definido en Materiales y métodos.

La clasificación favorable frente al máximo interno de impacto corresponde al escenario del apartado 2.6, no a una medición del entrepiso construido. La condición documental del cielo raso existente se describe en el apartado 2.2.

3.3 Resultados de las alternativas de fachada

3.3.1 Composición de las opciones comparadas

La opción 1 incorpora cámara de aire y placa en la pared opaca de fachada y una ventana laminada de 6 mm. La opción 2 incorpora EPS de 50 mm y placa, junto con una ventana de doble acristalamiento 6-8-6 mm. Las composiciones de medianeras y cielos rasos se mantienen según la Tabla 9.

Tabla 11

Propiedades de los sistemas de fachada considerados

Componente	Sistema	U	Rw estimado	Costo total (USD/m ² , sin IVA)	Constr.
Muro base	Muro H.A. 10 cm	4,68	51 dB	53,80	No aplica
O1 muro	Muro H.A. 10 cm + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	2,25	53 dB	65,80	85 %
O2 muro EPS	Muro H.A. 10 cm + EPS 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	0,66	55 dB	66,94	77 %
Lana seleccionable	Muro H.A. 10 cm + lana de vidrio 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	0,59	60 dB	69,83	66 %

Componente	Sistema	U	Rw estimado	Costo total (USD/m ² , sin IVA)	Constr.
Ventana base	Ventana vidrio 6 mm	5,70	31 dB	85,00	91 %
Puerta base	Puerta corrediza de vidrio 6 mm	5,70	30 dB	105,00	81 %
Ventana laminada	Ventana vidrio laminado 6 mm	5,62	32 dB	87,41	88 %
Puerta laminada	Puerta corrediza de laminado 6 mm	5,62	31 dB	186,66	78 %
Ventana cámara	Ventana con cristal cámara 6-8-6 mm	3,80	33 dB	130,93	78 %
Puerta cámara	Puerta corrediza de vidrio con cristal cámara 6-8-6 mm	3,67	30 dB	257,78	67 %

Nota. U se expresa en W/(m²·K); el aislamiento aéreo de paredes y aberturas corresponde a Rw estimado, en dB. Se reproducen las propiedades del catálogo, no ensayos de los sistemas del proyecto. La lana de vidrio de fachada permanece seleccionable, aunque la opción 2 utiliza EPS en la configuración analizada. Costos sin IVA.

La Tabla 11 diferencia ventanas y puertas corredizas y conserva la lana de vidrio como alternativa seleccionable de fachada. La configuración activa de la opción 2 utiliza EPS.

3.3.2 Escenario con geometría conservada

En la geometría conservada, ambos ambientes permanecen completamente acristalados. La opción 1 obtiene $U_{eq} = 5,62 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, R_w equivalente = 32 dB, mejora térmica de 1,40 %, mejora acústica relativa de 20,57 %, mejora integrada de 10,99 % y constructibilidad de 88 %. La opción 2 obtiene $U_{eq} = 3,80 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, R_w equivalente = 33 dB, mejora térmica de 33,33 %, mejora acústica relativa de 36,90 %, mejora integrada de 35,12 % y constructibilidad de 78 %.

Tabla 12

Fachada con geometría conservada: condición completamente acristalada

Ambiente / indicador	Opción 1	Opción 2	Condición del cálculo
Dormitorio máster	Sin pared + ventana laminada 6 mm	Sin pared + ventana cámara 6-8-6 mm	6,72 m ² de abertura

Ambiente / indicador	Opción 1	Opción 2	Condición del cálculo
Sala	Sin pared + ventana laminada 6 mm	Sin pared + ventana cámara 6-8-6 mm	6,72 m ² de abertura
Ueq [W/(m ² ·K)]	5,62	3,80	Base: 5,70
Rw equivalente [dB]	32	33	Referencia interna: 35
Mejora integrada	10,99 %	35,12 %	Puntaje técnico de fachada
Costo incremental	USD 32,46	USD 617,33	Total de dos ambientes

Nota. La mejora integrada es el puntaje técnico de fachada. La mejora acústica relativa es una transformación normalizada de la diferencia acústica estimada; no representa el porcentaje de ruido eliminado en el recinto. «Cerca de cumplir» es una clasificación interna y no acredita conformidad reglamentaria.

El costo incremental de la fachada conservada, sumados los dos ambientes, es USD 32,46 en la opción 1 y USD 617,33 en la opción 2. Los márgenes resultantes son 14,93 % y 13,64 %, respectivamente. Ambas opciones muestran «Cerca de cumplir» en el criterio acústico.

3.3.3 Escenario con abertura ajustada

La geometría ajustada asigna 3,36 m² a la pared y 3,36 m² a la ventana en cada ambiente. La opción 1 combina cámara y placa sobre el muro H.A. de 10 cm con ventana laminada y registra Ueq = 3,94 W/(m²·K) y Rw equivalente estimado = 35,0 dB al redondear a un decimal. El valor de cálculo es 34,9759... dB, ligeramente inferior al criterio interno de 35 dB, por lo que conserva «Cerca de cumplir». Esta diferencia matemática no demuestra una diferencia perceptible o ensayada. La opción 2 combina EPS de 50 mm y placa sobre el mismo espesor del muro H.A. con ventana cámara y registra Ueq = 2,23 W/(m²·K) y Rw equivalente estimado = 36,0 dB.

Las diferencias entre opciones son 1,71 W/(m²·K) menos de transmitancia y 1,0 dB más de aislamiento estimado en la opción 2. La opción 1 muestra «Cerca de cumplir» en el criterio acústico y la opción 2, «Cumple mejorado». Ambas muestran «Cumple mejorado» en el criterio térmico interno. Los resultados son iguales en dormitorio máster y sala.

Tabla 13*Fachada con abertura ajustada: comparación integrada*

Indicador	Opción 1	Opción 2	Base de comparación
Muro	Muro H.A. 10 cm + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	Muro H.A. 10 cm + EPS 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	3,36 m ² por ambiente
Ventana	Laminado 6 mm	Cámara 6-8-6 mm	3,36 m ² por ambiente
Ueq [W/(m ² ·K)]	3,94	2,23	Base: 5,70
Rw equivalente [dB]	35,0	36,0	Base: 31 dB
Mejora térmica	30,96 %	60,88 %	Respecto de la base
Mejora acústica relativa	59,97 %	68,25 %	Indicador normalizado
Mejora integrada	45,47 %	64,57 %	Puntaje técnico de fachada
Constructibilidad	87 %	78 %	Valor integrado
Costo / margen	-USD 112,80 / 15,25 %	USD 187,28 / 14,59 %	Total de dos ambientes

Nota. La opción 1 se muestra como 35,0 dB por redondeo; la clasificación utiliza el valor interno de 34,9759... dB, inferior a 35 dB. Las entradas son estimaciones y esa proximidad no tiene significado experimental demostrado.

En la fachada con abertura ajustada, la opción 1 registra un costo incremental de -USD 112,80 y un margen de 15,25 %; la opción 2 registra USD 187,28 y 14,59 %. El valor negativo de la opción 1 corresponde a un ahorro estimado frente a la fachada base. La Tabla 13 reúne los resultados técnicos, económicos y constructivos de esta configuración.

Cada abertura ajustada tiene 3,36 m² y supera el control geométrico interno de 1,47 m², correspondiente al 15 % de los 9,80 m² de cada ambiente. Este control es una salida del modelo y no constituye una comprobación completa de iluminación, ventilación o viabilidad arquitectónica.

3.3.4 Propiedades de las hibridaciones de fachada

El catálogo registra $U = 0,66 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, R_w estimado = 55 dB y constructibilidad de 77 % para el muro con EPS de 50 mm. Con lana de vidrio de 50 mm registra $U = 0,59 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, R_w estimado = 60 dB y 66 %. Ambas alternativas permanecen seleccionables; en la fachada con abertura ajustada analizada se utiliza EPS en la opción 2.

Los costos incrementales sobre el muro existente de H.A. de 10 cm son USD 12,00/m² para cámara y placa, USD 13,14/m² para EPS y placa, y USD 16,03/m² para lana

de vidrio y placa. Estos importes se expresan sin IVA e incorporan el descuento del empaste de pared evitado.

Las variantes de EPS en medianeras se presentan en el apartado 3.4; no forman parte de las selecciones activas.

En la fachada con abertura ajustada, la opción 1 registra 30,96 % de mejora térmica y 59,97 % de mejora acústica relativa; la opción 2, 60,88 % y 68,25 %. Los puntajes integrados de fachada son 45,47 % y 64,57 %, respectivamente.

3.4 Resultados de las medianeras

La opción 1 conserva la medianera de H.A. de 20 cm e incorpora cámara de aire y placa de yeso-cartón en ambas caras. El valor estimado aumenta de 61 a 64 dB, con mejora acústica relativa de 49,88 % y constructibilidad de 73 %. El costo incremental imputado a la unidad es USD 201,60 para 16,80 m².

La opción 2 conserva el muro H.A. de 20 cm e incorpora lana de vidrio de 50 mm y placa de yeso-cartón de 12,7 mm en una sola cara. El aislamiento acústico aéreo estimado aumenta de 61 a 68 dB, con mejora acústica relativa de 80,05 % y constructibilidad de 66 %. El costo incremental imputado a la unidad es USD 134,61 para 16,80 m², bajo el reparto económico del 50 % descrito en el apartado 2.7. Las dos opciones muestran «Cumple mejorado» en la hoja técnica. La opción 2 presenta 4 dB más de aislamiento estimado que la cámara bilateral y evita ejecutar trabajos en la cara vecina; esto no acredita por sí solo el confort acústico construido.

Tabla 14

Medianeras: comparación de una y dos caras

Soporte y relleno	Caras	Rw estimado [dB]	Ganancia [dB]	Condición del catálogo	Constr.
Muro H.A. 20 cm	Base	61	—	Base	No aplica
Muro H.A. 20 cm + cámara	Una	63	+2	Seleccionable	85 %
Muro H.A. 20 cm + EPS	Una	64	+3	Seleccionable	77 %
Muro H.A. 20 cm + lana	Una	68	+7	Activa O2	66 %
Muro H.A. 20 cm + cámara	Dos	64	+3	Activa O1	73 %
Muro H.A. 20 cm + EPS	Dos	66	+5	Seleccionable	65 %
Muro H.A. 20 cm + lana	Dos	72	+11	Seleccionable	58 %

Soporte y relleno	Caras	Rw estimado [dB]	Ganancia [dB]	Condición del catálogo	Constr.
Muro H.A. 10 cm + cámara	Dos	54	+3	Condicional	73 %
Muro H.A. 10 cm + EPS	Dos	57	+6	Condicional	65 %
Muro H.A. 10 cm + lana	Dos	65	+14	Condicional	58 %
Muro H.A. 10 cm + bloque	Dos	63	+12	Condicional	47 %

Nota. Los valores Rw son estimaciones del sistema completo; no resultados de ensayo de estas medianeras. La ganancia se expresa respecto del soporte de igual espesor: 51 dB para muro H.A. de 10 cm y 61 dB para muro H.A. de 20 cm. No debe interpretarse como ganancia frente a la sustitución de un muro de 20 cm por uno de 10 cm. Los 16,80 m² representan el muro separador medido una vez. La opción 1 reviste 33,60 m² entre las dos unidades habitacionales y cada unidad asume el equivalente económico a 16,80 m². La opción 2 reviste una sola cara de 16,80 m² y el modelo imputa a cada unidad el 50 % del costo incremental. Ese reparto no altera la superficie física revestida.

Sobre el muro H.A. de 20 cm, las alternativas con cámara registran 63 y 64 dB, las de EPS 64 y 66 dB y las de lana de vidrio 68 y 72 dB, para una y dos caras, respectivamente. Sobre el muro H.A. de 10 cm, las variantes de dos caras con cámara, EPS y lana registran 54, 57 y 65 dB.

Los costos incrementales de las medianeras activas equivalen a USD 12,00/m² por unidad con cámara en dos caras y USD 8,01/m² por unidad con lana de vidrio en una cara. Ambas conservan el muro H.A. de 20 cm. El ahorro imputado de O2 frente a O1 es USD 66,99 para los 16,80 m²; depende de mantener el reparto de costos entre unidades habitacionales definido en la metodología.

El EPS permanece seleccionable en medianeras con valores obtenidos por interpolación, según el apartado 2.5.1.

Con las secciones nominales adoptadas, la medianera de la opción 1 mide 30,80 cm, con cámara en ambas caras; la de la opción 2 mide 27,62 cm, con lana en una cara. La variante seleccionable con lana bilateral alcanza 35,24 cm. La ocupación por cara es 5,40 cm con cámara y 7,62 cm con aislante. La pérdida de área útil depende de la longitud de los muros y sus encuentros; no se deduce de los 16,80 m² de superficie vertical.

3.5 Resultados del entrepiso

La opción 1 añade un cielo raso con descenso total de 20 cm, cámara de aire y placa de yeso-cartón de 12,7 mm. Registra RA = 76 dBA y L_{n,w} = 38 dB, frente a 71 dBA y 43 dB en la base terminada. La mejora acústica integrada es 68,38 % y la constructibilidad, 76 %. El costo incremental es USD 9,44/m² y USD 185,06 para los 19,60 m² analizados.

La opción 2 conserva el descenso total de 20 cm e incorpora lana de vidrio de 65 mm y placa de yeso-cartón de 12,7 mm. Registra RA = 78 dBA y $L_{n,w}$ = 34 dB. La mejora acústica integrada es 83,73 % y la constructibilidad, 61 %. El costo incremental es USD 12,82/m² y USD 251,29 para los 19,60 m² analizados. Los costos de ambas opciones descuentan el empaste de losa evitado y se expresan sin IVA.

Tabla 15

Resultados comparativos del entrepiso

Indicador	Base terminada	Opción 1	Opción 2	Unidad o alcance
Área activa	19,60	19,60	19,60	m ²
Aislamiento aéreo RA	71	76	78	dBA
ΔL_w adicional del cielo raso	—	5	9	dB
$L_{n,w}$	43	38	34	dB
Mejora integrada	—	68,38 %	83,73 %	Indicador normalizado
Constructibilidad	—	76 %	61 %	Valoración ponderada
Costo incremental unitario	—	9,44	12,82	USD/m ² , sin IVA
Costo incremental	—	185,06	251,29	USD, dos ambientes

Nota. RA se expresa en dBA y $L_{n,w}$ en dB. Una mayor RA y un menor $L_{n,w}$ son favorables. La reducción total de impacto es 16 dB en la base terminada, 21 dB con cámara y 25 dB con lana; la mejora adicional de los cielos rasos es 5 y 9 dB, respectivamente. Los puntajes integrados no representan porcentajes físicos de ruido eliminado. Todos los valores son referenciales.

La opción 2 presenta 2 dBA más de aislamiento aéreo y 4 dB menos de nivel de impacto que la opción 1. La diferencia del puntaje acústico integrado es 15,35 puntos porcentuales y la de constructibilidad, 15 puntos porcentuales a favor de la opción 1.

Las dos soluciones muestran «Cumple mejorado» tanto en aislamiento aéreo como en impacto dentro de la hoja técnica. Esta clasificación se refiere al escenario paramétrico y se interpreta con las limitaciones expuestas en el apartado 4.6.

3.6 Incidencia económica de los escenarios completos

El paquete integral con fachada con abertura ajustada, medianeras y cielo raso suma 49,84 m² para la cuantificación: 13,44 m² de fachada y 16,80 m² de medianeras, medidos verticalmente, más 19,60 m² de entrepiso, medidos horizontalmente. Es una suma de superficies de componentes y no el área del departamento en planta, que permanece en 45,00 m². El costo incremental por m² de este paquete utiliza 49,84 m² como denominador;

no representa un costo por m² de unidad habitacional. La opción 1 registra USD 273,86 de costo incremental, USD 5,49/m² intervenido y un incremento de 0,71 % respecto del costo base. Su utilidad estimada es USD 6.517,24, el margen 14,40 % y la venta mínima USD 43.063,07. La opción 2 registra USD 573,18, USD 11,50/m² y un incremento de 1,49 %; su utilidad es USD 6.217,92, el margen 13,73 % y la venta mínima USD 43.395,64. Los importes se expresan sin IVA.

Ambas opciones conservan un margen superior al mínimo del 10 % y una venta mínima inferior al límite VIP incorporado de USD 110.378. La comparación se limita al caso C y depende del costo base referencial, los costos unitarios declarados y las proformas de julio de 2026; por ello, no demuestra rentabilidad comercial general ni reemplaza un presupuesto o estado financiero auditado.

La venta mínima requerida por m² de unidad habitacional es USD 956,96/m² para la opción 1 y USD 964,35/m² para la opción 2, frente a USD 950,20/m² en la base. Se calcula sobre los 45,00 m² en planta. El precio de venta declarado equivale a USD 1.006,09/m² y supera ambos mínimos. La diferencia de USD 7,39/m² entre alternativas permite reconocer su efecto unitario sobre el precio necesario para conservar el margen mínimo, aunque ambas permanezcan dentro del monto total de crédito considerado.

Tabla 16

Resultados económicos de las combinaciones evaluadas

Escenario	Costo O1 / O2 [USD]	Margen O1 / O2	Venta mínima O1 / O2 [USD]
Fachada mejorada	32,46 / 617,33	14,93 % / 13,64 %	42.794,84 / 43.444,70
Fachada ajustada	-112,80 / 187,28	15,25 % / 14,59 %	42.633,45 / 42.966,87
Paredes medianeras	201,60 / 134,61	14,55 % / 14,70 %	42.982,78 / 42.908,35
Cielo raso	185,06 / 251,29	14,59 % / 14,44 %	42.964,40 / 43.037,99
Fachada mejorada + paredes medianeras	234,06 / 751,94	14,48 % / 13,34 %	43.018,84 / 43.594,27
Fachada ajustada + paredes medianeras	88,80 / 321,89	14,80 % / 14,29 %	42.857,45 / 43.116,43

Escenario	Costo O1 / O2 [USD]	Margen O1 / O2	Venta mínima O1 / O2 [USD]
Fachada mejorada + cielo raso	217,52 / 868,62	14,52 % / 13,08 %	43.000,46 / 43.723,91
Fachada ajustada + cielo raso	72,26 / 438,57	14,84 % / 14,03 %	42.839,07 / 43.246,08
Paredes medianeras + cielo raso	386,66 / 385,90	14,15 % / 14,15 %	43.188,40 / 43.187,56
Fachada mejorada + paredes medianeras + cielo raso	419,12 / 1.003,23	14,07 % / 12,78 %	43.224,46 / 43.873,48
Fachada ajustada + paredes medianeras + cielo raso	273,86 / 573,18	14,40 % / 13,73 %	43.063,07 / 43.395,64

Nota. Los importes provienen de 08_Resultados. El costo incremental negativo indica ahorro estimado. La venta mínima corresponde al margen mínimo ingresado de 10 %. La compatibilidad con el umbral VIP es una comparación interna del archivo, no una aprobación de crédito.

El modelo presenta once combinaciones por opción, además de la base. En la opción 1, los costos incrementales van de –USD 112,80 a USD 419,12; en la opción 2, de USD 134,61 a USD 1.003,23. Todas las combinaciones mantienen un margen superior al 10 % bajo las entradas del caso.

3.7 Constructibilidad de los sistemas

Con los pesos de constructibilidad ingresados de 15 %, 25 %, 15 %, 25 % y 20 %, los sistemas seleccionados registran los porcentajes indicados en la Tabla 17. Estos porcentajes expresan una valoración ordinal ponderada de facilidad relativa de ejecución, no una reducción medida del plazo de obra.

En la fachada con abertura ajustada, la constructibilidad integrada es 87 % en la opción 1 y 78 % en la opción 2. La medianera con cámara bilateral registra 73 % y la medianera con lana unilateral, 66 %; los cielos rasos, 76 % y 61 %. En el paquete integral, los porcentajes ponderados por superficie son 77,96 % y 67,27 %, respectivamente. La ejecución unilateral elimina el acceso a la cara vecina, pero la colocación y el control del aislante conservan las exigencias específicas valoradas en la rúbrica.

Tabla 17

Subpuntuajes y resultados de constructibilidad

Sistema y uso	A	B	C	D	E	Resultado
Fachada con cámara (O1)	4	5	4	4	4	85 %
Fachada con EPS (O2)	3	4	4	4	4	77 %
Fachada con lana	3	4	3	4	2	66 %
Muro H.A. 20 cm, cámara, una cara	4	5	4	4	4	85 %
Muro H.A. 20 cm, EPS, una cara	3	4	4	4	4	77 %
Muro H.A. 20 cm, lana, una cara (O2)	3	4	3	4	2	66 %
Muro H.A. 20 cm, cámara, dos caras (O1)	3	5	4	3	3	73 %
Muro H.A. 20 cm, EPS, dos caras	2	4	4	3	3	65 %
Muro H.A. 20 cm, lana, dos caras	2	4	3	3	2	58 %
Ventana laminada 6 mm (O1)	5	5	4	4	4	88 %
Ventana cámara 6-8-6 mm (O2)	4	5	3	4	3	78 %
Cielo raso con cámara (O1)	4	5	4	3	3	76 %
Cielo raso con lana (O2)	3	4	3	3	2	61 %

Nota. A: operaciones (15 %); B: proceso y espera (25 %); C: recursos y acceso (15 %); D: coordinación (25 %); E: control y retrabajo (20 %). Subpuntuajes de 1 a 5, con significado ordinal según la Tabla 6. Se transcriben de 04_Catalogo!!M y se ponderan con 01_Entrada!D36:D40. O1 y O2 identifican selecciones activas; las demás filas son alternativas seleccionables. No corresponden a mediciones de productividad ni a validación externa.

La rúbrica valora operaciones adicionales y condiciones de montaje. La cámara de fachada y el trasdosado de una cara reciben 4–5–4–4–4: requieren perfilería, placas y juntas, sin colocar relleno. En EPS, el corte y ajuste de paneles añaden operaciones; se asignan 3 a operaciones y 4 a proceso. En lana, la colocación exige controlar corte ajustado, continuidad y encuentros; los recursos reciben 3 y el control, 2. Estas son justificaciones de la valoración metodológica del sistema, no mediciones de productividad ni resultados de una validación externa.

La intervención bilateral requiere coordinar el acceso y la ejecución en las dos unidades habitacionales; por ello, la coordinación recibe 3 en las tres variantes. Cámara,

EPS y lana registran operaciones de 3, 2 y 2 y control de 3, 3 y 2. En cielos rasos, la colocación del relleno se añade al montaje en altura de perfiles y placas: proceso y recursos pasan de 5 y 4 con cámara a 4 y 3 con lana. Las ventanas laminada y cámara comparten proceso en 5 y coordinación en 4; el conjunto con doble acristalamiento recibe una valoración menos favorable en operaciones, recursos y control por las exigencias de manipulación, ajuste y sellado consideradas en la rúbrica. Los subpuntos son juicios iniciales de la autora y deben contrastarse con las condiciones de cada obra.

El catálogo mantiene alternativas no seleccionadas, entre ellas la medianera con EPS, cuya constructibilidad es 77 % en una cara y 65 % en dos caras. La Tabla 17 diferencia estas valoraciones de las correspondientes a las selecciones activas.

3.8 Resultados del Índice de Conveniencia Integral

La Tabla 18 identifica el máximo entre las once combinaciones de cada opción para los cuatro perfiles del apartado 2.9. Se distinguen intervenciones por componente, combinaciones parciales y paquetes integrales. Los máximos describen el archivo; una comparación para decidir debe conservar componente, cobertura, geometría y perfil.

Tabla 18

Estado de los resultados del ICI por perfil

Perfil	Técnico / financiero / constr.	Propósito	Máximo en opción 1	Máximo en opción 2
Equilibrio	40 / 40 / 20 %	Balance	Cielo raso · 79,28	Paredes medianeras · 82,84
Mayor confort	60 / 25 / 15 %	Prioridad técnica	Cielo raso · 75,38	Cielo raso · 81,61
Mayor rentabilidad	15 / 70 / 15 %	Prioridad financiera	Fachada ajustada · 89,87	Paredes medianeras · 87,74
Ejecución ágil	15 / 20 / 65 %	Prioridad constructiva	Fachada ajustada · 83,37	Fachada ajustada · 78,73

Nota. Se identifica el máximo numérico entre las once combinaciones de cada opción. El redondeo se aplica después de comparar los valores internos. Una diferencia inferior al umbral de 2,00 puntos se interpreta como resultado cercano. El primer lugar del ICI no demuestra cumplimiento técnico ni constituye una recomendación automática.

En Equilibrio, la opción 1 alcanza su máximo con el cielo raso (79,28) y la opción 2 con las paredes medianeras (82,84). En Mayor confort, el cielo raso lidera ambas opciones, con 75,38 y 81,61 puntos. En Mayor rentabilidad, la fachada con abertura ajustada lidera la opción 1 con 89,87 puntos y las paredes medianeras lideran la opción 2 con 87,74. En Ejecución ágil, la fachada con abertura ajustada encabeza ambas opciones con 83,37 y 78,73 puntos. En O2, las diferencias respecto de la segunda alternativa son 1,59 puntos en Equilibrio y 0,17 en Mayor confort: ambas quedan bajo el umbral de cercanía de 2,00

puntos. Entre las combinaciones parciales con fachada con abertura ajustada y medianeras, Equilibrio registra 71,45 y 75,58; con fachada con abertura ajustada y cielo raso, 74,13 y 73,72. Para medianeras y cielo raso registra 72,98 y 78,84. Cada par compara un mismo alcance entre opciones; no se utiliza para declarar que una combinación parcial sustituye al paquete integral.

La opción 1 conserva una brecha acústica de fachada en todas sus combinaciones: la geometría conservada alcanza 32 dB y la ajustada, 34,9759... dB, mostrado como 35,0 dB al redondear, frente al criterio interno de 35 dB. La clasificación se obtiene antes del redondeo y acompaña al ICI; el índice no elimina esa brecha ni acredita una diferencia perceptible.

Las puntuaciones corresponden a la configuración registrada en las hojas técnicas del archivo analizado. Las opciones combinan sistemas distintos y comparten las ponderaciones de cada perfil.

Para permitir una comparación directa del paquete completo, la Tabla 19 presenta sus indicadores sin reducirlos a un único índice.

Tabla 19

Comparación técnica del paquete completo con fachada con abertura ajustada

Indicador del paquete integral	Opción 1	Opción 2	Alcance
Mejora térmica	30,96 %	60,88 %	Fachada ajustada
Mejora acústica relativa	59,88 %	78,31 %	Agregación de los componentes acústicos
Puntaje técnico integrado	46,31	69,91	50 % térmico / 50 % acústico
Constructibilidad	77,96 %	67,27 %	Agregación por superficie
Costo incremental	USD 273,86	USD 573,18	Respecto de la base
Margen / venta mínima	14,40 % / USD 43.063,07	13,73 % / USD 43.395,64	Margen mínimo: 10 %
ICI Equilibrio	69,27	71,29	Pesos: 40/40/20 %

En el paquete integral, la opción 1 registra menor costo incremental y mayor constructibilidad, mientras que la opción 2 alcanza mayores mejoras térmica y acústica relativa. Sus ICI de Equilibrio son 69,27 y 71,29; la diferencia es 2,01 puntos a favor de la opción 2, ligeramente superior al umbral de cercanía de 2,00 puntos. En Mayor confort, los índices son 61,45 y 70,71, con una diferencia de 9,25 puntos a favor de la opción 2. Ambas mantienen márgenes superiores al mínimo del caso. La admisibilidad técnica se revisa antes del índice: el paquete de la opción 1 conserva la brecha de fachada y se presenta como comparador económico, no como solución que satisface todos los criterios. La opción

2 alcanza los criterios internos del escenario ajustado, sin acreditar por ello el desempeño construido.

Las Figuras 2 y 3 sintetizan la comparación. La primera reúne sistemas, superficies y resultados financieros; la segunda, desempeño técnico, estados, constructibilidad e ICI del paquete integral. En la Figura 3, U equivalente pondera las áreas opaca y acristalada y se evalúa frente a la referencia ponderada correspondiente. Dormitorio y sala presentan el mismo resultado dentro de cada opción.

Figura 2
Resumen ejecutivo: sistemas seleccionados y comparación financiera

RESUMEN EJECUTIVO · 1 DE 2				
Unidad analizada	Caso de estudio VIP · Departamento			
Superficie	45,00 m²	Venta (USD)		\$45.274,00
Menor inversión: Opción 1. Mayor margen: Opción 1.				
Mayor desempeño termoacústico: Opción 2.				
La opción conveniente depende de la prioridad del proyecto.				
COMPARACIÓN DE SISTEMAS SELECCIONADOS				
Elemento	Opción 1	m²	Opción 2	m²
Fachada total	H.A. 10 cm + cámara de aire + yeso-cartón (una cara)	13,44	H.A. 10 cm + EPS 50 mm + yeso-cartón (una cara)	13,44
Vidrio incluido	Ventana vidrio laminado 6 mm	Incl.	Ventana con cristal cámara 6-8-6 mm	Incl.
Medianeras	H.A. 20 cm + cámara de aire + yeso-cartón (dos caras)	16,80	H.A. 20 cm + lana de vidrio 50 mm + yeso-cartón (una cara)	16,80
Entrepiso: cielo	cámara de aire + yeso-cartón	19,60	lana de vidrio 65 mm + yeso-cartón	19,60
Área total intervenida · Opción 1		49,84	Total Opción 2	49,84
Fachada: incluye pared y vidrio, sin duplicar área. Medianeras: área por unidad. Yeso-cartón: 12,7 mm.				
COMPARACIÓN FINANCIERA				
Indicador (USD salvo indicación)		Opción 1	Opción 2	
Costo base estimado		\$38.482,90	\$38.482,90	
Margen base		15,00%	15,00%	
Inversión adicional		\$273,86	\$573,18	
Incremento / m² de la unidad		\$6,09	\$12,74	
Incremento / m² intervenido		\$5,49	\$11,50	
Costo total de desarrollo		\$38.756,76	\$39.056,08	
Utilidad resultante		\$6.517,24	\$6.217,92	
Margen resultante		14,40%	13,73%	
Variación del margen (p.p.)		-0,60	-1,27	
Venta mínima requerida		\$43.063,07	\$43.395,64	
Venta mínima por m²		\$956,96	\$964,35	
Condición de crédito VIP		Dentro del crédito VIP	Dentro del crédito VIP	
Margen mínimo: 10%. Límite VIP: USD 110.378. Valores negativos = ahorro.				

Nota. Captura del modelo paramétrico. La opción 2 incorpora lana de vidrio en una cara de la medianera. Los importes conservan la imputación del 50 % entre unidades habitacionales descrita en el apartado 2.7.

Figura 3**Resumen ejecutivo: desempeño, estados de cumplimiento e ICI por prioridad****RESULTADOS Y DECISIÓN · 2 DE 2**

Comparación conjunta de las intervenciones descritas en la página 1.

DESEMPEÑO TÉCNICO Y CONSTRUCTIBILIDAD

Indicador	Opción 1	Opción 2	Mejor resultado
Mejora térmica de fachada	30,96%	60,88%	Opción 2
Constructibilidad	77,96%	67,27%	Opción 1

Mayor porcentaje = mejor resultado. La constructibilidad es un índice comparativo.

RESULTADOS POR ELEMENTO

Indicador	Opción 1	Opción 2	Mejor resultado
Fachada: U equivalente [W/(m ² ·K)]	3,94 Cumple mejorado	2,23 Cumple mejorado	Opción 2
Fachada: aéreo mínimo (dB)	34,98 Cerca de cumplir	35,98 Cumple mejorado	Opción 2
Medianera: aéreo mínimo (dB)	64,00 Cumple mejorado	68,00 Cumple mejorado	Opción 2
Entrepiso: RA mínimo (dBA)	76,00 Cumple mejorado	78,00 Cumple mejorado	Opción 2
Entrepiso: L _{n,w} máximo (dB)	38,00 Cumple mejorado	34,00 Cumple mejorado	Opción 2

La U equivalente pondera las áreas opaca y acristalada. Menor U y L_{n,w} = mejor desempeño. Mayor aislamiento aéreo = mejor desempeño.

ICI POR PRIORIDAD · ESCALA DE 0 A 100

Perfil	Opción 1	Opción 2	Dif.	Mayor ICI
Equilibrio	69,27	71,29	2,01	Opción 2
Mayor confort	61,45	70,71	9,25	Opción 2
Mayor rentabilidad	80,17	72,85	7,32	Opción 1
Ejecución ágil	75,20	69,15	6,05	Opción 1

Diferencia en puntos, calculada antes de redondear. Mayor ICI según los pesos de cada perfil.

ORIENTACIÓN PARA ELEGIR

Para menor inversión: Opción 1. Para ejecución: Opción 1.

Para mayor confort según el ICI: Opción 2. Consulte el perfil que representa su prioridad.

Estimaciones de prefactibilidad. Revise los estados técnicos junto con el ICI antes de elegir.

Nota. Captura del modelo paramétrico con la medianera unilateral de la opción 2. Los estados corresponden a criterios internos de prefactibilidad. La diferencia de ICI Equilibrio es 2,01 puntos.

3.9 Correspondencia entre objetivos y resultados

Tabla 20

Correspondencia entre objetivos e indicadores obtenidos

Objetivo específico	Indicadores obtenidos	Localización
Estimar desempeño termoacústico	Ueq y Rw equivalente de fachada; Rw de medianeras; RA y $L_{n,w}$ de entresuelo	Apartados 3.2–3.5
Evaluar economía y constructibilidad	Costo incremental, margen, venta mínima y constructibilidad	Apartados 3.6–3.7
Jerarquizar alternativas	ICI para once combinaciones por opción y cuatro perfiles	Apartado 3.8

3.10 Verificación del cálculo y sensibilidad

Los cálculos independientes reproducen la configuración definida para el caso. Para la fachada con abertura ajustada de la opción 1, áreas iguales y U de 2,25 y 5,62 producen U equivalente de 3,935, mostrado como 3,94 W/(m²·K). La suma energética de 53 y 32 dB produce aproximadamente 35,0 dB; el valor interno queda ligeramente por debajo de 35 dB. El paquete integral suma un costo incremental de 273,86 dólares y un margen de 14,40 %. Con puntajes técnico, financiero y constructivo de 46,31, 87,90 y 77,96, ponderados 40/40/20 %, se reproduce el ICI de 69,27. El cálculo conserva la precisión interna; las cifras aquí se redondean solo para su presentación.

En la opción 2, la mejora acústica relativa de la medianera se obtiene como $1 - 10^{(-7/10)} = 80,05$ %. El paquete integral suma USD 187,28 de fachada, USD 134,61 de medianeras y USD 251,29 de cielo raso: USD 573,18. Con venta de USD 45.274,00 y costo base de USD 38.482,90, el margen es 13,73 %. Los puntajes técnico, financiero y constructivo son 69,91, 74,68 y 67,27; con pesos 40/40/20 %, producen un ICI de 71,29. El cálculo utiliza valores internos no redondeados. La mejora acústica del paquete (78,31 %) se pondera por superficies, mientras el componente acústico de ST aplica los pesos por indicador de la ecuación (19); son agregaciones diferentes.

Tabla 21

Pruebas de implementación y resultados observados

Prueba y condición	Respuesta esperada	Resultado observado
Fachada sin pared; 6,72 m ² acristalados	U y aislamiento iguales a la abertura	5,70 W/(m ² ·K) y 31 dB. Conforme.

Prueba y condición	Respuesta esperada	Resultado observado
Sin pared; reducir ancho declarado de ventana a 1 m	Conservar rama totalmente acristalada	5,70 W/(m ² ·K) y 31 dB. Conforme.
Entrepiso; cambiar tipología a Casa	Excluir componente e ICI de cielo raso	«No aplica». Conforme.
Pesos válidos; total 100 %	Calcular constructibilidad e ICI	ICI 69,27 y 71,29. Conforme.
Pesos ICI; total 90 %	Bloquear índice	«Ponderaciones inválidas». Conforme.
Pesos constructivos; total 90 %	Bloquear puntaje e índice	«Ponderaciones inválidas». Conforme.
Fachada ajustada O1; costo negativo	Registrar ahorro sin error	–USD 112,80; margen 15,25 %. Conforme.
Margen mínimo 14,50 %; final O1 14,40 %	Clasificar escenario no viable	«No viable». Conforme.
Selección de ventana inexistente	Advertir en fachada y bloquear índice dependiente	«Entrada inválida» en fachada, Resultados, Reporte y Resumen Ejecutivo. Conforme.
Cálculo independiente de U, acústica, costo, margen e ICI	Coincidir con las salidas del modelo	Coincidencia al redondeo presentado. Conforme.

Nota. Las pruebas utilizan escenarios de control diferenciados del caso de estudio. El costo negativo y los cálculos independientes se verificaron con las entradas del caso sin perturbación. Los resultados evalúan la consistencia del cálculo y no acreditan el desempeño construido.

Ante una selección de fachada inexistente, la hoja técnica muestra «Entrada inválida» y los escenarios dependientes presentan el aviso sin calcular un ICI numérico. Este comportamiento evita incorporar al análisis una alternativa que carece de correspondencia en el catálogo.

Tabla 22

Sensibilidad del ICI de los paquetes integrales

Condición exploratoria	ICI O1	ICI O2	Lectura numérica
Base: pesos 40/40/20 %	69,27	71,29	O2; diferencia de 2,01 puntos
Pesos 39/41/20 %	69,69	71,34	O2; diferencia cercana de 1,65 puntos

Condición exploratoria	ICI O1	ICI O2	Lectura numérica
Pesos 41/39/20 %	68,86	71,24	O2; diferencia de 2,38 puntos
Control del cielo raso con lana: 2 a 3	69,27	71,60	O2; diferencia de 2,33 puntos
Costo incremental neto -10 %	69,76	72,30	O2; diferencia de 2,54 puntos
Costo incremental neto +10 %	68,79	70,28	O2; diferencia cercana de 1,49 puntos

Nota. O1 y O2 conservan el mismo alcance integral y geometría ajustada. Pesos en orden técnico/financiero/constructibilidad. Se altera una condición por vez; no se cambian las entradas definitivas. Las variaciones de costo se aplican a los incrementos netos, con venta y costo base constantes. La lectura describe la jerarquía aritmética y la cercanía respecto de 2,00 puntos, sin sustituir la admisibilidad técnica.

Con variaciones de ± 10 % del incremento neto, los márgenes permanecen entre 14,33 % y 14,46 % en la opción 1 y entre 13,61 % y 13,86 % en la opción 2. El cambio de control del cielo raso con lana de 2 a 3 eleva su constructibilidad de 61 % a 65 % y la del paquete de 67,27 % a 68,84 %. La opción 2 conserva el mayor ICI en las perturbaciones seleccionadas, aunque la diferencia pasa por debajo de 2,00 puntos con pesos 39/41/20 % y al aumentar 10 % el costo incremental neto. La estabilidad observada se limita a estos ensayos y no demuestra superioridad universal.

Al variar la banda térmica entre 8 % y 12 %, ambas fachadas con abertura ajustada conservan «Cumple mejorado». Con bandas acústicas de 2 a 4 dB, la opción 1 continúa por debajo del criterio de fachada y la opción 2 lo supera; en cambio, la medianera de la opción 1 pasa de «Cumple mejorado» a «Cumple mínimo» cuando se exigen 4 dB adicionales. La diferencia inicial de ICI de 2,01 puntos supera los umbrales de 1 y 2 puntos, pero se considera cercana si el umbral se eleva a 3 puntos. Cambiar las bandas modifica algunas etiquetas, pero no los valores físicos, las puntuaciones ni la brecha de fachada.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN

4.1 Alcance interpretativo de los resultados

En una unidad habitacional industrializada, un revestimiento puede modificar encuentros, tolerancias y logística aun cuando no altere el soporte portante. La interpretación de los resultados debe relacionar estas exigencias con la mejora obtenida y la incidencia económica.

La discusión distingue tres cuestiones: qué componente limita el desempeño, qué intervención modifica su comportamiento y qué condiciones permiten transferir el resultado al proyecto. Esta distinción es coherente con los niveles de elemento, predicción del edificio y medición in situ de las normas acústicas ISO 10140, ISO 12354 e ISO 16283 (ISO, 2014, 2016, 2017a, 2017b, 2020a, 2021a, 2021b).

4.2 La abertura como elemento dominante de la fachada

La geometría determina dónde puede actuar la hibridación. Con 100 % de acristalamiento, el muro no influye en la fachada; con 50 % de área opaca, los resultados son 35,0 dB en la opción 1 y 36,0 dB en la opción 2. La diferencia de 1,0 dB no puede atribuirse exclusivamente al aislante: cambian simultáneamente la pared y la ventana. Por ello, estas opciones demuestran paquetes de intervención, no un experimento que aísle el efecto de un solo material.

La condición inicial no implica ineficacia del EPS; indica que no existe área opaca donde su ventaja pueda manifestarse. La combinación energética penaliza al componente de menor aislamiento y evita que una media aritmética sobreestime la fachada. El cálculo reproduce de manera simplificada el principio energético de ISO 12354-3:2017, aunque no incorpora términos espectrales, juntas ni transmisiones por flancos (ISO, 2017c, 2020b).

El catálogo del modelo no permite afirmar que el laminado supere acústicamente al doble acristalamiento en todas las aberturas. En ventanas proyectables se adoptan 32 y 33 dB, respectivamente; en puertas corredizas, 31 y 30 dB. Las estimaciones se refieren a sistemas y mecanismos de cierre distintos, con las fuentes y correcciones expuestas en metodología (Architectural Window Systems, s. f.; CSIRO, 2018a, 2018b; Ministerio de Vivienda, 2009; Wintec Systems, 2025). La selección exige verificar el conjunto completo y no solo el tipo de vidrio.

La opción 1 con abertura ajustada se presenta como aproximadamente 35,0 dB, aunque su resultado sin redondear permanece ligeramente por debajo del criterio interno y conserva el estado «Cerca de cumplir». El redondeo no modifica la clasificación. Dado que las entradas son estimaciones, esa diferencia no tiene significado experimental demostrado. La opción 2 supera el criterio en el cálculo; su prestación instalada requiere igualmente la comprobación del ensamblaje completo.

4.3 Diferencia entre mejora térmica y confort térmico

La opción 2 presenta una mayor reducción de transmitancia porque combina EPS con ventana de doble acristalamiento. La comparación no aísla el efecto del relleno ni permite transferir la misma mejora a otras proporciones de muro y abertura.

No obstante, la reducción de U no prueba por sí sola que los ocupantes alcanzarán una condición determinada de confort. El bienestar térmico también depende de la temperatura del aire y radiante, velocidad del aire, humedad, actividad, vestimenta, radiación solar, ventilación y patrón de uso (ISO, 2025; Quesada Molina & Bustillos Yaguana, 2018). Por ello, los resultados se interpretan como una mejora estimada del desempeño térmico de la envolvente y un potencial de confort, sin garantizar una temperatura interior.

La alternativa con lana de vidrio resulta pertinente cuando convergen una necesidad térmica y acústica, un recinto sensible y suficiente área opaca. Si la prioridad es térmica y la fachada ya presenta un desempeño acústico suficiente, el EPS interior puede constituir una solución proporcional. Si el paño es totalmente acristalado o la abertura domina el resultado, debe intervenir primero el elemento acristalado.

4.4 EPS frente a lana de vidrio: decisión condicionada, no jerárquica

Según la comparación del apartado 3.3.4, la lana de vidrio presenta mayor aislamiento acústico estimado y menor transmitancia del muro, mientras el EPS requiere menor costo y obtiene una constructibilidad más favorable. Esta diferencia adquiere relevancia solo cuando la superficie opaca participa suficientemente en el comportamiento de la fachada.

Los 5 dB de diferencia entre muros no se transfieren íntegramente a una fachada con ventana. Cuanto mayor sea la contribución sonora de la abertura, menor será la influencia de esa diferencia en el conjunto. El EPS puede evaluarse cuando predomine la necesidad térmica y la fachada integrada satisfaga el criterio acústico adoptado. La lana de vidrio puede evaluarse ante una demanda simultánea y suficiente superficie opaca, siempre mediante la combinación del sistema completo.

La estimación acústica del EPS transfiere un intervalo relativo desde los ensayos de una pared ligera común de Stani et al. (2005) a los trasdosados sobre hormigón. La coincidencia del orden entre cámara, EPS y lana no demuestra equivalencia de magnitudes. Miškinis et al. (2018) estudian otras configuraciones y refuerzan la necesidad de atender al ensamblaje, sin validar numéricamente el caso C.

4.4.1 Criterios cualitativos complementarios para seleccionar combinaciones de fachada

El modelo calcula el desempeño equivalente de la fachada a partir de su geometría y de los valores asignados a los ensamblajes activos del catálogo. U de la fachada, aislamiento acústico aéreo estimado, estados de cumplimiento y porcentajes de mejora constituyen resultados cuantitativos. La matriz siguiente incorpora criterios cualitativos para interpretar la pertinencia de cada combinación según la exposición y el nivel de confort buscado; no modifica los cálculos ni asigna puntuaciones adicionales.

Como se estableció en las ecuaciones (3b) y (5), la incidencia de cada componente depende de su área y, en acústica, de su fracción de transmisión. Por ello, la preselección debe comenzar por el componente dominante y por la procedencia de la solicitud, es

decir, el origen del ruido o de la exposición térmica que debe atenderse. Esta primera lectura se concentra en la pertinencia técnica y en el potencial de mejora del confort; el costo, la incidencia económica y la constructibilidad se incorporan posteriormente mediante el Índice de Conveniencia Integral.

Tabla 23

Criterios orientativos para seleccionar paredes de fachada y elementos acristalados según la exposición y el confort requerido

Condición predominante	Pared de fachada	Ventana o puerta de vidrio	Criterio técnico y limitación
Fachada protegida, baja exposición y referencia interna alcanzada	Mantener el muro H.A. de 10 cm; incorporar cámara de aire y placa de yeso-cartón de 12,7 mm solo para una mejora moderada	Mantener la abertura si el cálculo integral resulta suficiente	La intervención es opcional y responde al nivel de confort buscado.
Necesidad principalmente térmica y superficie opaca suficiente	Muro H.A. de 10 cm + EPS de 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	Ventana o puerta con cristal cámara 06-08-06	Ambas actuaciones reducen la transmitancia de su superficie; debe comprobarse U de la fachada completa.
Necesidad térmica y acústica simultánea en un recinto sensible	Muro H.A. de 10 cm + lana de vidrio de 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	Comparar laminado de 6 mm y cristal cámara 06-08-06 según la necesidad dominante	La abertura puede limitar el desempeño integral aunque se mejore la pared.
Ruido exterior relevante	Lana de vidrio de 50 mm y placa de yeso-cartón cuando exista suficiente superficie opaca	Comparar la ventana cámara y la laminada según el conjunto; en puertas corredizas el laminado registra mayor R_w estimado que la cámara	La prestación depende también de perfilería, apertura, sellos, herrajes, encuentros e instalación.

Condición predominante	Pared de fachada	Ventana o puerta de vidrio	Criterio técnico y limitación
Alta proporción acristalada	Hibridar únicamente la porción opaca existente	Comparar la prestación del conjunto: ventana cámara 33 dB, laminada 32 dB; puerta cámara 30 dB, laminada 31 dB	La abertura domina progresivamente el resultado. Ventanas y puertas corredizas deben evaluarse por separado.
Fachada completamente acristalada	Seleccionar «Sin pared»	Seleccionar la abertura según la necesidad predominante	El área opaca es cero; ninguna hibridación de pared modifica el resultado.
Alta exposición solar	EPS si la necesidad es térmica; lana de vidrio si también existe necesidad acústica	Cristal cámara como alternativa de menor U, complementado con sombreado o control solar documentado	U no representa las ganancias solares; el factor solar no forma parte del modelo paramétrico.
Exposición relevante al viento o la lluvia	Seleccionar la pared según la necesidad térmica y acústica	Sistema completo con prestaciones verificadas de permeabilidad al aire, estanqueidad al agua y resistencia al viento	El valor de catálogo es una estimación del conjunto cerrado; la prestación instalada requiere ficha o ensayo de la carpintería completa.
Ruido originado en el interior o en una unidad habitacional colindante	No intervenir la fachada sin identificar antes la vía de transmisión	Mantener la abertura cuando la fachada no sea la vía dominante	Deben revisarse medianeras, entrepisos, instalaciones y encuentros.

Nota. Las alternativas de vidrio laminado y cristal cámara corresponden al catálogo del modelo. El desempeño de la abertura pertenece al conjunto completo —vidrio, perfiles, hojas, herrajes, sellos, encuentros e instalación— y no al vidrio aislado. Las recomendaciones orientan la prefactibilidad y deben verificarse mediante el cálculo integrado de la fachada.

La matriz diferencia cuatro niveles de información. Los indicadores de desempeño y los estados son resultados calculados por el modelo; la exposición, el uso sensible del

recinto, la procedencia del ruido y la existencia de protecciones son criterios cualitativos de interpretación. El factor solar, la infiltración, la permeabilidad al aire, la estanqueidad al agua, la resistencia al viento, el sombreado y la lluvia incidente no se encuentran cuantificados. Su incorporación mediante propiedades verificables corresponde a posibles ampliaciones futuras y no a funcionalidades implementadas en el modelo.

4.5 Medianeras: cumplimiento mínimo frente a privacidad adicional

La base supera la referencia acústica interna, por lo que la intervención responde a una necesidad adicional de privacidad. La lana unilateral ofrece mayor aislamiento estimado y menor costo imputado que la cámara bilateral, además de evitar el acceso a la cara vecina. Sin embargo, el montaje y control del aislante reciben una valoración constructiva menos favorable. El ahorro depende del reparto económico entre unidades y no equivale al costo total de una obra financiada por un único propietario.

La restricción estructural del caso C delimita la comparación a revestimientos del soporte existente. Por tanto, las diferencias entre las opciones provienen de la composición y del número de caras intervenidas, no de reducir el espesor del hormigón.

El EPS ocupa una posición acústica intermedia estimada, pero no debe justificarse en una medianera por una necesidad térmica que el modelo no evalúa. Su selección dependería de la privacidad buscada, el acceso, la constructibilidad y la verificación del ensamblaje. La lana puede evaluarse ante exigencias superiores de privacidad; la cámara, ante mejoras moderadas. Las juntas, cajas, fijaciones y transmisiones laterales pueden limitar cualquiera de estas soluciones (ISO, 2014, 2021a). Warnock (1990) aporta una comparación del mismo soporte con cámara vacía y con fibra, útil para justificar la dirección de la mejora adoptada. Sin embargo, las diferencias de soporte y el uso de STC en esa fuente impiden presentar los incrementos transferidos como R_w ensayados de las medianeras de este edificio.

La Tabla 24 organiza la selección de las hibridaciones según la privacidad requerida, el acceso disponible y la trayectoria probable del ruido.

Tabla 24

Criterios orientativos para seleccionar hibridaciones de paredes medianeras según la privacidad acústica requerida

Necesidad o condición	Sistema que debe evaluarse	Criterio técnico y limitación
La base alcanza la referencia interna y no se requiere privacidad adicional	Mantener el muro H.A. de 20 cm	La mejora es opcional y debe responder al nivel de confort buscado.
Mejora moderada con acceso desde una sola unidad habitacional	Muro H.A. de 20 cm + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm en una cara	Intervención unilateral con una reserva acústica estimada moderada.

Necesidad o condición	Sistema que debe evaluarse	Criterio técnico y limitación
Mejora moderada con acceso a ambas unidades habitacionales	Muro H.A. de 20 cm + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm en ambas caras	Puede aportar una reserva mayor si se controlan juntas, fijaciones y encuentros.
Privacidad intermedia estimada	Muro H.A. de 20 cm + EPS 50 mm + placa, en una o dos caras	Rw estimado de 64 o 66 dB; constructibilidad de 77 % o 65 %. Requiere verificar el ensamblaje, sin justificarlo por confort térmico.
Dormitorio colindante con un recinto potencialmente ruidoso; acceso unilateral	Muro H.A. de 20 cm + lana de vidrio de 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm en una cara	Se orienta a una mayor privacidad cuando solo puede intervenir el recinto receptor.
Privacidad elevada y acceso a ambas unidades habitacionales	Muro H.A. de 20 cm + lana de vidrio de 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm en ambas caras	Es una alternativa seleccionable con mayor aislamiento estimado que la configuración unilateral activa; la mejora bilateral no duplica los decibelios.
Muros de H.A. de 20 cm del caso C	Conservar el muro de 20 cm y evaluar únicamente los revestimientos previstos	La selección respeta la restricción estructural del caso definida en el apartado 2.1.
Ruido transmitido por losa, ductos, cajas o encuentros	Diagnosticar la trayectoria antes de hibridar la pared	La mejora puede ser limitada cuando predomina la transmisión lateral.

Nota. Las intervenciones en una y dos caras constituyen ensamblajes diferentes; sus prestaciones no se obtienen duplicando la mejora en decibelios. Los resultados dependen de la continuidad de las capas, las fijaciones, las juntas, el sellado y las transmisiones laterales.

La lana unilateral reduce el espesor total de la medianera frente a la cámara bilateral, pero ocupa más espacio dentro del recinto tratado: 7,62 cm frente a 5,40 cm por cara. La opción unilateral conserva el espacio de la unidad vecina. Esta diferencia exige evaluar la pérdida de área útil por recinto, además del espesor total, con los encuentros y holguras del detalle ejecutivo.

4.6 Entrepiso: alcance del escenario base y de las mejoras

El cielo raso con lana presenta las mayores mejoras acústicas estimadas del entrepiso, con mayor costo y menor constructibilidad que la cámara sin relleno. La decisión depende de la sensibilidad del recinto receptor y de la fuente de ruido, no solo de la clasificación favorable de la base paramétrica.

La ampliación del cielo raso a recintos de permanencia debe responder a una necesidad identificada. Bajo zonas de circulación, la alternativa con lana puede evaluarse para una mayor protección; en recintos menos sensibles, la cámara permite analizar una mejora moderada.

El descenso total de 20 cm debe contrastarse con la altura libre y las instalaciones. Si los 2,40 m de entrada corresponden a la altura anterior a la intervención, resultarían 2,20 m libres; si ya representan la altura terminada, no procede descontar nuevamente el descenso. Ambas alternativas utilizan el mismo espacio de suspensión.

El análisis del entrepiso se limita a comparar estimaciones de aislamiento acústico aéreo y de ruido de impacto. No se evalúan la absorción sonora ni el tiempo de reverberación de los ambientes. Los incrementos atribuidos a los cielos rasos son valores referenciales de los sistemas comparables descritos en la metodología y no prestaciones universales del material aislante.

El aislamiento limita la transmisión de sonido entre espacios; la absorción reduce la energía reflejada dentro de un recinto. El tiempo de reverberación describe la persistencia del sonido en ese recinto. Son fenómenos distintos: un valor de absorción no permite asignar por sí solo el aislamiento de una pared o un entrepiso (Asociación Técnica y Empresarial del Yeso et al., 2016).

La especificación de acabados confirma genéricamente una manta de polietileno, pero no acredita una reducción ensayada para el producto instalado. Los 16 dB adoptados proceden de una base comparable, mientras que las mejoras adicionales de los cielos rasos, 5 y 9 dB de impacto y 5 y 7 dBA de aislamiento aéreo, se apoyan en las familias del CTE expuestas en metodología (Ministerio de Vivienda, 2009; NMC SA, s. f.). La suspensión, profundidad, placas, continuidad, encuentros y propiedades del aislante pueden modificar el resultado, como muestran los estudios de sistemas de cielo raso (Kim et al., 2021; Song et al., 2019). Kim et al. estudian cielos rasos apoyados de pared a pared, mientras Song et al. examinan absorbentes sobre cielos rasos frente a impactos pesados. Sus objetos de estudio permiten discutir el efecto del montaje y del absorbente, pero no verifican la suma de reducciones ni los valores finales asignados al caso C.

La misma especificación prevé porcelanato en cocinas, baños, terrazas, pasillos, gradas y vestíbulos, pero no describe la composición completa bajo dichos acabados. La ausencia de esta información no permite asumir que carezcan de una capa aislante; tampoco permite extrapolarles el comportamiento paramétrico adoptado para las áreas sociales y los dormitorios. Cuando alguna de estas zonas se encuentre sobre un recinto

sensible, deberá comprobarse el paquete de piso correspondiente antes de justificar la incorporación de un cielo raso.

La Tabla 25 diferencia la pertinencia de mantener la base, incorporar una cámara vacía o utilizar lana de vidrio según la fuente del ruido y la sensibilidad del recinto receptor.

Tabla 25

Criterios orientativos para seleccionar cielos rasos según la fuente del ruido y la sensibilidad del recinto receptor

Situación	Sistema que debe evaluarse	Criterio técnico y limitación
La base alcanza la referencia interna y no existe una necesidad adicional de confort	Mantener el sistema base	Cualquier cielo raso constituye una mejora opcional.
Molestia moderada por pisadas o golpes en el recinto inferior	Sistema base + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	Aporta una reducción adicional estimada de alcance moderado desde el recinto receptor.
Dormitorio o recinto sensible bajo circulación o uso frecuente	Sistema base + lana de vidrio de 65 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	Es la alternativa del catálogo orientada a una mayor reducción del ruido de impacto.
Pavimento rígido o impactos intensos en el recinto superior	Priorizar el tratamiento del piso superior y complementar con cielo raso con lana cuando sea necesario	El cielo raso no reemplaza un tratamiento próximo a la fuente ni un piso flotante bien ejecutado.
Cocina, baño o instalaciones sobre un recinto sensible	En el caso C: cielo raso en baños y cocinas; losa empastada y pintada en dormitorios y salas	Identificar la composición del piso superior y los encuentros; el cielo raso destinado a alojar instalaciones no acredita por sí solo aislamiento acústico.
Voces, música o equipos como problema predominante	Diagnosticar el ruido aéreo y sus rutas antes de seleccionar el cielo raso	Una solución orientada al impacto no resuelve automáticamente el ruido aéreo.

Nota. La representación paramétrica del sistema base corresponde a la losa de H.A. de 40 cm con piso laminado flotante y Polyexpanded de 2 mm. La especificación del proyecto confirma una manta de polietileno solo de manera genérica; por ello, los resultados

continúan siendo referenciales y dependen de la composición del piso, la suspensión, las juntas, las penetraciones y los encuentros.

4.7 Lectura del ICI y sensibilidad a las prioridades

Los cambios de prioridad muestran que la conveniencia depende del objetivo: el perfil de confort favorece intervenciones acústicas, mientras los perfiles económico y constructivo conceden mayor peso al costo y la facilidad de ejecución. Los máximos de la Tabla 18 incluyen alcances distintos, por lo que no permiten sustituir una mejora integral por una intervención puntual sin revisar las necesidades no atendidas.

En los paquetes integrales, Equilibrio compensa la ventaja económica y constructiva de la opción 1 con la mayor mejora técnica de la opción 2. Mayor confort amplía la diferencia al otorgar más peso al desempeño. Esta lectura explica el cambio de separación entre índices sin volver a interpretar las ponderaciones como propiedades físicas.

La diferencia de 2,01 puntos entre paquetes integrales supera ligeramente el umbral operativo de cercanía de 2,00 puntos. Esa superación no constituye una ventaja sólida por sí sola: con pesos 39/41/20 % la diferencia es 1,65 puntos y con un aumento del 10 % del costo incremental neto es 1,49 puntos, según el apartado 3.10. La opción 2 conserva el primer lugar en las perturbaciones estudiadas, pero cambia la lectura de cercanía. La sensibilidad demuestra la dependencia de la separación respecto de esas condiciones; no calibra el umbral ni acredita superioridad frente a cualquier variación. Esta lectura no elimina la brecha técnica de la opción 1 ni acredita prestaciones construidas. Las comparaciones conservan perfil, alcance e indicadores desagregados (Organisation for Economic Co-operation and Development & European Commission, Joint Research Centre, 2008).

La recomendación no se sustenta únicamente en la diferencia de 2,01 puntos del ICI. La decisión sigue una secuencia jerárquica: primero se revisa la admisibilidad técnica y después se utiliza el índice para comparar costo, desempeño y constructibilidad. La opción 2 se recomienda cuando la prioridad es corregir la brecha acústica de la fachada, porque alcanza los criterios internos del escenario y conserva un margen superior al mínimo del caso. La opción 1 presenta menor costo y mayor constructibilidad, pero mantiene una brecha acústica y, por ello, funciona como alternativa económica condicionada a una comprobación adicional. Dado que la diferencia entre índices se considera cercana en dos ensayos de sensibilidad, la selección debe presentarse como condicionada por las prioridades y no como una superioridad universal de la opción 2.

Los pesos deben permanecer editables porque la prioridad puede variar entre promociones o usuarios. Sin embargo, editabilidad no significa arbitrariedad. Una modificación debe justificarse en el programa, la exposición, la estrategia comercial, el cronograma o la sensibilidad del ocupante, y debe documentarse junto con el resultado. También debe evitarse comparar ICI calculados con perfiles distintos como si pertenecieran a una misma escala de preferencia.

4.8 Incidencia económica y condición VIP

Ambos paquetes conservan el margen mínimo y la venta mínima se mantiene bajo el umbral VIP del archivo. Esta holgura permite comparar alternativas dentro del caso, pero no acredita financiamiento ni demuestra rentabilidad en otras unidades.

La holgura debe revisarse simultáneamente con el costo incremental, la utilidad y la venta mínima. Si cambian el costo base, el precio de venta o el margen mínimo, también cambian el puntaje financiero y el ICI. Por ello, cada aplicación debe conservar la configuración y la fuente de sus entradas.

La venta mínima por m² permite examinar la incidencia unitaria de las mejoras en una unidad habitacional pequeña. Su aceptación por el mercado no se deduce del umbral total de financiamiento y requiere la validación propuesta en el apartado 4.12.1.

Las proformas y los costos declarados sostienen una comparación sin IVA. La compatibilidad de las cotizaciones con los perfiles y la composición adoptados requiere confirmar el suministro y la instalación incluidos. Los demás límites económicos se reúnen en el apartado 4.11.

4.9 Criterios para decidir cuándo mejorar el confort

Los resultados permiten distinguir tres niveles de decisión: corrección, confort adicional y proporcionalidad. La corrección procede cuando U , el aislamiento acústico aéreo estimado o $L_{n,w}$ no alcanzan la referencia adoptada y debe dirigirse al componente que controla el resultado. El confort adicional se justifica cuando la base cumple, pero el uso, la exposición o la sensibilidad del ocupante requieren una reserva de desempeño. La proporcionalidad exige comprobar que la intervención modifica el conjunto en una magnitud suficiente para compensar su costo y complejidad.

En fachada, amerita mejorar el confort cuando el recinto presenta una exposición térmica o sonora relevante, largos periodos de ocupación, uso como dormitorio o espacio de trabajo, o una brecha persistente del sistema completo. Si la necesidad es principalmente térmica y existe superficie opaca suficiente, puede evaluarse el EPS interior; si la demanda térmica y acústica es simultánea y el muro tiene participación suficiente, la lana de vidrio constituye una alternativa pertinente. Si la abertura domina el resultado acústico, la mejora debe dirigirse prioritariamente al elemento acristalado.

En medianeras, una intervención adicional puede justificarse ante dormitorios colindantes, actividades incompatibles, trabajo concentrado o sueño diurno. El acceso unilateral limita la coordinación, pero la pérdida de espacio depende también de la profundidad del trasdosado. Una solución bilateral requiere disponibilidad de ambas caras y una necesidad que justifique ese alcance.

En el entepiso, el cielo raso con cámara y la alternativa con lana constituyen escenarios de mejora condicionados. Solo después de verificar que la base real satisface el criterio aplicable puede valorarse si una intervención adicional resulta opcional; si la base no está documentada, no procede concluir que el cielo raso sea innecesario. La decisión debe considerar el recinto receptor, la circulación superior, el piso flotante, el producto resiliente y

el ensamblaje completo. World Health Organization (2018) reconoce la relevancia de las condiciones térmicas y acústicas para el bienestar, pero ello no sustituye la verificación técnica.

La siguiente regla resume la decisión:

El cumplimiento constituye el umbral mínimo; el confort adicional se recomienda cuando la sensibilidad del recinto, su exposición o las preferencias justificadas del usuario demandan una reserva de desempeño. La alternativa seleccionada debe actuar sobre el componente dominante y producir una mejora estimada y trazable dentro del modelo del sistema completo sin comprometer de manera desproporcionada la condición económica ni la constructibilidad.

4.10 Alternativas descartadas y límites de transferencia

4.10.1 SATE exterior con EPS

El SATE exterior con EPS de 50 mm se consideró por su continuidad y por la posibilidad de conservar el área interior. Se excluyó del catálogo activo por las exigencias de acceso exterior, coordinación, condiciones climáticas y control de encuentros previstas para el caso. Esta preselección no constituye una demostración cuantitativa de que su beneficio sea inferior a su costo. En fachadas con elevada proporción de vidrio, su actuación sobre la parte opaca también tiene un alcance limitado.

La documentación del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2012) lo define como un sistema multicapa que exige continuidad y control de encuentros. Podría reconsiderarse excepcionalmente en fachadas predominantemente opacas, con necesidad térmica significativa y restricciones para intervenir desde el interior, mediante un estudio específico de costo, acceso, clima, puentes térmicos y detalle constructivo.

Por estas razones, el SATE permanece como alternativa investigada y descartada, sin participación en listas activas, recomendaciones o ICI.

4.10.2 EPS en muros medianeros: procedimiento y alcance de la estimación

El EPS estándar permanece seleccionable en medianeras mediante la interpolación del apartado 2.5.1, utilizada para comparar escenarios de prefactibilidad. La evidencia de paredes ligeras o sistemas SATE no constituye un ensayo del trasdosado sobre hormigón propuesto (Miškinis et al., 2018; Stani et al., 2005). Antes de especificarlo debe verificarse el ensamblaje completo. Tampoco se transfiere al EPS estándar un R_w procedente del EPS-T, de cabinas o de la rigidez dinámica bajo pisos.

4.10.3 Cielos rasos de estuco

Los cielos rasos de estuco con cámara, con y sin lana de vidrio, se estudiaron como antecedentes. Con la evidencia reunida no fue posible establecer una ventaja acústica suficientemente trazable que compensara los procesos húmedos, los tiempos de secado, la mano de obra especializada, el riesgo de fisuras, la interferencia con instalaciones y los retrabajos.

Las soluciones activas de yeso-cartón disponen de las estimaciones y referencias comerciales utilizadas por el modelo. La ausencia de una proforma equivalente y de

evidencia acústica comparable para estuco impidió una comparación homogénea. Su exclusión delimita el estudio y no demuestra inferioridad acústica o económica frente a las alternativas analizadas.

El estuco se conserva como alternativa investigada y descartada, sin participación en listas, ranking o recomendaciones.

4.10.4 EPS en cielo raso, losa de 10 cm y manta acústica especializada

El EPS en cielo raso se excluyó por falta de evidencia del ensamblaje completo para la reducción acústica buscada, sin afirmar ineficacia absoluta. La losa de H.A. de 10 cm queda fuera del caso C porque no corresponde al sistema base del edificio. La investigación conserva la losa de 40 cm y no evalúa ni recomienda reducir su espesor.

La manta acústica especializada adicional se descartó porque la base paramétrica del modelo incorpora Polyexpanded de 2 mm como condición del escenario de comparación y no existe un producto alternativo definido con ficha de rigidez dinámica, compresibilidad, reducción de impacto y costo instalado compatibles. Estas alternativas se documentan como investigadas y descartadas y no se incluyen en las listas ni al ICI.

4.11 Limitaciones y validez de los resultados

El modelo compara alternativas de prefactibilidad mediante valores térmicos y acústicos referenciales obtenidos de catálogos, analogías y estimaciones; no valida ni certifica el desempeño del sistema construido. La comprobación desarrollada se limita a la implementación del modelo, la consistencia numérica de sus operaciones y su respuesta ante escenarios controlados de sensibilidad. La transmitancia equivalente pondera los valores de catálogo del muro y de la abertura; no desagrega el vidrio y el marco ni incorpora explícitamente los puentes térmicos lineales de los encuentros. Por ello, su precisión depende de que U_v represente el conjunto completo instalado y requiere, cuando corresponda, los métodos de ISO 10077-1:2017 e ISO 10211:2017 (ISO, 2017e, 2017f). El aislamiento acústico aéreo equivalente estimado se obtiene mediante una combinación energética simplificada y no incorpora todas las transmisiones laterales, las juntas ni las correcciones espectrales de ISO 12354-3:2017 (ISO, 2017c). En particular, un valor único sin términos de adaptación espectral no reproduce la respuesta específica al tráfico.

Los valores acústicos de muros, ventanas, medianeras y cielos rasos corresponden a composiciones de referencia. No deben atribuirse a un material aislado ni presentarse como prestaciones in situ. La obra terminada requiere control de sellos, pasos de instalaciones, cajas eléctricas, fijaciones, puentes rígidos y encuentros; cuando la prestación vaya a declararse, debe verificarse mediante fichas del ensamblaje exacto, predicción completa o medición conforme a ISO 16283 (ISO, 2014, 2016, 2020a).

La estimación del entrepiso depende de la correspondencia entre la losa tabulada y la construida, de la reducción de 16 dB adoptada por analogía para el piso y de las mejoras asignadas a los cielos rasos. La especificación disponible confirma una manta de polietileno, pero no identifica un ensayo del paquete exacto. Tampoco la suma de reducciones referenciales garantiza que los efectos se reproduzcan de forma aditiva en obra. Deben

verificarse el piso, la suspensión, la cámara, las placas, el aislante y los encuentros antes de declarar una prestación.

La constructibilidad se basa en una escala ordinal de 1 a 5 y en pesos editables. Los puntajes iniciales son estimaciones utilizadas para desarrollar y aplicar el modelo al caso. Quien utilice la herramienta debe revisar cada subcriterio según el sistema, los recursos y las condiciones de construcción de su proyecto, documentar la valoración y ajustar los puntajes cuando cambien esas condiciones. Esta evaluación no sustituye un cronograma, un estudio de rendimientos ni una matriz de riesgos.

Los costos unitarios se apoyan en proformas de julio de 2026 y datos declarados el 8 de septiembre de 2026, todos registrados sin IVA para mantener una base homogénea de comparación. El modelo utiliza el subtotal sin IVA y no aplica automáticamente una tarifa uniforme; las proformas deben conservarse con su desglose original cuando lo incluyan. Antes de emplear los resultados en un presupuesto contractual o una decisión de inversión, el usuario deberá verificar el tratamiento tributario aplicable e incorporar al costo, cuando corresponda, la porción del impuesto no recuperable. Hasta entonces, el costo incremental, la utilidad, el margen y la venta mínima son estimaciones referenciales calculadas con costos sin IVA. Los valores pueden variar por proveedor, cantidad, acceso, transporte o fecha. El costo base total es referencial y no auditado. Permanecen sin verificación completa las prestaciones de las aberturas, la composición exacta y el alcance contractual de los costos de los cielos rasos, la pared de yeso-cartón, el producto bajo piso y los detalles de ejecución de las intervenciones. Estas limitaciones impiden interpretar los resultados como presupuesto, certificación técnica o recomendación comercial definitiva.

El modelo no evalúa de forma completa estructura, incendio, humedad y condensación, durabilidad, puentes acústicos, iluminación, ventilación ni pérdida de área útil. Tampoco acredita un crédito VIP. Los espesores nominales definen la ocupación constructiva, pero no validan por sí solos las prestaciones térmicas o acústicas. Para el muro con cámara, $U = 2,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ es una entrada comparativa cuya correspondencia con el ensamblaje y sus puentes térmicos requiere comprobación. La validez del modelo depende de los supuestos y fuentes documentados.

La validación desarrollada en esta investigación se limita a comprobar la implementación del modelo, la consistencia numérica de sus operaciones y su respuesta ante escenarios controlados de sensibilidad. No constituye una validación experimental del desempeño construido ni una validación comercial o de mercado. Una fase posterior de calibración deberá contrastar las estimaciones con ensayos de los ensamblajes exactos, mediciones in situ, resultados de obras ejecutadas y valoraciones de especialistas, promotores y otros actores vinculados con la decisión inmobiliaria.

La aplicación cuantitativa corresponde exclusivamente a un departamento de 45,00 m² del caso C y utiliza información económica confidencial proporcionada por una sola constructora. En consecuencia, sus resultados numéricos no se generalizan directamente a otras unidades, tipologías, promociones o ciudades. Lo transferible es el procedimiento del

modelo, siempre que se actualicen la geometría, los sistemas, los costos, los márgenes y las ponderaciones del nuevo caso. La disponibilidad comercial local se sustenta únicamente en las proformas y consultas obtenidas en Cuenca durante 2026; no acredita existencia permanente, disponibilidad inmediata ni equivalencia entre productos. Estas condiciones deben verificarse antes de cada aplicación.

4.12 Proyección tecnológica y escalabilidad del modelo

La ampliación tecnológica debe conservar la trazabilidad del catálogo, las fórmulas, las ponderaciones y los reportes. Para escalar el análisis se agrupan las unidades seleccionadas por tipología, exposición y sistema; se consolidan las superficies efectivamente intervenidas y se incorporan las condiciones de acceso, coordinación y ejecución al presupuesto agregado.

La actualización del catálogo en otras aplicaciones requiere identificadores estables, composición, indicador, unidad, fuente, fecha y alcance del precio. Cada aplicación debe registrar la configuración de sus entradas y comprobar su correspondencia con las listas y fórmulas. La calibración posterior contrastará las estimaciones con ensayos del sistema exacto y mediciones in situ. La interoperabilidad del archivo debe comprobarse mediante su apertura y recálculo en el entorno de uso previsto.

La transferencia a otra ciudad exige revisar clima, exposición acústica, referencias aplicables, precios y criterios financieros. La vinculación futura con herramientas de modelado o plataformas inmobiliarias requiere identificadores comunes, versiones, permisos y pruebas de intercambio; no está implementada. Incorporar radiación solar, infiltración, condensación, puentes térmicos, durabilidad o costo del ciclo de vida requerirá métodos e insumos específicos.

4.12.1 Proyección comercial y validación de mercado

El modelo estima el costo incremental, el margen y la venta mínima dentro del escenario. No mide disposición a pagar, prima de venta, tiempo de absorción ni costos posventa atribuibles al confort.

Un estudio de mercado posterior deberá definir población, muestreo, instrumentos y comparadores para evaluar los atributos valorados por los compradores y contrastarlos con la oferta local.

La Tabla 26 distingue las variables comerciales que requieren evidencia adicional antes de integrarse a la decisión.

Tabla 26*Líneas futuras de análisis comercial y validación de mercado*

Línea futura	Información necesaria	Tratamiento en esta tesis
Inteligencia de mercado	Segmentos de compradores VIP, atributos valorados, disposición a pagar, reclamos posventa y oferta competidora	Proyección futura que exige investigación con datos del mercado objetivo.
Retorno comercial	Prima potencial de venta, variación de los costos posventa asociados y diferenciación del producto	Hipótesis no demostrada; no forma parte de los resultados obtenidos.
Absorción y comercialización	Velocidad de ventas, tiempo de absorción, inventario y posicionamiento	No se cuantifica; requiere registros de promociones comparables.
Calibración del ICI	Preferencias de promotores, especialistas, asesores comerciales y compradores	Desarrollo futuro; los perfiles actuales son ejemplos editables de la autora.

Nota. Las líneas comerciales no forman parte del cálculo operativo ni constituyen efectos validados. Su incorporación exige datos empíricos y controles que eviten contabilizar dos veces una misma incidencia financiera.

Si investigaciones posteriores incorporan una dimensión comercial al ICI, sus variables y ponderaciones deberán validarse con actores del sector, someterse a análisis de sensibilidad y mantenerse diferenciadas del puntaje financiero para evitar doble contabilización. Los perfiles utilizados son escenarios editables propuestos por la autora, no preferencias inferidas del mercado (Organisation for Economic Co-operation and Development & European Commission, Joint Research Centre, 2008; Triantaphyllou, 2000).

4.13 Síntesis de la discusión

La abertura domina la fachada inicial; el cambio de geometría permite mejorar el paño opaco. La opción 1 reduce el costo y facilita la ejecución, pero conserva una brecha acústica. La opción 2 ofrece mayores mejoras estimadas; su medianera unilateral evita intervenir la unidad vecina, aunque ocupa más espacio en el recinto tratado. La intervención en medianeras y entepiso depende de la exposición y el uso.

Para la decisión de desarrollo inmobiliario, el aporte del modelo consiste en vincular la admisibilidad técnica de una alternativa con su inversión incremental, el margen resultante, la venta mínima y las condiciones de ejecución. Esta relación permite conservar, ajustar o descartar preliminarmente un paquete antes de avanzar al diseño ejecutivo, la contratación y la comercialización. La selección compara el costo, la constructibilidad y el ICI entre alternativas técnicamente admisibles y examina su sensibilidad; no demuestra

aceptación del comprador ni rentabilidad definitiva. Estas decisiones requieren actualizar el presupuesto y contrastar la disposición a pagar, el valor percibido y la disponibilidad comercial de los sistemas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El primer objetivo específico se alcanzó al estimar y comparar el desempeño termoacústico de la base y las alternativas. En la fachada con geometría ajustada, Ueq pasa de 5,70 W/(m²·K) en la base a 3,94 en la opción 1 y 2,23 en la opción 2. La primera conserva una brecha frente al criterio acústico interno, mientras la segunda lo supera. En medianeras y entrepiso, las mejoras permiten comparar niveles adicionales de privacidad y protección frente al ruido.

El segundo objetivo específico se alcanzó mediante la estimación del costo incremental, el margen y la constructibilidad. Los paquetes integrales de las opciones 1 y 2 requieren inversiones incrementales de USD 273,86 y USD 573,18 y alcanzan márgenes de 14,40 % y 13,73 %, respectivamente. Estos resultados dependen del costo base referencial de USD 38.482,90, estimado a partir del precio de venta y del margen inicial del 15 % comunicado por la constructora, y no de un presupuesto auditado. Por tanto, permiten comparar la conservación del margen bajo las condiciones del caso, pero no demuestran por sí solos la rentabilidad definitiva del proyecto. Si cambian el costo base, el precio de venta o el margen mínimo, deberán recalcularse el componente financiero y el ICI.

El tercer objetivo específico se alcanzó al comparar once combinaciones por opción mediante el ICI. Los paquetes integrales obtienen 69,27 y 71,29 puntos en Equilibrio, con una diferencia de 2,01 puntos a favor de la opción 2. Esta conserva el mayor índice en las perturbaciones estudiadas, aunque la diferencia se considera cercana en dos ensayos. El ICI expresa una comparación condicionada por las prioridades y no sustituye la admisibilidad técnica.

La pregunta de investigación se responde mediante una secuencia trazable que vincula diagnóstico, prestaciones estimadas, costo incremental, margen y constructibilidad. El modelo identifica el componente dominante, distingue la corrección de brechas de las mejoras opcionales y permite comparar las alternativas bajo prioridades explícitas. Así se cumple el objetivo general de desarrollar una herramienta paramétrica de prefactibilidad para apoyar la selección de mejoras orientadas al confort.

La decisión incorpora la ocupación espacial y el acceso de ejecución. Las fachadas activas tienen espesores nominales de 15,40 cm y 17,62 cm; las medianeras, 30,80 cm con cámara bilateral y 27,62 cm con lana unilateral. La menor dimensión total de esta última no implica menor ocupación del recinto tratado. Los cielos rasos conservan un descenso total de 20 cm, que debe contrastarse con la altura libre y las instalaciones.

Los resultados corresponden a prefactibilidad y no certifican el desempeño construido ni constituyen un presupuesto contractual. Su aplicación exige verificar productos, ensamblajes, montaje y precios del proyecto. Las limitaciones técnicas se consolidan en el apartado 4.11 y la validación comercial se plantea en el apartado 4.12.1.

Recomendaciones

- Verificar las propiedades de los productos y ensamblajes exactos antes de especificarlos. Comprobar U y puentes térmicos de los trasdosados adoptados, las estimaciones acústicas de medianeras y cielos rasos, el ΔLw del producto bajo piso y las prestaciones de aberturas completas. Revisar perfiles, placas, rellenos, suspensiones, juntas, sellos, encuentros, altura libre y compatibilidad con instalaciones.
- Conservar los muros H.A. de 20 cm del caso C y limitar las alternativas a revestimientos sobre el soporte existente, sin sustituirlos por muros de 10 cm.
- Actualizar composición, fuentes, fechas, costos y alcance comercial de las entradas al aplicar el modelo a otros proyectos. Revisar la rúbrica de constructibilidad, justificar las ponderaciones y comprobar que sumen 100 %. Verificar la correspondencia entre catálogo, listas y fórmulas y la propagación de los resultados dependientes.
- Aplicar la matriz de exposición y uso por unidad habitacional. Para el escalamiento, consolidar únicamente las superficies seleccionadas por tipología y sistema e incorporar las condiciones particulares de acceso, coordinación y ejecución.
- Reconsiderar las alternativas descartadas solo cuando exista un producto definido, evidencia del ensamblaje, costo instalado y condiciones de acceso y factibilidad compatibles con el caso.
- Desarrollar una validación comercial que contraste disposición a pagar, valor percibido, comportamiento de ventas y reclamos posventa con el costo incremental, sin incorporar estos efectos al ICI antes de obtener evidencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGC Glass Europe. (2018). *Performances acoustic glass: Planibel, Stratobel, Stratophone, Thermobel* (9000625 EN). https://www.agcnederland.nl/wp-content/uploads/POCKET_VALUES_ACOUSTICS.pdf
- Architectural Window Systems. (s. f.). *Sound solutions: Windows, doors & sound reduction*. https://img.bretts.com.au/Bretts_Sound_Solutions_Brochure.pdf
- Asociación Técnica y Empresarial del Yeso, Asociación de Fabricantes Españoles de Lanar Minerales Aislantes, & Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. (2016). *Guía de soluciones constructivas con placa de yeso laminado y lana mineral para el cumplimiento del CTE: Obra nueva y rehabilitación*. <https://atedy.es/atedy-pyl/>
- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. (2018a). *Acoustic measurement report: Jolong 100 Series aluminium thermal-break sliding door, double glazed 6/12Ar/6* (Report No. TL665-05-1). <https://jolong.com.au/wp-content/uploads/2023/08/100-Series-Alu.-Thermal-Break-Sliding-Door-.pdf>
- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. (2018b). *Acoustic measurement report: Jolong 70 Series aluminium thermal-break inward-opening hinged door, double glazed 6/12Ar/6* (Report No. TL665-07-1). <https://jolong.com.au/wp-content/uploads/2023/08/70-Series-alu.-thermal-break-inward-opening-hinged-door.pdf>
- Construction Industry Institute. (2006). *Constructability implementation guide* (2nd ed., Publication No. SP34-1). <https://www.construction-institute.org/constructability-implementation-guide-second-edition>
- Estillon BV. (s. f.). *Soundstop 2 mm: 15 × 1 m (15 m²)* [Ficha técnica].
- Forsa. (s. f.). *Forsa Plus*. <https://forsa.com.co/soluciones/forsa-plus/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca. (2024, 26 de diciembre). *Ordenanza de control, regulación y sanción de la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido proveniente de fuentes fijas y móviles* (Gaceta No. 06, año II). <https://www.cuenca.gob.ec/sites/default/files/GACETA/GACETA%20No.%2006%20A%C3%91O%20II%20ORDENANZA%20DE%20CONTROL,%20REGULACI%C3%93N%20Y%20SANCICI%C3%93N%20DE%20LA%20CONTAMINACI%C3%93N%20AMBIENTAL%20ORIGINADA%20POR%20LA%20EMISI%C3%93N%20DE%20RUIDO%20PROVENIENTE%20DE%20FUENTES%20FIJAS%20Y%20M%C3%93VILES.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca. (2025). *Anexo 8: Normas de arquitectura y urbanismo*. https://www.cuenca.gob.ec/sites/default/files/planificacion/nov2025/ANEXO_8_NORMAS_DE_ARQUITECTURA_Y_URBANISMO.pdf

- Guardian Glass. (s. f.). *Acoustic glass*. <https://www.guardianglass.com/eu/en/our-glass/glass-types/acoustic-glass>
- Homann, M. (2018). Schall. En Bundesverband Porenbetonindustrie (Ed.), *Porenbeton Handbuch* (7.^a ed., pp. 135–156). Bundesverband Porenbetonindustrie e. V.
- Instituto del Cemento Portland Argentino. (2021). *Manual de vivienda de hormigón industrializada en el sitio*. <https://icpa.org.ar/ph-vivienda-insitu-manual-vivienda-ind-in-situ/>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2012). *Guía de sistemas de aislamiento térmico exterior (SATE) para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios* (Guías IDAE 002). <https://www.idae.es/publicaciones/guia-sistemas-de-aislamiento-termico-exterior-sate-para-la-rehabilitacion-de-la>
- International Organization for Standardization. (2007). *Building materials and products—Hygrothermal properties—Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values* (ISO Standard No. 10456:2007). <https://www.iso.org/standard/40966.html>
- International Organization for Standardization. (2014). *Acoustics—Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements—Part 1: Airborne sound insulation* (ISO Standard No. 16283-1:2014). <https://www.iso.org/standard/55997.html>
- International Organization for Standardization. (2016). *Acoustics—Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements—Part 3: Façade sound insulation* (ISO Standard No. 16283-3:2016). <https://www.iso.org/standard/59748.html>
- International Organization for Standardization. (2017a). *Building acoustics—Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements—Part 1: Airborne sound insulation between rooms* (ISO Standard No. 12354-1:2017). <https://www.iso.org/standard/70242.html>
- International Organization for Standardization. (2017b). *Building acoustics—Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements—Part 2: Impact sound insulation between rooms* (ISO Standard No. 12354-2:2017). <https://www.iso.org/standard/70243.html>
- International Organization for Standardization. (2017c). *Building acoustics—Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements—Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound* (ISO Standard No. 12354-3:2017). <https://www.iso.org/standard/70244.html>
- International Organization for Standardization. (2017d). *Building components and building elements—Thermal resistance and thermal transmittance—Calculation methods* (ISO Standard No. 6946:2017). <https://www.iso.org/standard/65708.html>

- International Organization for Standardization. (2017e). *Thermal bridges in building construction—Heat flows and surface temperatures—Detailed calculations* (ISO Standard No. 10211:2017). <https://www.iso.org/standard/65710.html>
- International Organization for Standardization. (2017f). *Thermal performance of windows, doors and shutters—Calculation of thermal transmittance—Part 1: General* (ISO Standard No. 10077-1:2017). <https://www.iso.org/standard/67090.html>
- International Organization for Standardization. (2020a). *Acoustics—Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements—Part 2: Impact sound insulation* (ISO Standard No. 16283-2:2020). <https://www.iso.org/standard/77436.html>
- International Organization for Standardization. (2020b). *Acoustics—Rating of sound insulation in buildings and of building elements—Part 1: Airborne sound insulation* (ISO Standard No. 717-1:2020). <https://www.iso.org/standard/77435.html>
- International Organization for Standardization. (2020c). *Acoustics—Rating of sound insulation in buildings and of building elements—Part 2: Impact sound insulation* (ISO Standard No. 717-2:2020). <https://www.iso.org/standard/69867.html>
- International Organization for Standardization. (2021a). *Acoustics—Laboratory measurement of sound insulation of building elements—Part 2: Measurement of airborne sound insulation* (ISO Standard No. 10140-2:2021). <https://www.iso.org/standard/79487.html>
- International Organization for Standardization. (2021b). *Acoustics—Laboratory measurement of sound insulation of building elements—Part 3: Measurement of impact sound insulation* (ISO Standard No. 10140-3:2021). <https://www.iso.org/standard/79483.html>
- International Organization for Standardization. (2025). *Ergonomics of the thermal environment—Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria* (ISO Standard No. 7730:2025). <https://www.iso.org/standard/85803.html>
- Junta de Política y Regulación Financiera. (2023, 15 de diciembre). *Resolución Nro. JPRF-F-2023-090: Reforma a la Norma para el financiamiento de viviendas de interés social e interés público con la participación del sector financiero público, privado, popular y solidario, así como de entidades del sector público no financiero*. Quinto Suplemento del Registro Oficial No. 478 (16 de enero de 2024). <https://www.bce.fin.ec/junta-de-politica-y-regulacion-financiera-y-monetaria/resoluciones/resoluciones-emitidas/>
- Kim, S.-T., Cho, H.-M., & Kim, M.-J. (2021). Effects of wall-to-wall supported ceilings on impact sound insulation for use in residential buildings. *Buildings*, 11(12), Article 587. <https://doi.org/10.3390/buildings11120587>
- Kubiec. (s. f.). *Doka Monolithic para todo tipo de vivienda*. <https://kubiec.com/doka-monolithic/>

- Lee, J.-Y., & Kim, J.-M. (2014). Deflection of resilient materials for reduction of floor impact sound. *The Scientific World Journal*, 2014, Article 612608.
<https://doi.org/10.1155/2014/612608>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2018). *NEC-HS-EE: Eficiencia energética en edificaciones residenciales*. Registro Oficial, Edición Especial No. 358.
<https://www.mit.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2026/03/4.-NEC-HS-EE-Eficiencia-Energetica.pdf>
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2019, 20 de diciembre). *Documento Básico HR: Protección frente al ruido*. Código Técnico de la Edificación.
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HR/DBHR.pdf>
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2020). *DA DB-HE/1: Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. Código Técnico de la Edificación.
https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA_DB-HE-1_Calculo_de_parametros_caracteristicos_de_la_envolvente.pdf
- Ministerio de Vivienda. (2009). *Catálogo de elementos constructivos del Código Técnico de la Edificación* (versión 6.1). Gobierno de España.
https://www.codigotecnico.org/pdf/Programas/CEC/CAT-EC-v06.1_SEPBRE_09_Completo.pdf
- Ministerio del Trabajo. (2025, 15 de diciembre). *Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2025-195: Se fija el salario básico unificado del trabajador en general para el año 2026*. Registro Oficial, Suplemento No. 187 (18 de diciembre de 2025).
<https://www.registroficial.gob.ec/suplemento-no-187/>
- Miškinis, K., Dikavičius, V., Buska, A., & Banionis, K. (2018). Influence of EPS, mineral wool and plaster layers on sound and thermal insulation of a wall: A case study. *Applied Acoustics*, 137, 62–68. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.03.001>
- National Fenestration Rating Council. (s. f.). *What does the NFRC label tell you?*
<https://nfr.org/>
- NMC SA. (s. f.). *NOMA Parkett White Roll 2 mm* [Ficha técnica].
- Organisation for Economic Co-operation and Development, & European Commission, Joint Research Centre. (2008). *Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide*. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>
- Pang, Z., Becerik-Gerber, B., Hoque, S., O'Neill, Z., Pedrielli, G., Wen, J., & Wu, T. (2021). How work from home has affected the occupant's well-being in the residential built environment: An international survey amid the COVID-19 pandemic. *Journal of Engineering for Sustainable Buildings and Cities*, 2(4), Article 041003.
<https://doi.org/10.1115/1.4052640>
- Pintulac. (s. f.). *Rollo Polyexpanded plano 1 m × 2 mm × 100 m*.
<https://www.pintulac.com.ec/rollo-polyexpanded-plano-1mtx2mm-100mt.html>

- Quesada Molina, F., & Bustillos Yaguana, D. (2018). Indoor environmental quality of urban residential buildings in Cuenca—Ecuador: Comfort standard. *Buildings*, 8(7), Article 90. <https://doi.org/10.3390/buildings8070090>
- Song, H., Ryu, J., Kim, I., Kim, Y., & Song, G. (2019). Effect of sound absorbing material above the suspended ceiling on heavyweight floor impact sound. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, 259(3), 6320–6325. <https://www.ingentaconnect.com/content/ince/incecp/2019/00000259/00000003>
- Stani, M. M., Muellner, H., & Plotzin, I. (2005). Sound insulation of plasterboard walls and airflow resistivity: An empirical examination with respect to practical applications. En *Forum Acusticum 2005 Budapest* (pp. 1987–1990). https://www.researchgate.net/publication/265426146_Sound_Insulation_of_Plasterboard_Walls_and_Airflow_Resistivity_An_Empirical_Examination_with_Respect_to_Practical_Applications
- Tleuken, A., Turkyilmaz, A., Sovetbek, M., Durdiev, S., Guney, M., Tokazhanov, G., Wiechetek, L., Pastuszak, Z., Draghici, A., Boatca, M. E., Dermal, V., Trunk, N., Tokbolat, S., Dolidze, T., Yola, L., Avcu, E., Kim, J., & Karaca, F. (2022). Effects of the residential built environment on remote work productivity and satisfaction during COVID-19 lockdowns: An analysis of workers' perceptions. *Building and Environment*, 219, Article 109234. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109234>
- Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-criteria decision making methods: A comparative study*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3157-6>
- U.S. Department of Energy. (s. f.). *Purchasing energy-efficient residential windows, doors, and skylights*. <https://www.energy.gov/cmei/femp/purchasing-energy-efficient-residential-windows-doors-and-skylights>
- Warnock, A. C. C. (1990). *Sound transmission loss measurements through 190 mm and 140 mm blocks with added drywall and through cavity block walls* (Internal Report No. 586). National Research Council Canada. <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/accepted/?id=cf922a8d-361c-4bd3-a5a3-e9a9a8df742c>
- Wilsons Underlays Ltd. (2025). *Acoustic White 2 mm* [Ficha técnica].
- Wintec Systems. (2025). *Performance results guide 2025*. <https://wintecsystems.com.au/wp-content/uploads/2025/09/Wintec-Systems-Performance-Results-Guide-2025-1.pdf>
- World Health Organization. (2018). *WHO housing and health guidelines*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241550376>
- World Health Organization Regional Office for Europe. (2018). *Environmental noise guidelines for the European Region*. <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289053563>

ANEXOS

Anexo A. Capturas del modelo paramétrico

Las Figuras 4 a 48 presentan las entradas, los cálculos, los resultados y las listas del modelo paramétrico. En las hojas de fachada, medianeras y entrepiso, el ID 1 corresponde al dormitorio máster y el ID 2 a la sala. La opción 1 representa la hibridación sin aislante adicional y la opción 2, la hibridación con aislante. La fuente roja identifica las entradas editables.

Figura 4*Hoja 00_Guia: flujo de uso y código de colores*

(a)

1. Flujo de uso recomendado		
Paso	Hoja	Qué debe hacer el usuario
1	01_Entrada	Complete los datos del proyecto y seleccione las alternativas mediante las listas desplegables.
2	02_Ambientes	Llene los datos de los ambientes a analizar
3	03_Proformas	Revise o actualice las fuentes de precios que respaldan los costos.
4	04_Catalogo	Revise costos, desempeño y constructibilidad de los sistemas.
5	05_Fachadas	Seleccione sistema actual y mejorado desde las listas desplegables.
6	06_Medianeras	Seleccione la solución de separación entre unidades habitacionales.
7	07_Entrepiso	Seleccione el sistema actual y la mejora de entrepiso aplicable.
8	08_Resultados	Compare costo, margen, utilidad, mejora técnica, constructibilidad e ICI.
9	09_Reporte	Imprima o exporte la ficha en A4 vertical.
10	10_Resumen_Ejecutivo	Use el resumen ejecutivo para exposición y decisión rápida.
11	11_Listas	Catálogo auxiliar para listas desplegables y validaciones internas del modelo.

(b)

2. Significado de colores		
Color	Uso	Interpretación
Celda verde	Cumple / Cumple mejorado	Compara el aislamiento acústico aéreo estimado y el impacto con criterios de referencia; los resultados deben verificarse con el producto y sistema constructivo reales.
Celda amarillo	Cumple mínimo	Alcanza la referencia establecida, pero la mejora frente al sistema base es inferior al umbral requerido para considerarla mejorada
Celda tomate	Cerca de cumplir	Aún no alcanza la referencia, pero la brecha es reducida: hasta 10% respecto al U máximo o hasta 3 dB respecto al criterio acústico.
Celda roja	No cumple	No alcanza la referencia y la brecha supera el límite considerado como "Cerca de cumplir"; requiere revisar o mejorar la solución.
Texto verde y celda verde	Dentro del crédito VIP	La venta mínima requerida se mantiene dentro del monto máximo permitido para el crédito VIP.
Texto rojo y celda roja	Supera el crédito VIP	La venta mínima requerida supera el monto máximo permitido para el crédito VIP.
Texto rojo	Dato editable	Identifica las celdas en las que el usuario puede escribir o seleccionar información. No representa una alerta ni un resultado negativo.
texto rojo vino	Valor negativo calculado	Conserva su signo matemático y se resalta mediante formato condicional. En costos indica ahorro frente al sistema base; en margen u holgura indica un déficit. No corresponde a una celda editable.

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 5*Hoja 00_Guia: glosario técnico*

3. Glosario de términos técnicos		
Término	Significado	Cómo se interpreta
Hibridación	Combinación de materiales o capas para mejorar desempeño termo-acústico.	Se compara frente al sistema actual.
Caso analizado	Tipología, ambiente o unidad evaluada.	No representa automáticamente todo el edificio o conjunto de casas.
Área intervenida	Superficie donde se aplica la mejora. Base para calcular el costo adicional.	
Factor U	Transmitancia térmica U: menor valor indica menor transmisión de calor.	Espacio habitable no climatizado. En Cuenca: U máxima de pared 2,35 y de ventana 5,78 W/(m ² ·K). La evaluación del modelo no certifica el edificio construido.
Aislamiento acústico aéreo estimado (dB)	Aislamiento acústico aéreo estimado (dB) usado como entrada comparativa.	No certifica el desempeño construido. Un dato del vidrio no representa automáticamente la ventana completa con marco y juntas; medianeras y entrepisos requieren ficha, cálculo aplicable o ensayo del sistema correspondiente.
Ln,w (dB)	Nivel estimado de ruido de impacto en entrepisos.	Menor valor = mejor comportamiento; no sustituye una verificación in situ.
DVH	Doble vidriado hermético.	Mejora la ventana térmica y acústicamente.
EPS	Poliestireno expandido.	Aislamiento liviano entre capas constructivas.
Lana de vidrio	Aislante fibroso usado en las proformas; pertenece a la categoría genérica de lanas minerales.	Exige corte ajustado, continuidad, protección y sellado; se selecciona cuando el confort acústico justifica su menor constructibilidad.

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Nota. El glosario describe el EPS de manera general. En el catálogo activo se mantiene como alternativa seleccionable tanto en fachada como en medianeras; en estas últimas, su desempeño acústico es una estimación por interpolación y requiere verificación del ensamblaje completo.

Figura 6*Hoja 00_Guia: indicadores, alcance y limitaciones*

(a)

4. Glosario de indicadores de resultado		
Indicador	Qué significa	Uso para decidir
Costo adicional	Valor extra de aplicar la hibridación.	Menor costo favorece viabilidad económica.
Costo/m² intervenido	Costo adicional dividido para el área intervenida.	Compara soluciones con áreas diferentes.
Incremento del costo	Costo adicional dividido para el costo base de la unidad.	Mide el impacto porcentual de la alternativa sobre el presupuesto base.
Margen ajustado referencial	Margen sobre ventas después de incluir la mejora.	Debe mantenerse sobre el margen mínimo definido.
Holgura sobre margen mínimo	Diferencia entre el margen ajustado y el margen mínimo.	Una holgura positiva indica capacidad para absorber la mejora.
Venta mínima requerida	Precio necesario para mantener el margen mínimo.	Si es menor o igual a la venta referencial, la mejora se absorbe.
Condición VIP	Compara la venta mínima requerida con el límite superior VIP.	Indica «Dentro del crédito VIP» cuando la venta mínima no supera el límite y «Supera el crédito VIP» en caso contrario.
Constructibilidad	Porcentaje ponderado de cinco subcriterios puntuados de 1 a 5. Sus pesos son editables en 01_Entrada y deben sumar 100 %.	La constructibilidad es un índice comparativo obtenido mediante una escala ordinal de 1 a 5. Su porcentaje facilita la comparación entre alternativas, pero no representa una probabilidad ni una medición física de facilidad constructiva.
ICI	Índice de Conveniencia Integral con ponderaciones editables en 01_Entrada. Cada perfil representa una prioridad de decisión.	Compare el ICI y la diferencia numérica dentro de cada perfil. Un mayor ICI no implica una opción ganadora universal ni certifica el desempeño construido.
Mejora acústica relativa	Convierte la diferencia en dB a una escala comparable.	Sirve para comparar mejoras acústicas relativas. La alternativa con el mayor valor se presenta como mejora acústica puntual y no necesariamente como solución acústica integral de la unidad habitacional.
ICI Equilibrio	Decisión balanceada	Integra desempeño técnico, margen y ejecución.
ICI Mayor confort	Prioriza el confort	Favorece alternativas con mayor mejora térmica y acústica, aunque tengan mayor costo o complejidad.
ICI Mayor rentabilidad	Prioriza la rentabilidad	Favorece alternativas con menor presión sobre el costo, la utilidad y el margen.
ICI Ejecución ágil	Prioriza constructibilidad	Favorece alternativas simples, rápidas y controlables.

(b)

5. Alcance y limitaciones		
Datos financieros	Usa costo base, venta referencial y margen mínimo.	No solicita deuda, flujo de caja, utilidad total del proyecto, TIR ni VAN; la utilidad mostrada corresponde a la unidad analizada.
Escalamiento	No multiplicar por número de unidades.	Cada tipología puede tener distintas áreas, fachadas, medianeras y losas.
Datos en rojo	Son las únicas celdas que el usuario escribe o selecciona.	Las fórmulas y los resultados no usan fuente roja fija; los negativos se mantienen numéricos y se resaltan por regla condicional.
Listas desplegables	Use las opciones del modelo.	No escriba valores fuera de catálogo salvo que actualice 11_Listas o 04_Catalogo.
Estimaciones de entepiso	Los valores de medianeras y entepisos son escenarios paramétricos de comparación.	El aislamiento acústico aéreo estimado (dB) no certifica el edificio construido; confirme cada sistema con ficha, cálculo aplicable o ensayo correspondiente.
Proformas únicas	El promedio usa únicamente las cotizaciones disponibles; una sola proforma es válida si es la única obtenida.	Documentar proveedor, fecha, alcance e impuestos.
Otra ciudad	Si selecciona "Otra ciudad", ingrese manualmente la referencia U en 01_Entrada!B32.	La referencia se usa solo para el escenario comparativo del modelo y no sustituye la verificación normativa por componentes.

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 7*Hoja 01_Entrada: datos generales y criterios*

(a)

1. Datos generales			
Campo	Valor	Unidad	Explicación
Proyecto	Caso de estudio VIP	Texto	Nombre del proyecto o caso analizado.
Opción 1	Hibridación sin aislante	Texto	Nombrar el título de la opción 1 a comparar
Opción 2	Hibridación con aislante	Texto	Nombrar el título de la opción 2 a comparar
Ciudad	Cuenca -		La ciudad actualiza el límite térmico.
Tipo de proyecto	Departamento -		Define si el análisis corresponde a una casa o a un departamento.
Entorno acústico	Medio -		Criterio global de ruido exterior; se aplica a todos los ambientes activos.
Área construida total	45 m ²		Dato del proyecto para lectura económica.
Altura interior referencial	2,40 m		Calcula áreas de fachada y medianera cuando no se ingresa una altura específica.
Costo base referencial estimado (USD)	\$38.482,90 USD		Valor derivado del precio de venta de USD 45.274,00 y del margen neto comunicado del 15 %; no corresponde a un presupuesto auditado.
Valor de venta total	\$45.274,00 USD		Dato variable: actualizar con análisis de mercado.
Costo por m2 de pared H.A 10 cm sin acabados	\$40,80 USD		Costo por m2 de pared H.A 10 cm sin empastar ni pintar
Costo por m2 de pared H.A. 20 cm sin acabados	\$65,30 USD		Costo por m2 de pared H.A. 20 cm sin empastar ni pintar
Costo por m2 de empaste de pared	\$4,00 USD		Costo por m2 de empaste de pared sin IVA

(b)

Costo por m2 de empaste de losa	\$4,00 USD	Costo por m2 de empaste de losa sin IVA
Costo por m2 de pintura	\$2,50 USD	Costo por m2 de pintura sin IVA
Ventana vidrio 6 mm	\$85,00 USD	Costo por m2 sin IVA, vidrio claro de 6 mm, aluminio negro con junquillo o acabado redondo Y sistema proyectable
Puerta corrediza de vidrio 6 mm	\$105,00 USD	Costo por m2 sin IVA, vidrio claro de 6 mm, aluminio negro con junquillo o acabado redondo Y sistema corredizo
Margen mínimo	10%	Rentabilidad mínima aceptable, poner el signo %
Salario Básico Unificado	\$482,00 USD	Valor 2026; actualizar cuando cambie el año de análisis.
Límite superior VIP	\$110.378,00 USD	229 SBU.
U máxima de pared	2,35 W/(m²·K)	Espacio habitable no climatizado. Cuenca: U máxima de pared exterior = 2,35 W/(m²·K).
Aislamiento de fachada mínimo	35 dB	Criterio acústico referencial de prefactibilidad según el entorno seleccionado.
Aislamiento entre unidades mínimo	50 dB	Criterio referencial para comparar medianeras; no equivale a verificación in situ.
Ruido de impacto máximo	65 dB	Criterio referencial para entrepisos; no equivale a verificación in situ.
Área mínima de ventana	15%	Calcula el área mínima de ventana usada como control geométrico, % del área del ambiente, poner el signo %
U máxima de ventana	5,78 W/(m²·K)	Espacio habitable no climatizado. U máxima de acristalamiento vertical = 5,78 W/(m²·K).
U máx. manual (solo Otra ciudad)	W/(m²·K)	Ingresa el valor investigado y su fuente cuando seleccione "Otra ciudad"

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 8*Hoja 01_Entrada: ponderaciones editables*

2. Ponderación editable de los subcriterios de constructibilidad				
Subcriterio		Peso del subcriterio		
Operaciones adicionales		15%		
Proceso y tiempos de espera		25%		
Mano de obra, equipos y accesibilidad		15%		
Interferencia y coordinación		25%		
Control de calidad y retrabajo		20%		
Total		100%		

3. Ponderaciones editables del ICI				
Técnico	Financiero	Constructi bilidad	Total	Prioridad del proyecto
40%	40%	20%	100%	Equilibrio
60%	25%	15%	100%	Mayor confort
15%	70%	15%	100%	Mayor rentabilidad
15%	20%	65%	100%	Ejecución ágil

4. Ponderación termoacústica del componente técnico	
Ponderación térmica del componente técnico	50%
Ponderación acústica del componente técnico	50%
Total	100%

*Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.***Figura 9***Hoja 02_Ambientes: geometría de los ambientes activos*

(a) Identificación y dimensiones del ambiente.

ID	Analizar mejora	Ambiente	Ancho de ambiente m	Fondo de ambiente m	Frente fachada m
1	Sí	Dormitorio master	2,8	3,5	2,8
2	Sí	Sala	2,8	3,5	2,8

(b) Dimensiones de ventana actual y ajustada; identificación por ID.

ID	Ancho ventana m	Alto ventana m	Ancho óptimo ventana m	Alto óptimo ventana m	Área óptima ventana m²	Área mín. de ventana m²
1	2,8	2,4	1,40	2,40	3,36	1,47
2	2,8	2,4	1,40	2,40	3,36	1,47

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 10

Hoja 05_Fachadas: análisis de fachada en su estado actual, sin hibridación

ID	Evaluar	Ambiente	Muro base	Ventana base	U [W/(m²·K)]	Aéreo estimado (dB)		
1	Sí	Dormitorio master	Sin pared	Ventana vidrio 6 mm	5,70	Cumple mínimo	31,00	No cumple
2	Sí	Sala	Sin pared	Ventana vidrio 6 mm	5,70	Cumple mínimo	31,00	No cumple

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 11

Hoja 05_Fachadas: opción 1 sin aislante, selección y desempeño sin modificar dimensiones

ID	Evaluar	Ambiente	Muro mejorado	Ventana mejorada	U [W/(m²·K)]	Aéreo estimado (dB)		
1	Sí	Dormitorio master	Sin pared	Ventana vidrio laminado 6 mm	5,62	Cumple mínimo	32,00	Cerca de cumplir
2	Sí	Sala	Sin pared	Ventana vidrio laminado 6 mm	5,62	Cumple mínimo	32,00	Cerca de cumplir

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 12

Hoja 05_Fachadas: opción 1 sin aislante, costos y resultado sin modificar dimensiones

ID	Costo adicional	Mejora térmica	Reducción acústica	Mejora integral	Construc tibilidad	Resultado
1	\$16,23	1,4%	20,6%	11,0%	88%	Viable: mejora; queda cerca del criterio acústico.
2	\$16,23	1,4%	20,6%	11,0%	88%	Viable: mejora; queda cerca del criterio acústico.

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 13

Hoja 05_Fachadas: opción 1 sin aislante, selección y desempeño con ajuste de áreas de muro y ventana

ID	Evaluar	Ambiente	Muro ajustado	Ventana ajustada	U [W/(m²·K)]	Aéreo estimado (dB)
1	Sí	Dormitorio master	Muro H.A. 10 cm + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	Ventana vidrio laminado 6 mm	3,94	Cumple mejorado
2	Sí	Sala	Muro H.A. 10 cm + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	Ventana vidrio laminado 6 mm	3,94	Cumple mejorado

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 14

Hoja 05_Fachadas: opción 1 sin aislante, costos y resultado con ajuste de áreas de muro y ventana

ID	Costo adicional	Mejora térmica	Reducción acústica	Mejora integral	Construc tibilidad	Resultado
1	-\$56,40	31,0%	60,0%	45,5%	87%	Viable: mejora; queda cerca del criterio acústico.
2	-\$56,40	31,0%	60,0%	45,5%	87%	Viable: mejora; queda cerca del criterio acústico.

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 15

Hoja 05_Fachadas: opción 2 con aislante, selección y desempeño sin modificar dimensiones

ID	Evaluar	Ambiente	Muro mejorado	Ventana mejorada	U [W/(m²·K)]	Aéreo estimado (dB)
1	Sí	Dormitorio master	Sin pared	Ventana con cristal cámara 6-8-6 mm	3,80	Cumple mejorado 33,00 Cerca de cumplir
2	Sí	Sala	Sin pared	Ventana con cristal cámara 6-8-6 mm	3,80	Cumple mejorado 33,00 Cerca de cumplir

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 16

Hoja 05_Fachadas: opción 2 con aislante, costos y resultado sin modificar dimensiones

ID	Costo adicional	Mejora térmica	Reducción acústica	Mejora integral	Construc tibilidad	Resultado
1	\$308,67	33,3%	36,9%	35,1%	78%	Viable: mejora; queda cerca del criterio acústico.
2	\$308,67	33,3%	36,9%	35,1%	78%	Viable: mejora; queda cerca del criterio acústico.

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 17

Hoja 05_Fachadas: opción 2 con aislante, selección y desempeño con ajuste de áreas de muro y ventana

ID	Evaluar	Ambiente	Muro ajustado	Ventana ajustada	U [W/(m ² ·K)]	Aéreo estimado (dB)
1	Sí	Dormitorio master	Muro H.A. 10 cm + EPS 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	Ventana con cristal cámara 6-8-6 mm	2,23	Cumple mejorado
2	Sí	Sala	Muro H.A. 10 cm + EPS 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	Ventana con cristal cámara 6-8-6 mm	2,23	Cumple mejorado

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 18

Hoja 05_Fachadas: opción 2 con aislante, costos y resultado con ajuste de áreas de muro y ventana

ID	Costo adicional	Mejora térmica	Reducción acústica	Mejora integral	Construibilidad	Resultado
1	\$93,64	60,9%	68,3%	64,6%		Recomendada: 78% mejora térmica y acústica.
2	\$93,64	60,9%	68,3%	64,6%		Recomendada: 78% mejora térmica y acústica.

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 19

Hoja 06_Medianeras: opción 1 sin aislante, sistemas y aislamiento entre unidades

ID	Evaluar	Ambiente	Área m²	Sistema base	Sistema mejorado	Aéreo base (dB)	Aéreo mejorado (dB)	Sistema base	Estado mejorado
1	Sí	Dormitorio master	8,4	Muro H.A. 20 cm	Muro H.A. 20 cm + cámara de aire + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)	61	64	Cumple mínimo	Cumple mejorado
2	Sí	Sala	8,4	Muro H.A. 20 cm	Muro H.A. 20 cm + cámara de aire + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)	61	64	Cumple mínimo	Cumple mejorado

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 20

Hoja 06_Medianeras: opción 1 sin aislante, costo, constructibilidad y resultado

ID	Costo adicional	Mejora acústica	Construc tibilidad	Resultado
1	\$100,80	49,9%	73%	Mejora opcional: la base cumple; aporta privacidad.
2	\$100,80	49,9%	73%	Mejora opcional: la base cumple; aporta privacidad.

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 21

Hoja 06_Medianeras: opción 2 con aislante, sistemas y aislamiento entre unidades

ID	Evaluar	Ambiente	Área m²	Sistema base	Sistema mejorado	Aéreo base (dB)	Aéreo mejorado (dB)	Sistema base	Estado mejorado
1	Sí	Dormitorio master	8,4	Muro H.A. 20 cm	Muro H.A. 20 cm + lana de vidrio 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	61	68	Cumple mínimo	Cumple mejorado
2	Sí	Sala	8,4	Muro H.A. 20 cm	Muro H.A. 20 cm + lana de vidrio 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	61	68	Cumple mínimo	Cumple mejorado

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 22

Hoja 06_Medianeras: opción 2 con aislante, costo, constructibilidad y resultado

ID	Costo adicional	Mejora acústica	Constructibilidad	Resultado
1	\$67,31	80,0%	66%	Mejora opcional: la base cumple; aporta privacidad.
2	\$67,31	80,0%	66%	Mejora opcional: la base cumple; aporta privacidad.

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 23

Hoja 07_Entrepiso: opción 1 sin aislante, sistemas y desempeño frente al ruido aéreo y de impacto

(a) Identificación y sistemas seleccionados.

ID	Evaluar	Ambiente	Área m ²	Sistema actual	Sistema mejorado
1	Sí	Dormitorio master	9,8	Losa H.A. 40 cm + piso flotante laminado AC4 + Polyexpande d 2 mm	Entrepiso base terminado + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm
2	Sí	Sala	9,8	Losa H.A. 40 cm + piso flotante laminado AC4 + Polyexpande d 2 mm	Entrepiso base terminado + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm

(b) Ruido aéreo y de impacto; identificación por ID.

ID	Sistema mejorado	RA base (dBA)	Estado base	RA mejorado (dBA)	Estado mejorado	Ln,w base (dB)	Estado base	Ln,w mejorado (dB)	Estado mejorado
1	Entrepiso base terminado + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	71	Cumple	76	Cumple mejorado	43,0	Cumple	38,0	Cumple mejorado
2	Entrepiso base terminado + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	71	Cumple	76	Cumple mejorado	43,0	Cumple	38,0	Cumple mejorado

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 24

Hoja 07_Entrepiso: opción 1 sin aislante, costo, constructibilidad y resultado

ID	Sistema mejorado	Costo adicional	Mejora acústica integral	Construc tibilidad	Resultado
1	Entrepiso base terminado + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	\$92,53	68,4%	76%	Mejora opcional: la base terminada cumple; el aislamiento aéreo estimado se conserva o mejora y el cielo raso reduce el ruido de impacto.
2	Entrepiso base terminado + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	\$92,53	68,4%	76%	Mejora opcional: la base terminada cumple; el aislamiento aéreo estimado se conserva o mejora y el cielo raso reduce el ruido de impacto.

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 25

Hoja 07_Entrepiso: opción 2 con aislante, sistemas y desempeño frente al ruido aéreo y de impacto

(a) Identificación y sistemas seleccionados.

ID	Evaluar	Ambiente	Área m ²	Sistema actual	Sistema mejorado
1	Sí	Dormitorio master	9,8	Losa H.A. 40 cm + piso flotante laminado AC4 + Polyexpande d 2 mm	Entrepiso base terminado + cielo raso con lana de vidrio 65 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm
2	Sí	Sala	9,8	Losa H.A. 40 cm + piso flotante laminado AC4 + Polyexpande d 2 mm	Entrepiso base terminado + cielo raso con lana de vidrio 65 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm

(b) Ruido aéreo y de impacto; identificación por ID.

ID	Sistema mejorado	RA base (dBA)	Estado base	RA mejorado (dBA)	Estado mejorado	Ln,w base (dB)	Estado base	Ln,w mejorado (dB)	Estado mejorado
1	Entrepiso base terminado + cielo raso con lana de vidrio 65 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	71	Cumple	78	Cumple mejorado	43,0	Cumple	34,0	Cumple mejorado
2	Entrepiso base terminado + cielo raso con lana de vidrio 65 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	71	Cumple	78	Cumple mejorado	43,0	Cumple	34,0	Cumple mejorado

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 26

Hoja 07_Entrepiso: opción 2 con aislante, costo, constructibilidad y resultado

ID	Sistema mejorado	Costo adicional	Mejora acústica integral	Constructibilidad	Resultado
1	Entrepiso base terminado + cielo raso con lana de vidrio 65 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	\$125,64	83,7%	61% estimado se conserva o mejora y el cielo raso reduce el ruido de impacto.	Mejora opcional: la base terminada cumple; el aislamiento aéreo
2	Entrepiso base terminado + cielo raso con lana de vidrio 65 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	\$125,64	83,7%	61% estimado se conserva o mejora y el cielo raso reduce el ruido de impacto.	Mejora opcional: la base terminada cumple; el aislamiento aéreo

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 27*Hoja 04_Catalogo: sistemas base*

Sistema	Elemento	U [W/(m ² ·K)]	Aéreo estimado *	Impacto Ln,w [dB]	ΔLw total [dB]	Costo total [USD/m ²]	Costo incremen- tal [USD/m ²]
CASO BASE							
Muro H.A. 10 cm	Caso de estudio: muro base	4,68	51	No aplica	No aplica	\$53,80	No aplica
Muro H.A. 20 cm	Caso de estudio: muro medianera base (edificio)	No aplica	61	No aplica	No aplica	\$78,30	No aplica
Doble muro H.A. 10+10	Caso de estudio: muro base (casas)	No aplica	61	No aplica	No aplica	\$94,60	No aplica
Muro H.A. 10 cm + bloque 10 cm (dos caras)	Caso de estudio: muro medianera	No aplica	63	No aplica	No aplica	\$67,30	13,5
Muro H.A. 10 cm + cámara de aire + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)	Caso de estudio: muro medianera	No aplica	54	No aplica	No aplica	\$65,80	\$12,00
Losa H.A. 40 cm + piso flotante laminado AC4 + Polyexpanded 2 mm	Caso de estudio: losa base (edificio)	No aplica	71	43	16	No aplica	No aplica

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 28*Hoja 04_Catalogo: desempeño de hibridaciones de fachada*

Sistema	Elemento	U [W/(m ² ·K)]	Aéreo estimado *	Impacto Ln,w [dB]	ΔLw total [dB]	Costo total [USD/m ²]	Costo incremental [USD/m ²]
FACHADA							
Muro H.A. 10 cm + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	Alternativa: muro fachada	2,25	53	No aplica	No aplica	\$65,80	\$12,00
Muro H.A. 10 cm + EPS 50 mm + placa de yeso- cartón de 12,7 mm (una cara)	Alternativa: muro fachada	0,66	55	No aplica	No aplica	\$66,94	\$13,14
Muro H.A. 10 cm + lana de vidrio 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	Alternativa: muro fachada	0,59	60	No aplica	No aplica	\$69,83	\$16,03

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 29*Hoja 04_Catalogo: desempeño de medianeras*

(a)

Sistema	Elemento	U [W/(m ² ·K)]	Aéreo estimado *	Impacto Ln,w [dB]	ΔLw total [dB]	Costo total [USD/m ²]	Costo incremental [USD/m ²]
MEDIANERAS							
Muro H.A. 10 cm + EPS 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)	Alternativa: muro medianera	No aplica	57	No aplica	No aplica	\$66,94	\$13,14
Muro H.A. 10 cm + lana de vidrio 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)	Alternativa: muro medianera	No aplica	65	No aplica	No aplica	\$69,83	\$16,03
Muro H.A. 20 cm + cámara de aire + placa yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	Alternativa: muro medianera	No aplica	63	No aplica	No aplica	\$84,30	\$6,00
Muro H.A. 20 cm + EPS 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	Alternativa: muro medianera (edificio)	No aplica	64	No aplica	No aplica	\$84,87	\$6,57
Muro H.A. 20 cm + lana de vidrio 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	Alternativa: muro medianera (edificio)	No aplica	68	No aplica	No aplica	\$86,31	\$8,01

(b)

Sistema	Elemento	U [W/(m ² ·K)]	Aéreo estimado *	Impacto Ln,w [dB]	ΔLw total [dB]	Costo total [USD/m ²]	Costo increme ntal [USD/m ²]
Muro H.A. 20 cm + cámara de aire + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)	Alternativa: muro medianera (edificio)	No aplica	64	No aplica	No aplica	\$90,30	\$12,00
Muro H.A. 20 cm + EPS 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)	Alternativa: muro medianera (edificio)	No aplica	66	No aplica	No aplica	\$91,44	\$13,14
Muro H.A. 20 cm + lana de vidrio 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)	Alternativa: muro medianera (edificio)	No aplica	72	No aplica	No aplica	\$94,33	\$16,03

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 30

Hoja 04_Catalogo: desempeño de aberturas

Sistema	Elemento	U [W/(m ² ·K)]	Aéreo estimado *	Impacto Ln,w [dB]	ΔLw total [dB]	Costo total [USD/m ²]	Costo increme ntal [USD/m ²]
VENTANAS Y PUERTAS CORREDIZAS DE VIDRIO							
Ventana vidrio 6 mm	Ventana	5,7	31	No aplica	No aplica	\$85,00	No aplica
Puerta corrediza de vidrio 6 mm	Puerta corrediza	5,7	30	No aplica	No aplica	\$105,00	No aplica
Ventana vidrio laminado 6 mm	Ventana	5,62	32	No aplica	No aplica	\$87,41	No aplica
Puerta corrediza de laminado 6 mm	Puerta corrediza	5,62	31	No aplica	No aplica	\$186,66	No aplica
Ventana con cristal cámara 6-8-6 mm	Ventana	3,8	33	No aplica	No aplica	\$130,93	No aplica
Puerta corrediza de vidrio con cristal cámara 6-8-6 mm	Puerta corrediza	3,67	30	No aplica	No aplica	\$257,78	No aplica

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 31

Hoja 04_Catalogo: desempeño de entrepiso y cielos rasos

Sistema	Elemento	U [W/(m²·K)]	Aéreo estimado *	Impacto Ln,w [dB]	ΔLw total [dB]	Costo total [USD/m²]	Costo incremental [USD/m²]
CIELO RASO							
Entrepiso base terminado + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	Propuesta: cielo raso	No aplica	76	38	21	No aplica	\$9,44
Entrepiso base terminado + cielo raso con lana de vidrio 65 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	Propuesta: cielo raso	No aplica	78	34	25	No aplica	\$12,82

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 32

Hoja 04_Catalogo: constructibilidad, uso recomendado y cálculo incremental de sistemas base y fachadas

(a)

Sistema	Complejidad	Proceso y espera	Recursos y acceso	Coordinación	Control y retrabajo	Constructibilidad [%]	Uso recomendado	Cálculo incremental sin IVA, incluye suministro, estructura e instalación
Muro H.A. 10 cm	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Base de fachada y medianeras	No suma.
Muro H.A. 20 cm	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Base de medianeras en edificios	No suma.
Doble muro H.A. 10+10	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Base de medianeras en casas	No suma.
Muro H.A. 10 cm + bloque 10 cm (dos caras)	2	2	3	2	3	47%	Casas: ruido alto. obra húmeda	Bloque 10 cm (una cara)
Muro H.A. 10 cm + cámara de aire + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)	3	5	4	3	3	73%	Mejora económica si pueden intervenirse ambas unidades habitacionales.	Placa de yeso-cartón de 12,7 mm en ambas caras - empaste evitado, equivalente a una cara.
Losa H.A. 40 cm + piso flotante laminado AC4 + Polyexpanded 2 mm	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Base del No edificio para comparar los cielos rasos.	No suma.

(b)

Sistema	Complejidad	Proceso y espera	Recursos y acceso	Coordinación	Control y retrabajo	Construibilidad [%]	Uso recomendado	Cálculo incremental sin IVA, incluye suministro, estructura e instalación
Muro H.A. 10 cm + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	4	5	4	4	4	85%	Para menor costo y mejora termoacústica básica.	Cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm. La proforma incluye el sistema instalado y listo para pintar; no incluye pintura ni IVA.
Muro H.A. 10 cm + EPS 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	3	4	4	4	4	77%	Cuando predomine la exigencia térmica.	Estructura + EPS 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm. La proforma incluye el sistema instalado y listo para pintar; no incluye pintura ni IVA.
Muro H.A. 10 cm + lana de vidrio 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	3	4	3	4	2	66%	Cuando se priorice el desempeño térmico y acústico.	Estructura + lana de vidrio 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm. La proforma incluye el sistema instalado y listo para pintar; no incluye pintura ni IVA.

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 33

Hoja 04_Catalogo: constructibilidad, uso recomendado y cálculo incremental de medianeras

(a)

Sistema	Complejidad	Proceso y espera	Recursos y acceso	Coordinación	Control y retrabajo	Constructibilidad [%]	Uso recomendado	Cálculo incremental sin IVA, incluye suministro, estructura e instalación
Muro H.A. 10 cm + EPS 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)	2	4	4	3	3	65%	Mejora acústica intermedia, ejecución menos compleja.	EPS 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm en ambas caras - empaste evitado, equivalente a una cara.
Muro H.A. 10 cm + lana de vidrio 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)	2	4	3	3	2	58%	Cuando se priorice la máxima privacidad acústica.	Lana de vidrio 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm en ambas caras - empaste evitado, equivalente a una cara.
Muro H.A. 20 cm + cámara de aire + placa yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	4	5	4	4	4	85%	Bajo costo cuando solo se interviene una unidad habitacional	Cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm en una cara - empaste evitado, dividido para dos.
Muro H.A. 20 cm + EPS 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	3	4	4	4	4	77%	Alta privacidad sin intervenir en el departamento vecino.	EPS 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm en una cara - empaste evitado, dividido para dos.
Muro H.A. 20 cm + lana de vidrio 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	3	4	3	4	2	66%	Mejora acústica intermedia interviniendo un solo departamento	Lana de vidrio 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm en una cara - empaste evitado, dividido para dos.
Muro H.A. 20 cm + cámara de aire + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)	3	5	4	3	3	73%	Mejora moderada con intervención coordinada en ambos departamentos	Cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm en ambas caras - empaste evitado, equivalente a una cara.
Muro H.A. 20 cm + EPS 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)	2	4	4	3	3	65%	Mejora acústica intermedia con intervención en ambos lados.	EPS 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm en ambas caras - menos empaste evitado, equivalente a una cara.

(b)

Sistema	Complejidad	Proceso y espera	Recursos y acceso	Coordinación	Control y retrabajo	Constructibilidad [%]	Uso recomendado	Cálculo incremental sin IVA, incluye suministro, estructura e instalación
Muro H.A. 20 cm + lana de vidrio 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)	2	4	3	3	2	58%	Máxima privacidad con intervención en ambos departamentos	Lana de vidrio 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm en ambas caras - empaste evitado, equivalente a una cara.

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 34

Hoja 04_Catalogo: constructibilidad, uso recomendado y cálculo incremental de aberturas y cielos rasos

(a)

Sistema	Complejidad	Proceso y espera	Recursos y acceso	Coordinación	Control y retrabajo	Constructibilidad [%]	Uso recomendado	Cálculo incremental sin IVA, incluye suministro, estructura e instalación
Ventana vidrio 6 mm	5	5	5	4	4	91%	Ruido bajo y presupuesto limitado.	Se resta de la ventana base
Puerta corrediza de vidrio 6 mm	4	5	4	4	3	81%	Ruido bajo y prioridad económica.	Se resta de la ventana base
Ventana vidrio laminado 6 mm	5	5	4	4	4	88%	Ruido moderado o mayor seguridad	Se resta de la ventana base
Puerta corrediza de laminado 6 mm	4	5	3	4	3	78%	Ruido moderado y mayor seguridad	Se resta de la ventana base
Ventana con cristal cámara 6-8-6 mm	4	5	3	4	3	78%	Prioridad térmica o alto porcentaje de vidrio.	Se resta de la ventana base
Puerta corrediza de vidrio con cristal cámara 6-8-6 mm	3	5	2	3	3	67%	Prioridad térmica; no elegir por mejora acústica.	Se resta de la ventana base

(b)

Sistema	Complejidad	Proceso y espera	Recursos y acceso	Coordinación	Control y retrabajo	Constructibilidad [%]	Uso recomendado	Cálculo incremental sin IVA, incluye suministro, estructura e instalación
Entrepiso base terminado + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	4	5	4	3	3	76%	Mejora acústica moderada con menor costo y complejidad.	Cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm - empaste de losa evitado. Pintura neutralizada; sin IVA.
Entrepiso base terminado + cielo raso con lana de vidrio 65 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	3	4	3	3	2	61%	Máxima mejora acústica, aceptando mayor costo y complejidad.	Lana de vidrio 65 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm - empaste de losa evitado. Pintura neutralizada; sin IVA.

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 35

Hoja 03_Proformas: referencias comerciales 1 y 2

(a) Fachada y medianeras: pared de hormigón de 10 cm.

Sistema	Área	PROFORMA 1		PROFORMA 2	
		Costo sin IVA	Precio unitario	Costo sin IVA	Precio unitario
Cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	25,2	\$428,40	\$17,00	\$378,00	\$15,00
EPS 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	25,2	\$439,73	\$17,45	\$440,00	\$17,46
Lana de vidrio 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	25,2	\$505,50	\$20,06	\$454,00	\$18,02

(b) Ventanas.

Sistema	Área	PROFORMA 1		PROFORMA 2	
		Costo sin IVA	Precio unitario	Costo sin IVA	Precio unitario
Ventana vidrio laminado 6 mm	5,76	\$492,19	\$85,45	\$550,00	\$95,49
Puerta corrediza de laminado 6 mm	3,84	\$632,70	\$164,77	\$800,00	\$208,33
Ventana con cristal cámara 06-08-06	5,76	\$787,52	\$136,72	\$750,00	\$130,21
Puerta corrediza de vidrio con cristal cámara 06-08-06	3,84	\$842,32	\$219,35	\$1.000,00	\$260,42

(c) Entrepiso: cielos rasos para losa de 40 cm.

Sistema	Área	PROFORMA 1		PROFORMA 2	
		Costo sin IVA	Precio unitario	Costo sin IVA	Precio unitario
Cielo raso con cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	35,41	\$424,92	\$12,00	\$472,00	\$13,33
Cielo raso con lana de vidrio 65 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	35,41	\$637,38	\$18,00	\$547,50	\$15,46

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico. La proforma de EPS registra un total de USD 439,73 sin IVA para el área cotizada y no contiene un desglose por partidas. Las proformas son referencias comerciales de julio de 2026 para suministro e instalación sin IVA; deben actualizarse al aplicar el modelo en otro proyecto.

Figura 36

Hoja 03_Proformas: referencia comercial 3 y valores medios

(a) Fachada y medianeras: pared de hormigón de 10 cm.

Sistema	Área	PROFORMA 3		Precio unitario promedio	Mes y año de registro
		Costo sin IVA	Precio unitario		
Cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	25,2	\$403,20	\$16,00	\$16,00	julio de 2026
EPS 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	25,2	\$415,80	\$16,50	\$17,14	julio de 2026
Lana de vidrio 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	25,2	\$554,40	\$22,00	\$20,03	julio de 2026

(b) Ventanas.

Sistema	Área	PROFORMA 3		Precio unitario promedio	Mes y año de registro
		Costo sin IVA	Precio unitario		
Ventana vidrio laminado 6 mm	5,76	\$468,34	\$81,31	\$87,41	julio de 2026
Puerta corrediza de laminado 6 mm	3,84	\$717,62	\$186,88	\$186,66	julio de 2026
Ventana con cristal cámara 06-08-06	5,76	\$724,99	\$125,87	\$130,93	julio de 2026
Puerta corrediza de vidrio con cristal cámara 06-08-06	3,84	\$1.127,33	\$293,58	\$257,78	julio de 2026

(c) Entrepiso: cielos rasos para losa de 40 cm.

Sistema	Área	PROFORMA 3		Precio unitario promedio	Mes y año de registro
		Costo sin IVA	Precio unitario		
Cielo raso con cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	35,41	\$531,00	\$15,00	\$13,44	julio de 2026
Cielo raso con lana de vidrio 65 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm	35,41	\$602,00	\$17,00	\$16,82	julio de 2026

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Nota. Las proformas son referencias comerciales de julio de 2026, para suministro e instalación sin IVA. La cotización de EPS se utiliza como referencia económica en fachada y medianeras; su uso no convierte la estimación acústica de la medianera en un ensayo del sistema construido.

Figura 37*Hoja 08_Resultados: ICI de la opción 1*

Escenario	Margen final	Mejora térmica	Mejora acústica relativa	Constructibilidad (%)	ICI Equilibrio	ICI Mayor confort	ICI Mayor rentabilidad	ICI Ejecución ágil
Estado actual o base	15,00%	0,00%	0,00%	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Fachada mejorada	14,93%	1,40%	20,57%	88,0%	61,4	44,4	83,8	78,6
Fachada ajustada	15,25%	30,96%	59,97%	87,0%	75,6	65,3	89,9	83,4
Paredes medianeras	14,55%	No aplica	49,88%	73,0%	71,0	63,7	82,2	73,2
Cielo raso	14,59%	No aplica	68,38%	76,0%	79,3	75,4	85,9	78,0
Fachada mejorada + paredes medianeras	14,48%	1,40%	36,85%	79,7%	59,1	45,4	77,5	72,5
Fachada ajustada + paredes medianeras	14,80%	30,96%	54,36%	79,2%	71,5	61,7	85,6	77,2
Fachada mejorada + cielo raso	14,52%	1,40%	48,93%	80,9%	63,1	50,9	79,4	74,7
Fachada ajustada + cielo raso	14,84%	30,96%	64,96%	80,5%	74,1	65,2	87,1	78,9
Paredes medianeras + cielo raso	14,15%	No aplica	59,84%	74,6%	73,0	69,2	78,6	74,4
Fachada mejorada + paredes medianeras + cielo raso	14,07%	1,40%	49,25%	78,2%	58,9	48,1	72,8	71,1
Fachada ajustada + paredes medianeras + cielo raso	14,40%	30,96%	59,88%	78,0%	69,3	61,5	80,2	75,2

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 38*Hoja 08_Resultados: economía de la opción 1*

Escenario	Costo adicional	Área intervenida m²	Costo adicional por m²	Incremento costo	Holgura sobre margen mínimo	Utilidad final	Venta mínima requerida	Crédito VIP
Fachada mejorada	\$32,46	13,44	\$2,41	0,1%	4,93%	\$6.758,64	\$42.794,84	Dentro del crédito VIP
Fachada ajustada	-\$112,80	13,44	-\$8,39	-0,3%	5,25%	\$6.903,90	\$42.633,45	Dentro del crédito VIP
Paredes medianeras	\$201,60	16,80	\$12,00	0,5%	4,55%	\$6.589,50	\$42.982,78	Dentro del crédito VIP
Cielo raso	\$185,06	19,60	\$9,44	0,5%	4,59%	\$6.606,04	\$42.964,40	Dentro del crédito VIP
Fachada mejorada + paredes medianeras	\$234,06	30,24	\$7,74	0,6%	4,48%	\$6.557,04	\$43.018,84	Dentro del crédito VIP
Fachada ajustada + paredes medianeras	\$88,80	30,24	\$2,94	0,2%	4,80%	\$6.702,30	\$42.857,45	Dentro del crédito VIP
Fachada mejorada + cielo raso	\$217,52	33,04	\$6,58	0,6%	4,52%	\$6.573,58	\$43.000,46	Dentro del crédito VIP
Fachada ajustada + cielo raso	\$72,26	33,04	\$2,19	0,2%	4,84%	\$6.718,84	\$42.839,07	Dentro del crédito VIP
Paredes medianeras + cielo raso	\$386,66	36,40	\$10,62	1,0%	4,15%	\$6.404,44	\$43.188,40	Dentro del crédito VIP
Fachada mejorada + paredes medianeras + cielo raso	\$419,12	49,84	\$8,41	1,1%	4,07%	\$6.371,98	\$43.224,46	Dentro del crédito VIP
Fachada ajustada + paredes medianeras + cielo raso	\$273,86	49,84	\$5,49	0,7%	4,40%	\$6.517,24	\$43.063,07	Dentro del crédito VIP

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 39*Hoja 08_Resultados: ICI de la opción 2*

Escenario	Margen final	Mejora térmica	Mejora acústica relativa	Constructibilidad (%)	ICI Equilibrio	ICI Mayor confort	ICI Mayor rentabilidad	ICI Ejecución ágil
Estado actual o base	15,00%	0,00%	0,00%	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Fachada mejorada	13,64%	33,33%	36,90%	78,0%	58,7	51,0	67,9	70,5
Fachada ajustada	14,59%	60,88%	68,25%	78,0%	78,1	73,4	85,6	78,7
Paredes medianeras	14,70%	No aplica	80,05%	66,0%	82,8	81,4	87,7	73,7
Cielo raso	14,44%	No aplica	83,73%	61,0%	81,3	81,6	83,9	70,0
Fachada mejorada + paredes medianeras	13,34%	33,33%	60,87%	71,3%	59,3	54,9	64,3	66,6
Fachada ajustada + paredes medianeras	14,29%	60,88%	74,81%	71,3%	75,6	72,7	80,9	73,6
Fachada mejorada + cielo raso	13,08%	33,33%	64,68%	67,9%	58,5	56,0	60,9	64,1
Fachada ajustada + cielo raso	14,03%	60,88%	77,43%	67,9%	73,7	72,2	77,1	70,7
Paredes medianeras + cielo raso	14,15%	No aplica	82,03%	63,3%	78,8	79,7	79,9	70,1
Fachada mejorada + paredes medianeras + cielo raso	12,78%	33,33%	69,86%	67,3%	56,6	55,3	56,9	62,7
Fachada ajustada + paredes medianeras + cielo raso	13,73%	60,88%	78,31%	67,3%	71,3	70,7	72,9	69,1

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 40*Hoja 08_Resultados: economía de la opción 2*

Escenario	Costo adicional	Área intervenida m²	Costo adicional por m²	Incremento costo	Holgura sobre margen mínimo	Utilidad final	Venta mínima requerida	Crédito VIP
Fachada mejorada	\$617,33	13,44	\$45,93	1,6%	3,64%	\$6.173,77	\$43.444,70	Dentro del crédito VIP
Fachada ajustada	\$187,28	13,44	\$13,93	0,5%	4,59%	\$6.603,82	\$42.966,87	Dentro del crédito VIP
Paredes medianeras	\$134,61	16,80	\$8,01	0,3%	4,70%	\$6.656,49	\$42.908,35	Dentro del crédito VIP
Cielo raso	\$251,29	19,60	\$12,82	0,7%	4,44%	\$6.539,81	\$43.037,99	Dentro del crédito VIP
Fachada mejorada + paredes medianeras	\$751,94	30,24	\$24,87	2,0%	3,34%	\$6.039,16	\$43.594,27	Dentro del crédito VIP
Fachada ajustada + paredes medianeras	\$321,89	30,24	\$10,64	0,8%	4,29%	\$6.469,21	\$43.116,43	Dentro del crédito VIP
Fachada mejorada + cielo raso	\$868,62	33,04	\$26,29	2,3%	3,08%	\$5.922,48	\$43.723,91	Dentro del crédito VIP
Fachada ajustada + cielo raso	\$438,57	33,04	\$13,27	1,1%	4,03%	\$6.352,53	\$43.246,08	Dentro del crédito VIP
Paredes medianeras + cielo raso	\$385,90	36,40	\$10,60	1,0%	4,15%	\$6.405,20	\$43.187,56	Dentro del crédito VIP
Fachada mejorada + paredes medianeras + cielo raso	\$1.003,23	49,84	\$20,13	2,6%	2,78%	\$5.787,87	\$43.873,48	Dentro del crédito VIP
Fachada ajustada + paredes medianeras + cielo raso	\$573,18	49,84	\$11,50	1,5%	3,73%	\$6.217,92	\$43.395,64	Dentro del crédito VIP

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 41*Hoja 09_Reporte: opción 1, diagnóstico y economía*

Elemento	Mejora térmica	Mejora acústica relativa	Costo adicional	Utilidad final	Margen final	Venta mínima requerida	Venta mínima por m²
Fachada mejorada	1,40%	20,57%	\$32,46	\$ 6.758,64	14,93%	\$ 42.794,84	\$ 951,00
Fachada ajustada	30,96%	59,97%	-\$112,80	\$ 6.903,90	15,25%	\$ 42.633,45	\$ 947,41
Paredes medianeras	No aplica	49,88%	\$201,60	\$ 6.589,50	14,55%	\$ 42.982,78	\$ 955,17
Cielo raso	No aplica	68,38%	\$185,06	\$ 6.606,04	14,59%	\$ 42.964,40	\$ 954,76
Fachada mejorada + paredes medianeras	1,40%	36,85%	\$234,06	\$ 6.557,04	14,48%	\$ 43.018,84	\$ 955,97
Fachada ajustada + paredes medianeras	30,96%	54,36%	\$88,80	\$ 6.702,30	14,80%	\$ 42.857,45	\$ 952,39
Fachada mejorada + cielo raso	1,40%	48,93%	\$217,52	\$ 6.573,58	14,52%	\$ 43.000,46	\$ 955,57
Fachada ajustada + cielo raso	30,96%	64,96%	\$72,26	\$ 6.718,84	14,84%	\$ 42.839,07	\$ 951,98
Paredes medianeras + cielo raso	No aplica	59,84%	\$386,66	\$ 6.404,44	14,15%	\$ 43.188,40	\$ 959,74
Fachada mejorada + paredes medianeras + cielo raso	1,40%	49,25%	\$419,12	\$ 6.371,98	14,07%	\$ 43.224,46	\$ 960,54
Fachada ajustada + paredes medianeras + cielo raso	30,96%	59,88%	\$273,86	\$ 6.517,24	14,40%	\$ 43.063,07	\$ 956,96

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 42*Hoja 09_Reporte: opción 1, comparación del ICI*

(a)

Alternativa	ICI Equilibrio	ICI Mayor confort	ICI Mayor rentabilidad	ICI Ejecución ágil	ICI con mayor puntaje
Fachada mejorada	61,4	44,4	83,8	78,6	ICI Mayor rentabilidad: 84
Fachada ajustada	75,6	65,3	89,9	83,4	ICI Mayor rentabilidad: 90
Paredes medianeras	71,0	63,7	82,2	73,2	ICI Mayor rentabilidad: 82
Cielo raso	79,3	75,4	85,9	78,0	ICI Mayor rentabilidad: 86
Fachada mejorada + paredes medianeras	59,1	45,4	77,5	72,5	ICI Mayor rentabilidad: 77
Fachada ajustada + paredes medianeras	71,5	61,7	85,6	77,2	ICI Mayor rentabilidad: 86
Fachada mejorada + cielo raso	63,1	50,9	79,4	74,7	ICI Mayor rentabilidad: 79
Fachada ajustada + cielo raso	74,1	65,2	87,1	78,9	ICI Mayor rentabilidad: 87
Paredes medianeras + cielo raso	73,0	69,2	78,6	74,4	ICI Mayor rentabilidad: 79
Fachada mejorada + paredes medianeras + cielo raso	58,9	48,1	72,8	71,1	ICI Mayor rentabilidad: 73
Fachada ajustada + paredes medianeras + cielo raso	69,3	61,5	80,2	75,2	ICI Mayor rentabilidad: 80

(b)

4. Alternativa recomendada según perfil del ICI					
Perfil	Alternativa recomendada	ICI /100	Brecha 2.ª	Margen	Crédito VIP
Equilibrio	Cielo raso	79,3	3,69	14,6%	Dentro del crédito VIP
Mayor confort	Cielo raso	75,4	6,13	14,6%	Dentro del crédito VIP
Mayor rentabilidad	Fachada ajustada	89,9	2,79	15,2%	Dentro del crédito VIP
Ejecución ágil	Fachada ajustada	83,4	4,46	15,2%	Dentro del crédito VIP

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 43
Hoja 09_Reporte: opción 1, selección y conclusión
(a)

5. Alternativa sugerida según el objetivo			
Objetivo	Alternativa sugerida	Margen	Criterio aplicado
Mayor mejora térmica de fachada	Fachada ajustada	15,2%	Mayor mejora térmica; desempate por margen y constructibilidad
Mayor mejora acústica puntual	Cielo raso	14,6%	Mayor mejora acústica relativa; alcance puntual
Mejora integral de la unidad habitacional	Fachada ajustada + paredes medianeras + cielo raso	14,4%	Mayor ICI Equilibrio entre paquetes integrales
Justificación automática			
El perfil Equilibrio recomienda Cielo raso con un ICI de 79,3/100 y un margen de 14,6%. La tabla anterior separa las alternativas térmica, acústica puntual e integral.			

(b)

6. Conclusión automática
La menor diferencia frente a la segunda alternativa es 2,79 puntos en Mayor rentabilidad. Revise los resultados técnicos, el margen y la constructibilidad antes de decidir.

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 44*Hoja 09_Reporte: opción 2, diagnóstico y economía*

Elemento	Mejora térmica	Mejora acústica relativa	Costo adicional	Utilidad final	Margen final	Venta mínima requerida	Venta mínima por m ²
Fachada mejorada	33,33%	36,90%	\$617,33	\$ 6.173,77	13,64%	\$ 43.444,70	\$ 965,44
Fachada ajustada	60,88%	68,25%	\$187,28	\$ 6.603,82	14,59%	\$ 42.966,87	\$ 954,82
Paredes medianeras	No aplica	80,05%	\$134,61	\$ 6.656,49	14,70%	\$ 42.908,35	\$ 953,52
Cielo raso	No aplica	83,73%	\$251,29	\$ 6.539,81	14,44%	\$ 43.037,99	\$ 956,40
Fachada mejorada + paredes medianeras	33,33%	60,87%	\$751,94	\$ 6.039,16	13,34%	\$ 43.594,27	\$ 968,76
Fachada ajustada + paredes medianeras	60,88%	74,81%	\$321,89	\$ 6.469,21	14,29%	\$ 43.116,43	\$ 958,14
Fachada mejorada + cielo raso	33,33%	64,68%	\$868,62	\$ 5.922,48	13,08%	\$ 43.723,91	\$ 971,64
Fachada ajustada + cielo raso	60,88%	77,43%	\$438,57	\$ 6.352,53	14,03%	\$ 43.246,08	\$ 961,02
Paredes medianeras + cielo raso	No aplica	82,03%	\$385,90	\$ 6.405,20	14,15%	\$ 43.187,56	\$ 959,72
Fachada mejorada + paredes medianeras + cielo raso	33,33%	69,86%	\$1.003,23	\$ 5.787,87	12,78%	\$ 43.873,48	\$ 974,97
Fachada ajustada + paredes medianeras + cielo raso	60,88%	78,31%	\$573,18	\$ 6.217,92	13,73%	\$ 43.395,64	\$ 964,35

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 45*Hoja 09_Reporte: opción 2, comparación del ICI*

Alternativa	ICI Equilibrio	ICI Mayor confort	ICI Mayor rentabilidad	ICI Ejecución ágil	ICI con mayor puntaje
Fachada mejorada	58,7	51,0	67,9	70,5	ICI Ejecución ágil: 71
Fachada ajustada	78,1	73,4	85,6	78,7	ICI Mayor rentabilidad: 86
Paredes medianeras	82,8	81,4	87,7	73,7	ICI Mayor rentabilidad: 88
Cielo raso	81,3	81,6	83,9	70,0	ICI Mayor rentabilidad: 84
Fachada mejorada + paredes medianeras	59,3	54,9	64,3	66,6	ICI Ejecución ágil: 67
Fachada ajustada + paredes medianeras	75,6	72,7	80,9	73,6	ICI Mayor rentabilidad: 81
Fachada mejorada + cielo raso	58,5	56,0	60,9	64,1	ICI Ejecución ágil: 64
Fachada ajustada + cielo raso	73,7	72,2	77,1	70,7	ICI Mayor rentabilidad: 77
Paredes medianeras + cielo raso	78,8	79,7	79,9	70,1	ICI Mayor rentabilidad: 80
Fachada mejorada + paredes medianeras + cielo raso	56,6	55,3	56,9	62,7	ICI Ejecución ágil: 63
Fachada ajustada + paredes medianeras + cielo raso	71,3	70,7	72,9	69,1	ICI Mayor rentabilidad: 73

*Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.***Figura 46***Hoja 09_Reporte: opción 2, selección y conclusión*

(a)

4. Alternativa recomendada según perfil del ICI					
Perfil	Alternativa recomendada	ICI /100	Brecha 2. ^a	Margen	Crédito VIP
Equilibrio	Paredes medianeras	82,8	1,59	14,7%	Dentro del crédito VIP
Mayor confort	Cielo raso	81,6	0,17	14,4%	Dentro del crédito VIP
Mayor rentabilidad	Paredes medianeras	87,7	2,15	14,7%	Dentro del crédito VIP
Ejecución ágil	Fachada ajustada	78,7	5,01	14,6%	Dentro del crédito VIP

(b)

5. Alternativa sugerida según el objetivo			
Objetivo	Alternativa sugerida	Margen	Criterio aplicado
Mayor mejora térmica de fachada	Fachada ajustada	14,6%	Mayor mejora térmica; desempate por margen y constructibilidad
Mayor mejora acústica puntual	Cielo raso	14,4%	Mayor mejora acústica relativa; alcance puntual
Mejora integral de la unidad habitacional	Fachada ajustada + paredes medianeras + cielo raso	13,7%	Mayor ICI Equilibrio entre paquetes integrales
Justificación automática			
El perfil Equilibrio recomienda Paredes medianeras con un ICI de 82,8/100 y un margen de 14,7%. La tabla anterior separa las alternativas térmica, acústica puntual e integral.			

(c)

6. Conclusión automática
La menor diferencia frente a la segunda alternativa es 0,17 puntos en Mayor confort. Revise los resultados técnicos, el margen y la constructibilidad antes de decidir.

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 47

Hoja 11_Listas: contexto y opciones de control

Ciudades	Factor U máx. W/m²K	Zona referencial	Entorno acústico	Criterio fachada Evaluar (dB)	Tipo de proyecto	Ambientes
Cuenca	2,35	Continental lluviosa	Bajo	30 Sí	Casa	Dormitorio master
Quito	2,35	Sierra fría-templada	Medio	35 No	Departamento	Dormitorio
Ambato	2,35	Sierra templada-fría	Alto	40 -		Sala y comedor
Loja	2,35	Sierra templada		45		Sala
Guayaquil	1,8	Costa cálida-húmeda				Comedor
Manta	1,8	Costa cálida-seca				Estar
Machala	1,8	Costa cálida-húmeda				-
Riobamba	2,35	Sierra fría				
Otra ciudad	-					

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Figura 48*Hoja 11_Listas: familias visibles de sistemas seleccionables*

(a) Sistemas de fachada, aberturas y medianeras.

Sistemas de fachada	Ventana y puertas de vidrio	Sistemas de medianeras
Muro H.A. 10 cm	Ventana vidrio 6 mm	Muro H.A. 10 cm + bloque 10 cm (dos caras)
Muro H.A. 10 cm + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	Puerta corrediza de vidrio 6 mm	Muro H.A. 10 cm + cámara de aire + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)
Muro H.A. 10 cm + EPS 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	Ventana vidrio laminado 6 mm	Muro H.A. 10 cm + EPS 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)
Muro H.A. 10 cm + lana de vidrio 50 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)	Puerta corrediza de laminado 6 mm	Muro H.A. 10 cm + lana de vidrio 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)
Sin pared	Ventana con cristal cámara 6-8-6 mm	Muro H.A. 20 cm + cámara de aire + placa yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)
-	Puerta corrediza de vidrio con cristal cámara 6-8-6 mm	Muro H.A. 20 cm + lana de vidrio 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (una cara)
	-	Muro H.A. 20 cm + cámara de aire + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)
		Muro H.A. 20 cm + lana de vidrio 50 mm + placa yeso-cartón de 12,7 mm (dos caras)

(b) Muros base, piso terminado y sistemas de entrepiso.

Muro base	Base piso terminado	Sistemas de entrepiso
Muro H.A. 10 cm	Losa H.A. 40 cm + piso flotante laminado AC4 + Polyexpanded 2 mm	Entrepiso base terminado + cámara de aire + placa de yeso-cartón de 12,7 mm
Muro H.A. 20 cm	-	Entrepiso base terminado + cielo raso con lana de vidrio 65 mm + placa de yeso-cartón de 12,7 mm
Doble muro H.A. 10+10	-	-

Nota. Captura del archivo del modelo paramétrico.

Nota. La captura documenta las familias visibles del catálogo; las listas completas permanecen en el archivo. El EPS estándar figura entre las alternativas activas de fachada y medianeras, sujeto a las limitaciones técnicas expuestas en la metodología.

Anexo B. Parámetros editables y efectos sobre el modelo**Tabla 27***Parámetros editables y efectos sobre los resultados*

Parámetro	Ubicación	Efecto principal
Costo, venta y margen mínimo	01_Entrada	Recalcula finanzas e ICI; costo, venta y margen mínimo son entradas independientes
Pesos de constructibilidad	01_Entrada	Modifican la facilidad relativa; deben sumar 100 %
Pesos de perfiles ICI	01_Entrada	Pueden cambiar la prioridad; cada perfil suma 100 %
Pesos térmico y acústico de ST	01_Entrada	Redistribuyen el componente técnico; deben sumar 100 %
Umbral de sensibilidad ICI	01_Entrada	Define cuándo una diferencia se interpreta como cercana
Ambientes activos	02_Ambientes	Incluyen o excluyen filas del análisis
Geometría y vanos	02_Ambientes	Actualiza áreas, Ueq, Req y costos
«Sin pared»	05_Fachadas	$A_m = 0$; $A_v = A_f$; utiliza solo la abertura
Sistemas seleccionados	05_Fachadas– 07_Entrepiso	Recalcula indicadores y estados
Propiedades y costos	04_Catalogo	Actualiza hojas dependientes; conservar fuente y fecha
Proformas	03_Proformas	Documenta proveedor, alcance, IVA y vigencia
Estados del resumen ejecutivo	10_Resumen_Ejecutivo	Cumple / No cumple / No aplica por dimensión

Nota. El modelo opera por unidad habitacional. Cada aplicación debe registrar las unidades, las fuentes y las ponderaciones utilizadas; cada grupo de ponderaciones debe sumar 100 %. La Tabla 27 identifica los parámetros editables y sus efectos sobre los resultados.

Anexo C. Nota de uso del modelo

El archivo del modelo paramétrico debe abrirse en una aplicación compatible con sus fórmulas. El usuario modifica únicamente las celdas de entrada o selección, ajusta los puntajes de constructibilidad a las condiciones de ejecución, comprueba que los pesos sumen 100 % y revisa los estados por dimensión. «Sin pared» representa una fachada completamente acristalada; «No aplica» excluye un componente que no corresponde. U y $L_{n,w}$ mejoran al disminuir; el aislamiento acústico aéreo estimado, ΔL y la constructibilidad, al aumentar. Los valores económicos negativos representan ahorros. El modelo opera por unidad y no sustituye fichas, ensayos, estructura, presupuesto ni decisión profesional.

Anexo D. Fuentes confidenciales y alcance de los datos técnicos

Las consultas del 8 de septiembre de 2026 se registran mediante códigos para preservar la identidad de la empresa y de las personas participantes. IT-01 corresponde al técnico que respondió por mensajería instantánea; IA-02, al arquitecto responsable de los planos y socio de la constructora que respondió mediante llamada. La tabla distingue los datos recibidos, su alcance documental y el tratamiento aplicado en esta investigación.

Tabla 28

Alcance de los datos recibidos y tratamiento aplicado

Dato y alcance	Información disponible	Tratamiento en la tesis
Costo base referencial — estimación para el caso	IA-02 indicó un margen inicial del 15 % sobre el precio de venta. Con el precio comunicado de USD 45.274,00, el costo base referencial se estimó en USD 38.482,90. No se proporcionó un presupuesto integral auditado del proyecto.	Se utiliza como referencia específica para la comparación de prefactibilidad del caso C y no como costo contractual o auditado.
Precio de venta — incorporado al caso	USD 45.274,00, comunicado por IA-02 el 8 de septiembre de 2026.	Entrada utilizada en el caso para utilidad, margen, venta mínima e ICI.
Margen mínimo aceptable — incorporado al caso	10 % sobre el precio de venta, indicado por IA-02 como mínimo aceptable para el caso C.	Se incorpora como entrada independiente para determinar la viabilidad y debe sustituirse en nuevas aplicaciones.
Ventana y puerta corrediza — alcance disponible	Ventana proyectable: vidrio claro de 6 mm, aluminio negro con junquillo o acabado redondo, USD 85,00/m ² sin IVA. Puerta corrediza: vidrio claro de 6 mm, USD 105,00/m ² sin IVA.	Los costos se incorporan; U y aislamiento acústico permanecen como valores referenciales de catálogo.

Dato y alcance	Información disponible	Tratamiento en la tesis
Cielos rasos — alcance disponible	El caso C dispone de cielos rasos en baños y cocinas para alojar tuberías; dormitorios y salas reciben empaste y pintura. IA-02 declaró un descenso general de 20 cm en otro proyecto; se adopta para comparar ambas alternativas, no como medida del caso C. Las proformas de julio de 2026 aportan costos; deben confirmarse la composición y el alcance contractual.	Se diferencia la condición del caso de la proyección de otro proyecto; las proformas alimentan la prefactibilidad, pero no validan la composición construida.
Muros H.A. y acabados — incorporado al caso para costos unitarios	Muro H.A. 10 cm sin acabados: USD 40,80/m ² ; muro H.A. 20 cm sin acabados: USD 65,30/m ² ; empaste de pared: USD 4,00/m ² por cara; empaste de losa: USD 4,00/m ² ; pintura: USD 2,50/m ² por cara. Valores sin IVA comunicados por IT-01.	El muro nuevo de H.A. de 10 cm con acabados en sus dos caras se valora en USD 53,80/m ² . Los empastes de pared y losa se aplican únicamente al componente correspondiente.
Muros de H.A. de 20 cm — restricción del caso C	En el caso C utilizado por el modelo paramétrico no se permite sustituir los muros de H.A. de 20 cm.	Se conserva el muro base. Las alternativas de medianeras comparan revestimientos sobre sus caras; no incluyen su sustitución.
Piso y manta de polietileno — alcance disponible	El modelo adopta piso flotante laminado AC4 + Polyexpanded 2 mm; no se dispone de marca, ficha, espesor confirmado, rigidez dinámica, encuentros y ΔL_w ensayado.	Se conserva como representación paramétrica de prefactibilidad.

Nota. Las comunicaciones personales se citan únicamente en el texto y no se incorporan a las referencias bibliográficas. La Tabla 28 delimita el alcance de cada dato recibido y su tratamiento.