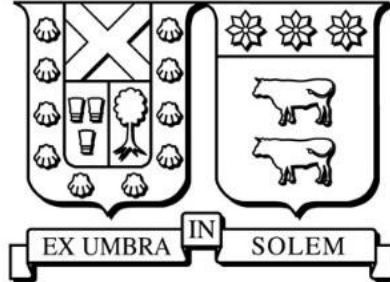


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
INGENIERIA EN DISEÑO DE PRODUCTOS
SANTIAGO – CHILE



SELECCIÓN DE APLICACIONES DE ESTRUCTURAS LATTICE PARA EL DESARROLLO DE
PRODUCTOS MEDIANTE EL FRAMEWORK TECHNOLOGY APPLICATION SELECTION (TAS)

MATÍAS FELIPE GALLARDO AGUILAR
MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO/A EN DISEÑO DE PRODUCTOS
PROFESOR GUIA – ROBERTO DURÁN
JULIO – 2026

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Selección de aplicaciones de estructuras lattice para el desarrollo de productos mediante el framework Technology Application Selection (TAS)

Nombre del candidato(a): Matías Gallardo Aguilar

Carrera / Grado: Ingeniería en diseño de productos

Campus: San Joaquín **Departamento:** Ingeniería en Diseño

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Roberto Alejandro Durán Novoa, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 15/10/2026

Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 13/10/26 Firma: 

AGRADECIMIENTOS

El empezar a escribir esto significa que estoy terminando una etapa maravillosa en la que he aprendido mucho tanto académicamente como de la vida, aún recuerdo la primera vez que llegué a Santiago a matricularme en una carrera que ni siquiera me había preguntado si me gustaba pero que la escogí simplemente porque me iba bien en el colegio. Después de matricularme volví a Copiapó supuestamente a prepararme para venirme a vivir solo a 1000km de mi hogar y mi familia solo porque no cabía en mí la idea de quedarme a estudiar en la ciudad que me vio crecer. Pasaron 2 semanas y comenzó la pandemia y junto con ella 2 años de clases online que no disfrute para nada, reprobé ramos y perdí la ilusión por aprender. Ese desgano que sentía me hizo decidir que ingeniería civil química no era para mí a pesar del consejo de mi papá de probar un semestre presencial, fue cuando estaba viendo que carreras había en la U para cambiarme vi el nombre de Ingeniería en Diseño de Productos, al leerlo decidí que era lo que quería estudiar y sin revisar ni siquiera la malla hice mi solicitud. Cuando estaba por salir del colegio solía decir que entraría a la Universidad solo a estudiar y que no me interesaba hacer amigos, vaya que estaba equivocado, fue esta carrera la que me hizo conocer gente con la que congenié bastante bien y me permitió conocer a 2 personas a las que les tengo un enorme cariño. Sin duda he

disfrutado muchísimo esta carrera, aunque muchas veces creí que no iba a poder y que quería tirar la esponja mi mamá y mi papá siempre han estado apoyándome y dándome fuerzas, el perderme el crecimiento del maxi, mi hermano que adoro con toda mi alma, cumpleaños que tenía que vivir por videollamada, el fallecimiento de mi abuelo y de mi perra que estuvo 14 años conmigo, quién el año pasado esperó que volviera a Santiago para irse. A pesar de todos esos momentos no tan fáciles la experiencia que he podido vivir en mi etapa universitaria ha sido inmensamente gratificante y feliz.

A quienes quiero agradecer es primero a Johanna Aguilar y John Gallardo, mis padres, quienes no solo me dieron su apoyo y la oportunidad de vivir esta experiencia, sino que también su confianza. Quiero agradecerle a Maximiliano mi hermano por las risas que me da y aliviar mi corazón. Quiero agradecerle a Myriam y Juan mis abuelos por estar presentes en mi crianza y siempre estar disponibles para ayudarme. Quiero agradecer a Isidora y Daiana por ser mi apoyo y muy buenas amigas. Quiero agradecer a todos mis profesores por enseñarme no solo contenidos académicos sino a tener distintas perspectivas. Quiero agradecer por estar en el momento y lugar correcto para experimentar

esta increíble situación que se llama vida, qué, aunque muchas veces puede doler es ese mismo dolor el que hace que los momentos buenos sean satisfactorios. Por último quiero agradecerme a mí, que a pesar de la mayoría de veces preferir quedarme en la comodidad hace 6 años tomé la decisión de aventurarme y no rendirme lo cual culminó en que en este momento esté escribiendo estas palabras que me trajeron alegría al pensar en la gente que quiero.

RESUMEN

Esta investigación aborda la selección y desarrollo de aplicaciones para estructuras lattice desde una lógica technology push, utilizando el framework Technology Application Selection (TAS) para orientar su incorporación en un producto. El objetivo principal fue determinar una aplicación pertinente integrando criterios técnicos, de usuario, contexto y fabricación.

Inicialmente, se caracterizaron las propiedades, materiales, procesos y restricciones de las estructuras lattice, generando un catálogo de posibles aplicaciones y filtrando aquellas compatibles con los recursos disponibles. Posteriormente, se seleccionó una pantalla reconfigurable para mesas compartidas y se definió una configuración lattice en TPU basada en Schwarz P.

La propuesta se materializó en un prototipo funcional de cuatro módulos, evaluado mediante ensayos acústicos comparativos y pruebas de usabilidad con diez participantes. Los resultados evidenciaron una atenuación acústica relativa dependiente de la frecuencia y valoraciones favorables en facilidad de uso, comodidad visual y sensación de resguardo.

En conclusión, la aplicación sistemática del TAS permitió reducir progresivamente la incertidumbre del enfoque technology push y

orientar la tecnología hacia una aplicación funcionalmente justificable, alcanzando un nivel TRL 6.

ABSTRACT

This research addresses the selection and development of applications for lattice structures from a technology push perspective, using the Technology Application Selection (TAS) framework to guide their integration into a product. The main objective was to determine a suitable application by integrating technical, user, contextual, and manufacturing criteria.

First, the properties, materials, manufacturing processes, and limitations of lattice structures were characterized, enabling the generation of an application catalogue and the filtering of alternatives according to the resources available for the project. Subsequently, a reconfigurable screen for shared desks was selected, and a TPU lattice configuration based on the Schwarz P topology was defined.

The proposal was materialized as a four-module functional prototype and evaluated through comparative acoustic tests and usability testing with ten participants. The results showed frequency-dependent relative acoustic attenuation and favorable ratings for ease of use, visual comfort, and perceived shelter.

In conclusion, the systematic application of TAS progressively reduced the uncertainty associated with the technology push approach and guided the technology toward a

functionally justified application, reaching a Technology Readiness Level (TRL) of 6.

GLOSARIO

Este glosario reúne los principales términos metodológicos, experimentales, acústicos y productivos utilizados de forma recurrente en la memoria.

1. AHP: Analytic Hierarchy Process. Método de toma de decisiones multicriterio basado en comparaciones por pares. En esta memoria se utiliza para ponderar los criterios de evaluación durante la fase Decidir.
2. AM: Additive Manufacturing. Manufactura aditiva. Conjunto de procesos de fabricación que construyen piezas a partir de datos tridimensionales mediante la incorporación sucesiva de material.
3. FFF: Fused Filament Fabrication. Proceso de manufactura aditiva por extrusión de material utilizado en esta investigación para fabricar probetas, piezas lattice y componentes del prototipo mediante filamentos termoplásticos.
4. IDR: Índice de Decaimiento Relativo. Indicador definido en esta investigación para comparar el comportamiento acústico relativo de las probetas respecto de la condición de referencia, considerando distintas bandas de frecuencia y sus

- ponderaciones. Corresponde a un indicador interno de comparación.
5. Microacondicionamiento acústico: Intervención acústica localizada orientada a modificar parcialmente las condiciones sonoras del entorno inmediato de un usuario, sin intervenir completamente el recinto ni sustituir su acondicionamiento arquitectónico general.
 6. Probeta: Muestra fabricada para realizar una evaluación experimental. En esta memoria corresponde a las configuraciones utilizadas para comparar materiales, geometrías y soluciones constructivas bajo un mismo montaje acústico.
 7. Reconfigurable: Capacidad de un producto o sistema para modificar su forma o disposición según la situación de uso. En esta memoria se relaciona con la posibilidad de orientar los módulos de la pantalla para modificar la dirección y el grado de separación respecto del entorno.
 8. Resguardo acústico parcial: Efecto localizado buscado mediante la pantalla para reducir relativamente interferencias sonoras próximas, sin generar aislamiento acústico completo del usuario.
 9. TAS: Technology Application Selection. Framework utilizado para identificar y seleccionar aplicaciones a partir de una tecnología. En esta memoria estructura el proceso desde la caracterización de las estructuras lattice hasta la selección, desarrollo, evaluación y formulación de la propuesta de valor de la aplicación seleccionada.
 10. TD20: Tiempo de decaimiento de 20 dB. Parámetro utilizado en la experimentación con probetas para determinar el tiempo requerido para que el nivel registrado disminuya 20 dB durante el decaimiento. En esta investigación se emplea con fines comparativos dentro del montaje experimental.
 11. TPU: Thermoplastic Polyurethane. Poliuretano termoplástico. Material flexible utilizado para fabricar las probetas y piezas lattice incorporadas en la configuración final de la pantalla.
 12. TRL: Technology Readiness Level. Escala utilizada para estimar el nivel de madurez tecnológica de una solución. En esta memoria se utiliza para situar el nivel de desarrollo alcanzado por el prototipo, establecido en TRL 6 dentro del criterio adoptado para el proyecto.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	5
GLOSARIO	7
ÍNDICE	9
1 INTRODUCCIÓN	13
1.1 Contexto	13
1.2 Origen del Proyecto	16
1.3 Objetivos	17
1.4 Alcance y delimitación	17
2 METODOLOGÍA	19
2.1 Selección del Technology Application Selection (TAS)	20
2.2 Criterio de selección basado en ISO/ASTM 52910	21
2.3 Correspondencia del Doble Diamante con las fases del TAS	21
2.4 Etapas del TAS	23
3 COMPRENDER	27
3.1 Estructuras lattice	27
3.2 Tipos y clasificación de estructuras lattice	28
3.3 Clasificación por material	30

3.4 Fabricación aditiva	31
3.5 Estado del arte nacional sobre estructuras lattice y materiales porosos	34
3.6 Barreras de adopción y tecnologías competidoras.....	36
3.7 Propiedades Relevantes	40
3.8 Relación entre propiedades, materiales y posibles campos de aplicación	42
3.9 Filtro de viabilidad	44
4 IDEAR	51
4.1 Traducción de propiedades técnicas para la ideación	52
4.2 Selección del foco acústico para la ideación	53
4.3 Lectura del problema desde usuarios y contexto	56
4.4 Principios acústicos de diseño según Ecophon / ISO 22955	63
4.5 Análisis FODA	65
4.6 Referentes de soluciones acústicas	67
4.7 Requerimientos de diseño para la ideación	70
4.8 Wall of Ideas.....	71
4.9 Cluster de Ideas	75
4.10 Definición de recursos y restricciones de fabricación	78

4.11 Matriz Now, How, Wow	80
5 DECIDIR	85
5.1 Propósito de la fase Decidir	86
5.2 Alternativas priorizadas para evaluación	86
5.3 Criterios de evaluación	87
5.4 Ponderación de criterios mediante AHP	88
5.5 Evaluación ponderada de alternativas	90
5.6 Decisión final de la fase Decidir	91
6 DEFINIR I.....	92
6.1 Propósito de la fase Definir	93
6.2 Alcance de la solución seleccionada.....	93
6.3 Actores involucrados	94
6.4 Contexto físico de uso observado	95
6.5 Perfiles de usuario y Jobs to Be Done	97
6.6 Escenarios de uso	100
6.7 Requerimientos finales de diseño	103
6.8 Definición preliminar del producto	108
6.9 Definición técnica de la estructura lattice	112
7 DEFINIR II: EXPERIMENTACIÓN Y DESARROLLO DE LA PANTALLA.....	117
7.1 Propósito de la experimentación y del desarrollo	118

7.2	Diseño experimental	118
7.3	Montaje experimental, equipos y procedimiento	123
7.4	Indicadores de análisis	126
7.5	Resultados experimentales	129
7.6	Definición dimensional de la pantalla ..	138
7.7	Zonificación acústica y configuración de superficies	141
7.8	Evaluación de la cantidad de módulos estructurales	147
7.9	Desarrollo de piezas lattice y sistemas de unión	149
7.10	Arquitectura y componentes de la pantalla	152
7.11	Síntesis de la etapa Definir	158
8	AFILAR: EVALUACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA PROPUESTA .	161
8.1	Propósito y alcance de la etapa Afilar .	162
8.2	Benchmarking y análisis competitivo ...	163
8.3	Configuración técnica consolidada del producto	169
8.4	Fabricación del prototipo	172
8.5	Evaluación acústica del prototipo	176
8.6	Evaluación de usabilidad del prototipo	182
8.7	Contrastación con los requerimientos de diseño	188

8.8	Evaluación de costos de fabricación ...	190
8.9	Factibilidad productiva y oportunidades de optimización	194
8.10	Evaluación integrada de viabilidad	201
8.11	Propuesta de valor	205
8	CONCLUSIONES	212
9.1	Conclusiones en relación con los objetivos específicos	213
9.2	Principales hallazgos del proyecto	215
9.3	Limitaciones del estudio	217
9.4	Siguientes pasos	218
9.5	Cierre final	219
	REFERENCIAS	220
	ANEXO A – Resultados de encuesta a usuarios	226
	ANEXO B – Entrevistas y transcripciones	226
	Entrevista 1 – NOAC	226
	Entrevista 2	230
	Entrevista 3 – Vitacura	233
	ANEXO C – Observaciones de espacios compartidos	236
	C.1 Ficha general de observación	236
	C.2 Actores y dinámica de ocupación	238

C.3 Uso de la mesa y actividades observadas	239
C.4 Objetos presentes sobre la mesa	240
C.5 Comportamiento frente al ruido.....	241
C.6 Medición del mobiliario y del espacio .	242
C.7 Medición del puesto de trabajo	243
C.8 Viabilidad de instalación de la pantalla	243
C.9 Estado desplegado y posibles interferencias.....	244
C.10 Sistema de fijación	244
C.11 Implicancias generales para el diseño	244
ANEXO D – Evaluación AHP y matrices de decisión	245
ANEXO E – Registro fotográfico de probetas experimentales.....	246
ANEXO F – Toma y análisis de datos acústicos	252
ANEXO G – Código de procesamiento de datos acústicos	253
ANEXO H – Testeo Acústico Separador	253
H1 Código	253
H2 Resultados	253
H3 Soportes	254

ANEXO I – Ficha de fabricación Lattice y cotización	254
I1 Ficha fabricación.....	255
I2 Cotización	258
ANEXO J – Protocolos de testeo, consentimiento informado y registro de testeos.....	258
J1Protocolo	259
J2 Consentimiento informado	265
J3 Registro Testeos	265
ANEXO K – Planimetría	265
K1 PL	265
ANEXO L – Selección de la morfología de los módulos	266
L1 Protocolos	266
L2 Registro.....	266
ANEXO M – Tiempo de producción marco prototipo	266

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto

En la gestión de la innovación, los enfoques technology push (TP) y market pull (MP) representan dos formas de abordar el origen de nuevas ideas. El TP parte de avances en investigación o desarrollo tecnológico sin una demanda de mercado predefinida, mientras que el MP surge desde necesidades insatisfechas o problemas identificados en el mercado (Manthey et al., s. f.).

El Technology Application Selection (TAS) fue desarrollado sobre la base del enfoque technology push, incorporando posteriormente herramientas asociadas al market pull para integrar criterios de usuario y mercado durante la definición de aplicaciones (Manthey, s. f.). Ambos enfoques se sitúan dentro del fuzzy front end (FFE), etapa temprana del proceso de innovación caracterizada por un alto nivel de incertidumbre (Manthey et al., s. f.).

En este contexto, el proyecto adopta inicialmente una lógica technology push, ya que parte desde una tecnología emergente — las estructuras lattice— sin una aplicación o mercado previamente definido. La pregunta inicial no corresponde a qué tecnología utilizar para resolver un problema conocido, sino a identificar en qué campos sus propiedades pueden aportar valor mediante una aplicación

de producto. A medida que el proceso avanza, esta exploración tecnológica se complementa con criterios de usuario, contexto, fabricación y evaluación mediante la implementación del framework TAS, permitiendo pasar desde un espacio amplio de posibilidades hacia una aplicación definida, desarrollada y evaluada.

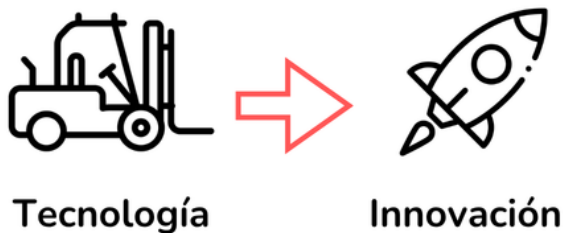


Figura 1 Representación Technology Push

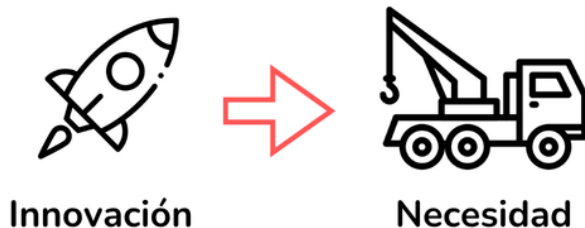


Figura 2 Representación Market Pull

Característica	Technology Push	Market Pull
Origen desencadenante /	Investigación interna o externa, avances tecnológicos	Necesidades insatisfechas de clientes, problemas identificados en el mercado
Foco principal	Actividades de I+D, desarrollo de nuevas tecnologías	Insights de clientes, investigación de mercado
Incertidumbre de mercado	Alta, porque el mercado aún no está definido	Baja, porque se parte de una necesidad conocida
Horizonte temporal	Largo plazo	Corto a mediano plazo
Grado de innovación	Alto, innovaciones radicales	Bajo a medio, innovaciones incrementales
Objetivo principal	Generar nuevos campos de aplicación, desarrollar nuevas tecnologías	Satisfacer al cliente, mejorar productos o aplicaciones existentes

Tabla 1 Comparación de enfoques de innovación inspirada en Manthey et al.

1.2 Origen del Proyecto

1.2.1 Motivación Personal

El proyecto se relaciona con una investigación desarrollada previamente en la asignatura Investigación Aplicada, centrada en la evaluación experimental del comportamiento mecánico de estructuras lattice bioinspiradas fabricadas en polímero ABS mediante manufactura aditiva.

Esta investigación buscó determinar cómo distintas configuraciones lattice podían influir en el comportamiento mecánico de piezas fabricadas mediante FDM, en comparación con configuraciones geométricas convencionales. A partir de esta experiencia surgió el interés por profundizar en las estructuras lattice, ampliando la exploración desde su comportamiento mecánico hacia la identificación de nuevas oportunidades de aplicación en el diseño de productos.

1.2.2 Interés por las Estructuras Lattice como tecnología emergente

El interés por la manufactura aditiva comenzó previamente durante el proyecto Rescate en la Montaña, desarrollado en el Taller de Productos VI durante 2024. La participación en el modelado 3D y fabricación de sus componentes permitió explorar las posibilidades de la impresión 3D para materializar geometrías complejas,

incluyendo piezas entrelazadas como los pass-through.



Ilustración 1 Componentes Rescate en la Montaña

Posteriormente, durante la definición del tema para Investigación Aplicada, esta exploración condujo al estudio de las estructuras lattice, cuya complejidad geométrica puede fabricarse mediante manufactura aditiva y permite modificar características como el peso y la distribución de cargas. Este antecedente dio origen al interés por estudiar las lattice no solo como una geometría, sino como una tecnología con propiedades funcionales capaces de generar distintas oportunidades de aplicación.

1.3 Objetivos

General: Determinar una aplicación de estructuras lattice con potencial para el desarrollo de productos, mediante la implementación sistemática del framework Technology Application Selection (TAS), integrando criterios técnicos, de usuario, contexto y fabricación para orientar una propuesta de producto.

En base a esto surge la pregunta de investigación: ¿Cómo puede estructurarse sistemáticamente la selección de aplicaciones para estructuras lattice desde una lógica technology push, integrando criterios técnicos, de usuario, contexto y fabricación, hasta desarrollar y evaluar una propuesta de producto?

Y se trabaja bajo la hipótesis: La aplicación sistemática del framework Technology Application Selection, integrando criterios técnicos, de usuario, contexto y fabricación, permite reducir progresivamente la incertidumbre propia del enfoque technology push y orientar las estructuras lattice hacia aplicaciones donde su complejidad geométrica aporte una función verificable dentro del producto.

Objetivo específico 1: Caracterizar las funciones técnicas de las estructuras lattice para generar un catálogo de aplicaciones

donde sus propiedades aporten un valor superior a los materiales convencionales

Objetivo específico 2: Definir una aplicación de producto y la configuración de estructura lattice más pertinente, según sus propiedades funcionales, factibilidad de fabricación y potencial de diferenciación

Objetivo específico 3: Desarrollar un prototipo funcional de la aplicación seleccionada y validarlo experimentalmente con usuarios potenciales, alcanzando un nivel de madurez tecnológica TRL 5-6 (validación de componente en entorno relevante)

1.4 Alcance y delimitación

El proyecto abarca desde la caracterización técnica de las estructuras lattice y la exploración sistemática de posibles campos de aplicación hasta la definición y desarrollo de una propuesta de producto basada en la aplicación seleccionada mediante el framework TAS.

El alcance contempla la integración de criterios técnicos, de usuario, contexto y fabricación, junto con el desarrollo de un prototipo funcional y su evaluación en condiciones representativas del entorno de uso. A partir de este proceso se busca formular una propuesta de valor y un perfil competitivo para la aplicación seleccionada,

con el propósito de alcanzar un nivel de madurez tecnológica comprendido entre TRL 5 y TRL 6.

La evaluación considera el funcionamiento integrado del prototipo, su interacción con usuarios potenciales y su comportamiento acústico relativo. No obstante, las mediciones acústicas desarrolladas presentan un carácter exploratorio y no corresponden a una certificación normalizada del producto.

El proyecto no contempla el desarrollo de un producto listo para su comercialización ni su implementación a escala industrial, condiciones asociadas a niveles de madurez tecnológica posteriores. Su resultado corresponde a una propuesta de producto desarrollada y evaluada dentro del alcance experimental establecido mediante el proceso TAS.

2 METODOLOGÍA

A partir del enfoque technology push establecido en la contextualización, se seleccionó el Technology Application Selection (TAS) como metodología central para estructurar la identificación, evaluación y desarrollo de posibles aplicaciones para las estructuras lattice.

2.1 Selección del Technology Application Selection (TAS)

El Technology Application Selection (TAS) se seleccionó como metodología central debido a que fue desarrollado para estructurar la identificación de aplicaciones a partir de nuevas tecnologías, respondiendo a la lógica technology push que caracteriza este proyecto (Manthey et al., s. f.).

El framework organiza el proceso en cinco fases, Comprender, Idear, Decidir, Definir y Afilar, las cuales permiten avanzar desde la caracterización de la tecnología hacia la identificación y evaluación de aplicaciones, incorporando progresivamente criterios técnicos, de usuario, contexto y mercado.

Fase	Nombre en español	Propósito principal
1	Comprender (<i>Understand</i>)	Caracterizar la tecnología en profundidad y evaluar sus propiedades fundamentales
2	Idear (<i>Ideate</i>)	Generar un conjunto amplio de ideas de aplicación mediante anclajes de ideación
3	Decidir (<i>Decide</i>)	Evaluar las ideas con criterios definidos y seleccionar la aplicación más prometedora
4	Definir (<i>Define</i>)	Comprender al usuario y sus necesidades en el campo seleccionado (Jobs-to-be-Done)
5	Afilar (<i>Sharpen</i>)	Analizar la competencia, las capacidades propias y formular la propuesta de valor

Tabla 2 Fases del TAS a partir de Manthey (s. f.)

2.2 Criterio de selección basado en ISO/ASTM 52910

La norma ISO/ASTM 52910:2018 establece como principio general que, si una pieza puede fabricarse económicamente mediante un proceso convencional, debe cuestionarse la necesidad de producirla mediante manufactura aditiva (ISO/ASTM International, 2018, sec. 5.1).

Este criterio se incorpora al proceso TAS para evaluar si las estructuras lattice y la manufactura aditiva aportan una ventaja funcional o geométrica que justifique su utilización frente a procesos convencionales. Por lo tanto, se priorizan aplicaciones donde características como la complejidad geométrica, personalización, reducción de material o integración de funciones resulten relevantes y difíciles de reproducir mediante métodos convencionales.

La aplicación final no se establece a priori, sino que surge progresivamente del proceso de exploración y selección desarrollado mediante TAS.

2.3 Correspondencia del Doble Diamante con las fases del TAS

El TAS se complementa con el Doble Diamante como marco explicativo para

representar visualmente la alternancia entre momentos de exploración y convergencia durante el proyecto. Su utilización facilita la comprensión del proceso desde el diseño de productos, donde este modelo es ampliamente reconocido, y permite relacionar la metodología TAS con una lógica de trabajo previamente utilizada durante la formación académica (Design Council, 2007).

Esta correspondencia no implica reemplazar el TAS por el Doble Diamante. El TAS se mantiene como metodología principal, mientras que el Doble Diamante funciona como una representación complementaria de su lógica divergente y convergente. Además, el proceso no se entiende como estrictamente lineal, sino como una estructura que permite iteraciones entre sus distintas fases (Manthey, s. f.).

Fase TAS	Etapas Doble Diamante	Lógica de asociación
Comprender (<i>Understand</i>)	Descubrir (<i>Discover</i>)	Se explora la tecnología, sus propiedades, restricciones y potencial, sin definir aún una aplicación específica
Idear (<i>Ideate</i>)	Descubrir (<i>Discover</i>)	Se amplía el campo de oportunidades mediante la generación de posibles aplicaciones para la tecnología
Decidir (<i>Decide</i>)	Definir (<i>Define</i>)	Se sintetizan y evalúan las alternativas generadas para seleccionar una dirección clara de aplicación
Definir (<i>Define</i>)	Desarrollar (<i>Develop</i>)	Se profundiza en la aplicación seleccionada mediante usuarios, contexto, requerimientos y escenarios de uso
Afilar (<i>Sharpen</i>)	Entregar (<i>Deliver</i>)	Se consolida la propuesta de valor, el posicionamiento y la viabilidad estratégica de la solución

Tabla 3 Correspondencia entre las fases del TAS y las etapas del Doble Diamante a partir de Manthey (s. f.) y Design Council (2007)

2.4 Etapas del TAS

2.4.1 Comprender

La fase Comprender (Understand) busca caracterizar la tecnología antes de definir aplicaciones específicas, estableciendo sus propiedades, restricciones y potencial como base para las etapas posteriores (Manthey, s. f.).

En este proyecto, la fase comprende la revisión de las estructuras lattice, sus tipologías, materiales, procesos de fabricación, barreras de adopción y propiedades funcionales, junto con el análisis del contexto tecnológico nacional. Posteriormente, estas características se someten a un filtro de viabilidad que considera los recursos y capacidades disponibles para determinar qué propiedades pueden continuar hacia la etapa de ideación.

2.4.2 Idear

La fase Idear (Ideate) busca ampliar el campo de oportunidades mediante la generación de posibles aplicaciones a partir de las propiedades identificadas durante Comprender. El proceso combina una etapa divergente de generación de ideas con una primera convergencia orientada a organizar y priorizar las alternativas (Manthey, s. f.).

En el proyecto, las propiedades técnicamente viables se traducen en ejes de ideación, a partir de los cuales se generan y organizan alternativas mediante un Wall of Ideas y su posterior agrupación en clusters. Finalmente, las propuestas se clasifican mediante la matriz Now–How–Wow, considerando su grado de innovación y factibilidad, para determinar cuáles avanzan hacia la fase Decidir.

Cuadrante	Significado	Criterio
How (¿Cómo?)	Ideas que son realistas en cuanto a viabilidad técnica o de implementación.	Baja innovación, alta factibilidad.
Now (Ahora)	Ideas que pueden implementarse en el corto plazo.	Inmediatez, baja complejidad.

Cuadrante	Significado	Criterio
Wow (¡Guau!)	Ideas innovadoras, con alto potencial de impacto.	Alta innovación, factibilidad incierta.
Ciao (Chao)	Ideas que no encajan en las categorías anteriores y se descartan.	Bajo potencial, inviables o irrelevantes.

Figura 3 Cuadrantes matriz How, Now, Wow 2.4.3 Decidir

2.4.3 Decidir

La fase Decidir (Decide) corresponde a la convergencia del proceso, donde las alternativas priorizadas durante Idear son comparadas mediante criterios definidos para seleccionar la aplicación con mayor coherencia respecto a la tecnología y al problema identificado.

En este proyecto, la selección considera criterios relacionados con pertinencia acústica, usuario, contexto, factibilidad de fabricación, usabilidad, integración espacial y diferenciación tecnológica. Estos criterios se ponderan mediante el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y posteriormente se aplican en una matriz de evaluación ponderada para seleccionar la alternativa que avanza hacia Definir.

2.4.4 Definir

La fase Definir (Define) profundiza en la aplicación seleccionada para transformarla desde una alternativa conceptual hacia una propuesta de producto desarrollada. Para ello se incorporan criterios de usuario, contexto físico, escenarios de uso, requerimientos de diseño y variables técnicas asociadas a la estructura lattice.

En esta investigación la fase se divide operativamente en dos partes. Definir I profundiza en usuarios, actores, contexto de uso, escenarios, requerimientos y configuración preliminar del producto. Esta etapa permite establecer qué debe resolver la pantalla y qué condiciones funcionales, espaciales y productivas deben orientar su desarrollo.

Definir II traslada estos criterios hacia decisiones técnicas mediante experimentación comparativa y desarrollo de producto. Se evalúan configuraciones lattice considerando comportamiento acústico relativo, repetibilidad, material, tiempo y exigencias de fabricación, y posteriormente estos resultados se integran con antecedentes antropométricos, espaciales y constructivos para definir dimensiones, zonificación, modularidad, sistemas de unión y arquitectura del producto.

La fase concluye con una configuración técnica suficientemente definida para avanzar hacia la fabricación y evaluación del prototipo completo durante Afilas. Los ensayos realizados en Definir se utilizan como antecedentes comparativos para orientar las decisiones de producto.

2.4.5 Afilas

La fase Afilas (Sharpen) corresponde a la consolidación de la propuesta desarrollada, incorporando criterios de posicionamiento, competencia, capacidades y propuesta de valor. Su propósito es contrastar la solución definida con sus condiciones de implementación y establecer su potencial de desarrollo posterior (Manthey, s. f.).

En esta investigación, Afilas integra la configuración desarrollada durante Definir con

la fabricación y evaluación del prototipo completo. La fase incorpora benchmarking de referentes, documentación de la configuración técnica consolidada, registro de fabricación, evaluación acústica comparativa, evaluación exploratoria de usabilidad y contrastación de los resultados con los requerimientos de diseño.

A partir de esta evidencia se analizan además los costos documentados, las restricciones productivas, las alternativas de optimización y el nivel de madurez tecnológica alcanzado. Finalmente, los resultados técnicos y de usuario se relacionan con el análisis competitivo para formular una propuesta de valor coherente con las prestaciones efectivamente respaldadas por la investigación.

De esta manera, Afilas no se utiliza para generar una nueva configuración desde cero, sino para evaluar la solución integrada, delimitar sus capacidades y restricciones y establecer las condiciones requeridas para continuar su desarrollo.

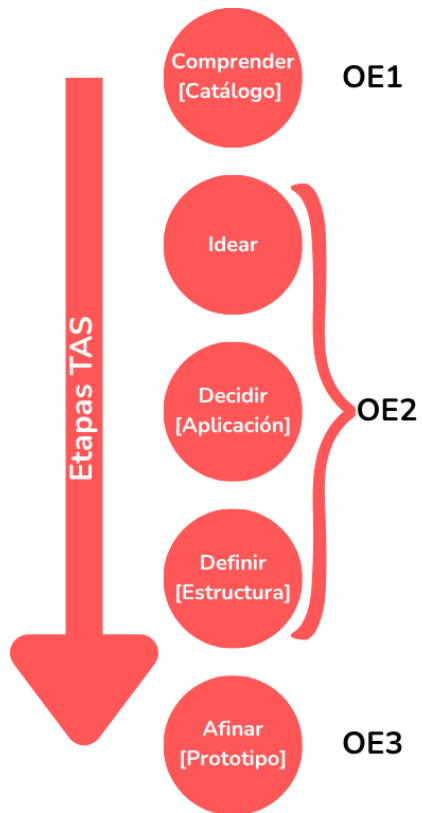


Figura 4 Etapas del TAS y su correspondencia con los objetivos de investigación

3 COMPRENDER

En este capítulo se desarrolla la fase Comprender del framework TAS. Su propósito es caracterizar las estructuras lattice como tecnología de partida, identificando sus principios geométricos, tipos, formas de clasificación, materiales, procesos de fabricación, propiedades relevantes y principales restricciones de implementación.

A diferencia de las etapas posteriores, en esta fase aún no se define una aplicación específica. El foco está en entender qué permite hacer la tecnología, cuáles son sus ventajas frente a soluciones convencionales y qué limitaciones deben considerarse antes de generar oportunidades de aplicación. Esta caracterización funciona como base para la fase Idear, donde las propiedades identificadas se traducen en posibles soluciones de diseño de productos.

3.1 Estructuras lattice

Las estructuras lattice son materiales celulares formados por celdas unitarias interconectadas, distribuidas de manera periódica o aperiódica. A diferencia de las espumas, cuya porosidad es principalmente aleatoria, y de los honeycombs, basados generalmente en patrones bidimensionales extruidos, las lattice presentan una geometría

interna controlada y predecible (Pan et al., 2020).

Esta arquitectura puede mantenerse uniforme o incorporar variaciones graduales, permitiendo ajustar propiedades mecánicas, térmicas, acústicas o biológicas según los requerimientos de diseño (Pan et al., 2020; Raiz et al., 2024). Un parámetro relevante es la densidad relativa, que relaciona la densidad aparente de la estructura con la del material base e influye directamente en su comportamiento (Kechagias et al., 2025).

Desde el diseño de productos, esta capacidad transforma la estructura interna en una variable de diseño, permitiendo distribuir el material dentro de un volumen para modificar peso, rigidez, flexibilidad, porosidad, absorción o interacción con el entorno.



Ilustración 2 Ejemplos de estructuras lattice aplicadas en productos y componentes



Ilustración 3 Diferencias entre estructuras lattice, espumas y panales

3.2 Tipos y clasificación de estructuras lattice

Las estructuras lattice pueden clasificarse según su configuración geométrica, periodicidad y comportamiento estructural. Estas variables determinan la distribución interna del material y condicionan propiedades como resistencia, deformación, permeabilidad y posibilidades de fabricación (Polo et al., 2025; Li et al., 2024).

3.2.1 Estructuras 2.5D

Las estructuras lattice 2.5D se generan mediante la repetición de un patrón bidimensional extendido en una tercera dimensión (Polo et al., 2025; Pan et al., 2020). Su comportamiento suele presentar mayor dependencia de la dirección, por lo que pueden resultar pertinentes en componentes como rejillas, cubiertas, paneles livianos o barreras donde las condiciones de funcionamiento se concentran en planos o

direcciones

determinadas.

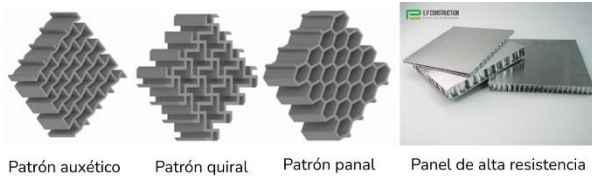


Ilustración 4 Estructuras lattice 2.5D y ejemplo de aplicación en el mercado

3.2.2 Estructuras 3D basadas en struts

Las estructuras lattice 3D basadas en struts están compuestas por barras conectadas mediante nodos. Según la forma en que estas transmiten las cargas, pueden presentar un comportamiento predominantemente stretching-dominated, asociado a mayor rigidez y eficiencia estructural, o bending-dominated, caracterizado por una mayor capacidad de deformación y absorción de energía (Liu et al., 2024; Xie et al., 2025).

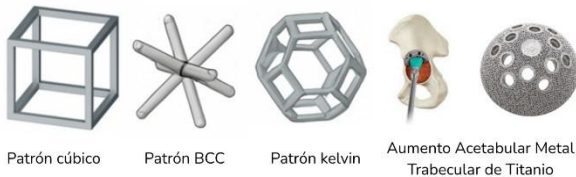


Ilustración 5 Estructuras Lattice basadas en struts y ejemplo de aplicación en el mercado

3.2.3 Estructuras 3D TPMS

Las Triply Periodic Minimal Surfaces (TPMS) corresponden a estructuras de superficies continuas y periódicas, entre las que se

encuentran geometrías como Gyroid, Diamond y Schwarz Primitive. A diferencia de las estructuras basadas en struts, su continuidad geométrica puede reducir concentraciones de tensión y favorecer una distribución más homogénea de esfuerzos (Ejeh et al., 2023; Kechagias et al., 2025; Guan et al., 2025).

Desde el diseño de productos, estas estructuras resultan relevantes por la posibilidad de combinar porosidad, continuidad geométrica y control de propiedades mediante modificaciones de sus parámetros internos.

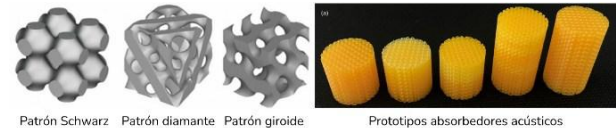


Ilustración 6 Estructuras Lattice TPMS

3.2.4 Estructuras uniformes y gradadas

Según la distribución de sus celdas, las estructuras lattice pueden ser uniformes, cuando mantienen una geometría y densidad constantes, o no uniformes o gradadas, cuando estos parámetros varían dentro de la pieza (Pan et al., 2020).

La gradación permite adaptar distintas zonas según su función, modificando localmente propiedades como rigidez, peso, porosidad, ventilación o interacción acústica. Esta

característica resulta especialmente relevante para el diseño de productos, ya que permite integrar diferentes respuestas funcionales dentro de una misma estructura.

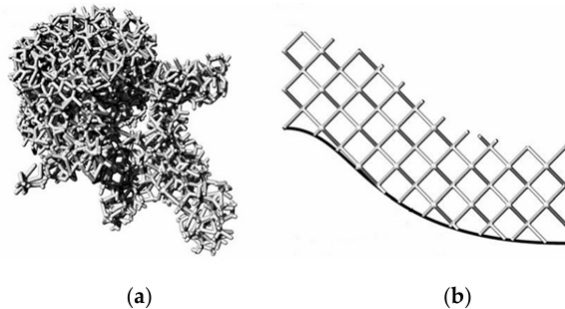


Ilustración 7 Comparación entre lattice no uniforme y lattice uniforme

3.3 Clasificación por material

La fabricación de estructuras lattice puede emplear metales, polímeros y cerámicas, cuya selección depende de la función, proceso de manufactura y condiciones de uso. El material determina propiedades como resistencia, flexibilidad, conductividad y biocompatibilidad, además de influir en la resolución, escala, costo y validación. Por ello, su elección debe considerar de manera integrada la relación entre material, geometría y proceso de fabricación (Polo et al., 2025; Kechagias et al., 2025).

3.3.1 Lattice metálicas

Las lattice metálicas pueden fabricarse en materiales como titanio, acero inoxidable, cobalto-cromo o tantalio, combinando resistencia mecánica, reducción de peso y control de porosidad. Estas características permiten su utilización en aplicaciones biomédicas, aeroespaciales, estructurales y térmicas, donde el alto desempeño puede justificar su complejidad productiva.

Sin embargo, su fabricación suele requerir equipamiento especializado, postprocesos y mayores costos, reduciendo su accesibilidad para proyectos de prototipado con recursos acotados.

3.3.2 Lattice poliméricas

Las lattice poliméricas pueden fabricarse mediante materiales como PLA, TPU, PA12, PEEK, resinas fotosensibles e hidrogeles, utilizando tecnologías como FFF, SLS, SLA, DLP o extrusión directa. Frente a las alternativas metálicas, ofrecen mayor accesibilidad para prototipado, iteración y exploración de propiedades como flexibilidad, ligereza, absorción de energía y deformación controlada.

Entre estos materiales, el PLA destaca por su facilidad de impresión, el PA12 por su resistencia y ligereza, y el TPU por su flexibilidad y capacidad de deformación. Sin

embargo, las estructuras poliméricas presentan menores prestaciones mecánicas y térmicas que las metálicas y pueden estar condicionadas por limitaciones de resolución y anisotropía según el proceso utilizado.

Estas características las hacen especialmente pertinentes para prototipado funcional y desarrollo de productos livianos o flexibles, cuando no se requiere un desempeño estructural extremo

3.3.3 Lattice cerámicas

Las lattice cerámicas utilizan materiales como hidroxiapatita, β -fosfato tricálcico, alúmina, zircona y biovidrios, destacando por propiedades como estabilidad térmica, bioactividad y resistencia química. Estas características permiten aplicaciones principalmente biomédicas, térmicas y en ambientes exigentes.

Sin embargo, su fragilidad y la necesidad de procesos especializados de fabricación y consolidación aumentan su complejidad productiva, limitando su accesibilidad para prototipado convencional.

3.3.4 Implicancias para el diseño de productos

La selección del material no puede separarse de la geometría y del proceso de fabricación. Mientras los metales permiten mayores prestaciones con una infraestructura más

especializada, los polímeros facilitan el prototipado y la iteración, y las cerámicas aportan propiedades específicas con mayores exigencias de procesamiento. Estas diferencias deberán considerarse posteriormente junto con los recursos disponibles y las exigencias de cada posible aplicación.

3.4 Fabricación aditiva

La manufactura aditiva es el principal método para fabricar estructuras lattice, ya que permite producir geometrías internas complejas difíciles de obtener mediante procesos convencionales. Esto facilita controlar variables como el tamaño de celda, porosidad, densidad, conectividad y gradación interna. Sin embargo, cada tecnología aditiva presenta diferentes capacidades y limitaciones en cuanto a materiales, resolución, tamaño de pieza, calidad superficial, soportes y postprocesamiento.

3.4.1 Procesos basados en lecho de polvo

Los procesos basados en lecho de polvo permiten fabricar geometrías lattice complejas mediante fusión o sinterización selectiva. Tecnologías como SLM y EBM se utilizan principalmente con metales para aplicaciones de alto desempeño, aunque requieren equipamiento y postprocesos especializados. Por su parte, SLS permite fabricar estructuras

poliméricas en materiales como PA12 o TPU sin necesidad de soportes adicionales, resultando adecuado para geometrías porosas y series cortas, aunque con limitaciones de acceso, materiales y acabado superficial.



Ilustración 8 Proceso de fusión selectiva por láser

3.4.2 Procesos basados en fotopolimerización

Los procesos de fotopolimerización, como SLA y DLP, permiten fabricar estructuras lattice con alta resolución, paredes delgadas y celdas pequeñas. Son adecuados para prototipos precisos y geometrías porosas complejas, aunque las resinas pueden presentar mayor fragilidad y requieren etapas posteriores de lavado y curado

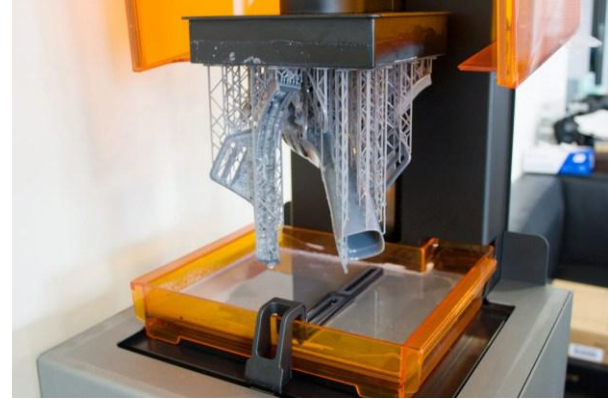


Ilustración 9 Proceso de estereolitografía

3.4.3 Procesos basados en extrusión de material

Los procesos de extrusión de material, especialmente FFF, destacan por su accesibilidad y capacidad de iteración. Esta tecnología permite fabricar estructuras lattice utilizando termoplásticos como PLA, ABS, PETG o TPU, facilitando la exploración de distintas configuraciones geométricas con equipamiento de escritorio. Sin embargo, presenta restricciones asociadas a resolución, anisotropía, continuidad de trayectorias y tiempos de impresión.

Otras tecnologías como DIW permiten trabajar con pastas, tintas e hidrogeles, ampliando las posibilidades hacia materiales cerámicos y biomédicos, aunque requieren condiciones de procesamiento específicas.



Ilustración 10 Proceso de fabricación por filamento fundido

3.4.4 Procesos basados en aglutinante y deposición directa

Procesos como Binder Jetting permiten fabricar geometrías porosas en materiales metálicos o cerámicos mediante la deposición selectiva de un aglutinante. Aunque permiten piezas complejas y de mayor escala, requieren etapas posteriores de consolidación y equipamiento especializado, reduciendo su accesibilidad dentro de proyectos con infraestructura limitada.

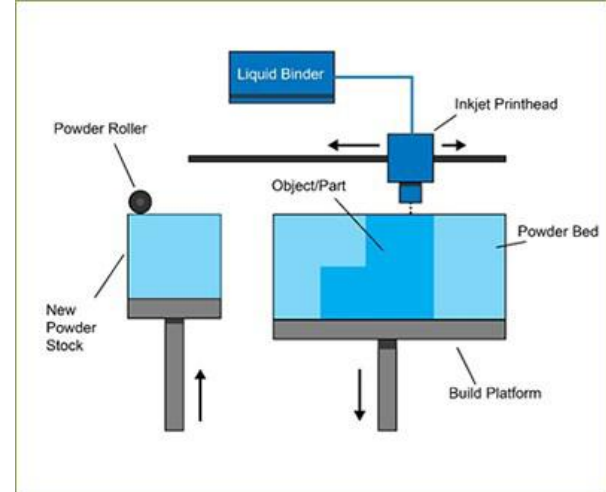


Figura 5 Proceso de inyección de aglutinante

3.4.5 Implicancias para el diseño de productos

La elección del proceso de manufactura aditiva condiciona las geometrías, materiales, resolución y propiedades que pueden alcanzarse. Mientras los procesos metálicos permiten aplicaciones de alto desempeño con mayores costos y requerimientos, tecnologías como FFF, SLA y DLP ofrecen mayor accesibilidad para prototipado, aunque presentan limitaciones de resolución y repetibilidad. Por ello, la viabilidad de una aplicación lattice debe evaluarse considerando conjuntamente geometría, material, proceso y recursos disponibles.

3.5 Estado del arte nacional sobre estructuras lattice y materiales porosos

El desarrollo de estructuras lattice en Chile aún es incipiente en comparación con la literatura internacional. Sin embargo, existen antecedentes en universidades nacionales vinculados con manufactura aditiva, optimización estructural, materiales porosos y diseño paramétrico.

Estos antecedentes no permiten identificar una industria nacional consolidada en torno a estructuras lattice, pero sí evidencian capacidades de modelamiento, fabricación y caracterización que pueden favorecer el desarrollo de futuras aplicaciones. A continuación, se presentan experiencias desarrolladas en la Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad Técnica Federico Santa María.

3.5.1 Universidad de Chile

En la Universidad de Chile se identifican antecedentes asociados a ingeniería y diseño. La memoria de Betanzo Cisterna (2024) desarrolló una metodología para optimizar estructuras reticulares en paneles celulares orientados a la reducción de vibraciones. El trabajo utilizó herramientas de elementos finitos mediante MATLAB/SDT y un algoritmo de optimización particle swarm, evaluando

configuraciones tipo Pratt, Baltimore y mixta. Sus resultados mostraron reducciones de dos a tres órdenes de magnitud en la respuesta en frecuencia dentro de rangos específicos (Betanzo, 2024).

Este antecedente es relevante porque muestra el potencial de las geometrías reticulares para modificar el comportamiento dinámico de un componente mediante decisiones geométricas

Desde el área de diseño, el taller Paracrafting, desarrollado en la Escuela de Diseño de la Universidad de Chile, exploró estructuras tipo lattice utilizando mimbre como material autoportante. El proyecto aplicó principios de diseño paramétrico a técnicas artesanales, generando estructuras reticulares desde un enfoque material y constructivo distinto al de la manufactura aditiva (ArchDaily Team, 2016).



Ilustración 11 Exploración paramétrica de estructuras reticulares en mimbre

Este caso permite reconocer que la lógica lattice no pertenece exclusivamente al ámbito ingenieril. También puede vincularse con materialidad, expresión formal, patrones estructurales y procesos productivos locales.

3.5.2 Pontificia Universidad Católica de Chile

En la Pontificia Universidad Católica de Chile, la memoria de Contreras Salazar (2024) evaluó la resistencia a compresión de estructuras lattice bioinspiradas en la esponja

Euplectella aspergillum, fabricadas mediante impresión 3D de arcilla.

Los resultados mostraron que la celosía FCC presentó mayor resistencia a compresión que la configuración inspirada en la Cesta de Flores de Venus, contradiciendo algunos estudios internacionales realizados con polímeros y metales. Este resultado evidencia que el desempeño de una topología lattice no puede transferirse directamente entre materiales y procesos.

Para esta memoria, este antecedente refuerza una idea central: la geometría, por sí sola, no garantiza un mejor comportamiento. El resultado depende de la relación entre topología, material, proceso de fabricación y calidad de ejecución.

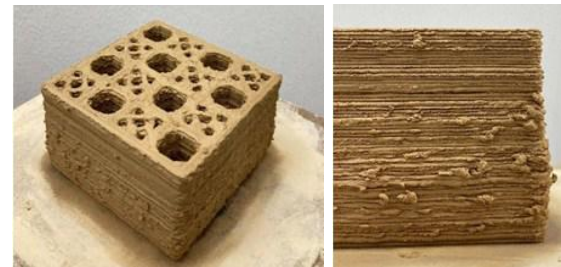


Ilustración 12 Estructuras lattice bioinspiradas fabricadas en arcilla a partir de Contreras Salazar (2024)

3.5.3 Universidad Técnica Federico Santa María

En la Universidad Técnica Federico Santa María, la tesis de Salvo (2017) desarrolló espumas metálicas de aleación Ti-30Nb-13Ta-2Mn mediante pulvimetalurgia, utilizando aleado mecánico, hot pressing y espaciador de NaCl. El trabajo se enfocó en aplicaciones biomédicas y logró módulos elásticos entre 19 y 38 GPa, con porosidades de hasta 33% y tamaños de poro entre 100 y 300 μm , considerados adecuados para procesos de osteointegración.

Aunque este trabajo no corresponde estrictamente a estructuras lattice diseñadas digitalmente, sí aborda materiales porosos con control de estructura interna y aplicaciones biomédicas. Su importancia radica en que demuestra capacidades locales en síntesis de aleaciones base titanio, consolidación por prensado en caliente y caracterización de materiales porosos.

Para el presente proyecto, este antecedente permite situar las estructuras lattice dentro de una línea más amplia de investigación en materiales celulares y porosos. La diferencia principal es que, mientras las espumas metálicas presentan una porosidad menos controlada geométricamente, las lattice permiten diseñar explícitamente la arquitectura interna de la pieza.

3.5.4 Lectura general del contexto nacional

En Chile, las estructuras lattice presentan un desarrollo principalmente académico, con antecedentes vinculados a vibraciones, exploración paramétrica, comportamiento mecánico y materiales porosos. Estos trabajos evidencian capacidades locales de diseño, fabricación y caracterización, pero también una oportunidad para trasladar el conocimiento técnico hacia aplicaciones de producto.

Este escenario refuerza la pertinencia de aplicar TAS desde una lógica technology push, incorporando progresivamente criterios de fabricación, usuario y contexto para identificar oportunidades donde las propiedades lattice puedan aportar valor.

3.6 Barreras de adopción y tecnologías competidoras

Las estructuras lattice presentan barreras técnicas, económicas, productivas y regulatorias que condicionan su implementación. Por ello, su utilización no puede justificarse únicamente por su complejidad geométrica, sino por la existencia de un valor funcional que compense las exigencias asociadas a su diseño y fabricación.

Analizar estas limitaciones junto con las tecnologías capaces de cumplir funciones similares permite identificar las condiciones bajo las cuales una estructura lattice resulta pertinente frente a alternativas más simples o consolidadas.

3.6.1 Limitaciones tecnológicas y de fabricación

La fabricación de estructuras lattice puede presentar defectos asociados a porosidad no deseada, falta de fusión, acabado superficial y precisión dimensional, afectando la reproducibilidad y las propiedades finales de las piezas. Si bien estos problemas pueden reducirse mediante la optimización de parámetros y postprocesos, estas medidas aumentan el tiempo, costo y complejidad de fabricación (Kechagias et al., 2025; Liu et al., 2024).

La resolución constituye otra limitación relevante. Las celdas de dimensiones reducidas, especialmente inferiores a 1 mm, pueden requerir procesos de mayor precisión, aumentando el costo y reduciendo la escalabilidad (Guan et al., 2025). Esta restricción adquiere especial importancia cuando el desempeño depende directamente del tamaño de poro o de la continuidad geométrica.

3.6.2 Barreras económicas

Las estructuras lattice pueden presentar mayores costos y tiempos de fabricación que las soluciones convencionales debido al equipamiento, materiales y postprocesos requeridos. Esto limita su competitividad en productos de gran volumen y favorece aplicaciones donde la personalización, reducción de peso, integración de funciones o desempeño específico compensen estas exigencias (Kechagias et al., 2025).

En este sentido, la reducción de masa reportada para determinadas configuraciones lattice puede alcanzar entre un 30 % y un 55 %, representando una ventaja cuando la ligereza constituye un atributo relevante para el producto (Raiz et al., 2024).

3.6.3 Diseño y conocimiento

La implementación de estructuras lattice también enfrenta dificultades asociadas a la selección y optimización de la topología, ya que su desempeño depende de variables como geometría, densidad y distribución dentro del producto. A esto se suma la falta de estandarización, que dificulta la comparación, certificación y aplicación comercial de distintas configuraciones (Liu et al., 2024; Polo et al., 2025).

Estrategias como la gradación funcional, hibridación y variación de densidad permiten

adaptar localmente el comportamiento de la estructura. Ejeh et al. (2023), por ejemplo, reportaron en una lattice Diamond con gradación combinada aumentos del 193,6 % en módulo elástico y 59,1 % en absorción de energía respecto de la mejor topología uniforme. Esto evidencia que el desempeño depende no solo de seleccionar una geometría, sino también de cómo esta se distribuye dentro del producto.

3.6.4 Barreras regulatorias

Las exigencias regulatorias varían según el campo de aplicación y adquieren especial relevancia en el ámbito biomédico, donde deben considerarse aspectos como biocompatibilidad, comportamiento a largo plazo y validación clínica. Algunos materiales pueden presentar además restricciones asociadas a liberación de iones o compatibilidad biológica (Kechagias et al., 2025).

Debido a que muchas investigaciones permanecen en etapas in vitro o experimentales, avanzar hacia aplicaciones clínicas requiere procesos de validación y cumplimiento regulatorio que exceden las capacidades habituales de un proyecto de diseño con recursos acotados (Polo et al., 2025).

3.6.5 Limitaciones de los materiales

Cada familia de materiales introduce restricciones específicas que condicionan sus aplicaciones. Los metales pueden requerir postprocesos complejos y determinadas aleaciones presentan restricciones de biocompatibilidad; las cerámicas presentan mayor fragilidad frente a impacto, flexión o cargas cíclicas; mientras que algunos metales biodegradables presentan dificultades para controlar su velocidad de degradación (Polo et al., 2025; Kechagias et al., 2025).

Estas limitaciones refuerzan la necesidad de seleccionar conjuntamente material, geometría, proceso de fabricación y aplicación, evitando evaluar la estructura lattice de manera aislada.

3.6.6 Tecnologías sustitutas

Las estructuras lattice compiten con tecnologías consolidadas como espumas, honeycombs, materiales sólidos y compuestos, además de componentes producidos mediante procesos convencionales. Estas alternativas pueden ofrecer menores costos, mayores velocidades de fabricación o un mayor grado de validación, mientras que las lattice permiten un control más preciso de la geometría interna y la distribución del material.

La Tabla 5 compara estas alternativas considerando sus principales ventajas y limitaciones, permitiendo identificar situaciones donde la utilización de una estructura lattice puede aportar una diferenciación funcional.

Tecnología sustituta	Ventaja frente a lattice	Desventaja frente a lattice
Espumas metálicas o poliméricas	Bajo costo en grandes volúmenes y fabricación más simple	Porosidad aleatoria, menor control topológico y menor resistencia específica (Pan et al., 2020)
Honeycombs o panales 2.5D	Alta rigidez fuera del plano y bajo peso	Alta anisotropía, baja permeabilidad y conectividad limitada (Polo et al., 2025)
Materiales sólidos convencionales	Procesos conocidos, menor complejidad y menor costo en geometrías simples	Mayor peso e imposibilidad de integrar porosidad controlada
Materiales compuestos	Alta resistencia específica y rigidez	Menor control de porosidad y menor integración de funciones internas (Polo et al., 2025)
Procesos no aditivos	Menor costo y mayor velocidad para geometrías simples	Limitaciones para fabricar geometrías internas complejas y mayor desperdicio de material

Tabla 4 Comparación entre estructuras lattice y tecnologías sustitutas

3.6.7 Implicancias para el proyecto

Las estructuras lattice no constituyen una solución universal y su utilización debe justificarse frente a alternativas como

espumas, honeycombs o materiales sólidos. Por ello, las aplicaciones seleccionadas deberán aprovechar características como geometría controlada, reducción de material,

personalización o integración de funciones, evitando incorporar la tecnología únicamente por su novedad.

Este criterio se utiliza posteriormente para determinar si las oportunidades generadas presentan una diferenciación funcional suficiente frente a tecnologías competidoras.

3.7 Propiedades Relevantes

Las propiedades de las estructuras lattice dependen tanto del material base como de su arquitectura interna, incluyendo variables como topología, tamaño de celda, densidad, porosidad y gradación. Para esta memoria se agrupan en cuatro áreas cómo mecánicas, térmicas, acústicas y biológicas, con el propósito de identificar aquellas que presentan mayor potencial para generar aplicaciones de producto

3.7.1 Propiedades mecánicas

Las estructuras lattice permiten modificar propiedades como rigidez, resistencia, deformación y absorción de energía mediante su geometría interna. Las configuraciones stretching-dominated tienden a favorecer una mayor rigidez, mientras que las bending-dominated permiten mayores niveles de deformación y absorción de energía (Liu et al., 2024; Kechagias et al., 2025).

La porosidad y distribución del material también permiten modificar la relación entre peso y resistencia, mientras que estrategias como la gradación funcional pueden generar respuestas diferenciadas dentro de una misma estructura (Pan et al., 2020; Xie et al., 2025; Ejeh et al., 2023).

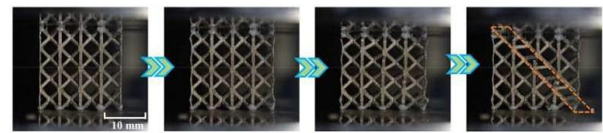


Ilustración 13 Deformación secuencial de lattice a partir de Xie et al., (2025)

3.7.2 Propiedades térmicas

Las estructuras lattice presentan potencial térmico debido a su alta relación entre área superficial y volumen, que puede favorecer la conducción y convección de calor. Su comportamiento puede ajustarse mediante la fracción de volumen, topología y tamaño de celda, dependiendo de la aplicación térmica requerida (Catchpole-Smith et al., 2019; Belcher & Schunk, 2019). También pueden utilizarse materiales cerámicos para condiciones de alta temperatura (Pelanconi et al., 2021). Sin embargo, estas aplicaciones suelen requerir materiales y procesos especializados, lo que puede limitar su experimentación en proyectos con recursos de prototipado acotados.

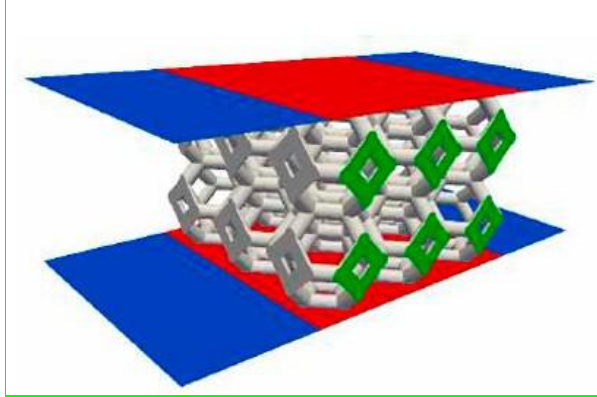


Ilustración 14 Lattice en intercambio térmico a partir de Pelanconi et al. (2021)

3.7.3 Propiedades acústicas

Las estructuras lattice pueden favorecer la absorción acústica mediante su geometría porosa, disipando la energía sonora a través de cavidades, canales y superficies internas (Li et al., 2024). Su comportamiento puede orientarse a frecuencias específicas mediante resonancia Helmholtz o a una absorción de banda ancha. Factores como la porosidad, el tamaño de celda, la topología y su gradación influyen directamente en el desempeño; estructuras con porosidad gradada han alcanzado coeficientes medios superiores a 0,94 entre 500 y 6000 Hz (Guan et al., 2025). Esto permite desarrollar soluciones que integren absorción acústica, ligereza y función estructural, aunque requieren validación experimental para comprobar su desempeño.

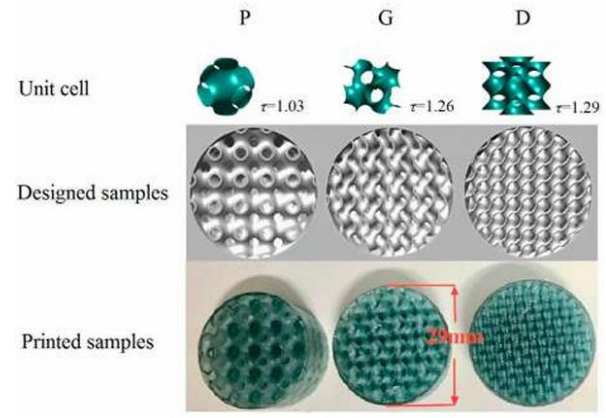


Ilustración 15 Lattice aplicadas a absorción acústica a partir de Yang et al. (2020)

3.7.4 Propiedades biológicas

En aplicaciones biomédicas, las estructuras lattice permiten desarrollar implantes y scaffolds con porosidad interconectada, favoreciendo la migración celular, vascularización y osteointegración. El tamaño de poro es clave, con rangos de 300 a 600 μm especialmente favorables (Davoodi et al., 2021). Además, permiten reducir el stress shielding al adaptar el módulo elástico del implante a valores más cercanos a los del hueso. Sin embargo, estas aplicaciones requieren materiales biocompatibles, fabricación controlada y validaciones especializadas, lo que limita su desarrollo en proyectos con infraestructura acotada.



Ilustración 16 Aumento acetabular

3.7.5 Lectura general de propiedades para el proyecto

La revisión muestra que las estructuras lattice funcionan como una plataforma geométrica adaptable, cuyo comportamiento depende de la interacción entre topología, material, proceso y escala. Las propiedades mecánicas, térmicas, acústicas y biológicas presentan oportunidades de aplicación diferenciadas, pero también distintas exigencias de fabricación y validación.

Por ello, la existencia de una propiedad técnicamente atractiva no implica por sí sola que pueda desarrollarse dentro del proyecto. El siguiente análisis relaciona estas propiedades con materiales, procesos y campos de aplicación antes de evaluar su viabilidad respecto de los recursos disponibles.

3.8 Relación entre propiedades, materiales y posibles campos de aplicación

Las propiedades identificadas deben analizarse conjuntamente con el material, proceso de fabricación, escala y método de validación, ya que una misma estructura lattice no puede trasladarse indistintamente a cualquier producto. Esta relación permite vincular sus características técnicas con campos de aplicación donde puedan generar un valor funcional.

Las propiedades mecánicas permiten orientar aplicaciones hacia estructuras livianas, absorción de energía y protección; las propiedades acústicas hacia soluciones porosas destinadas al acondicionamiento sonoro; las térmicas hacia intercambio y disipación de calor; y las biológicas hacia implantes y scaffolds. Sin embargo, cada campo presenta requerimientos diferentes de material, fabricación y validación.

La Tabla 6 sintetiza estas relaciones y permite comparar las principales condiciones asociadas a cada campo.

La relación entre propiedades, materiales y campos de aplicación permite observar que cada oportunidad lattice depende de una combinación específica de variables. No basta

con identificar una propiedad atractiva; es necesario verificar si existe un material capaz de expresarla, un proceso capaz de fabricarla

y un contexto donde esa propiedad entregue valor.

Campo de aplicación	Propiedad principal	Materiales asociados	Procesos más frecuentes	Lectura para diseño
Estructural y alta resistencia	Rigidez específica, resistencia a compresión, bajo peso	Ti-6Al-4V, acero 316L, CoCrMo	SLM, EBM	Alto desempeño, pero requiere infraestructura industrial
Protección y absorción de energía	Deformación controlada, absorción de impacto, recuperación	TPU, PA12, Ti-6Al-4V	FFF, SLS, SLM	Pertinente para productos de contacto, protección y amortiguación
Acústica	Absorción sonora, porosidad, tortuosidad, gradación	PLA, TPU, PA12, resinas	FFF, SLS, DLP, SLA	Potencial para soluciones livianas, porosas y personalizables
Térmica	Conductividad aparente, área superficial, intercambio de calor	Ti-6Al-4V, acero, Si-SiC, Al ₂ O ₃	SLM, EBM, BJ, DIW	Alto potencial técnico, baja accesibilidad experimental
Biomédica	Osteointegración, control de porosidad, reducción de stress shielding	Ti-6Al-4V, PCL, PEEK, HAp, β-TCP	SLM, EBM, FFF, DIW, BJ	Alto valor funcional, pero requiere validación especializada

Tabla 5 Relación entre propiedades, materiales y campos de aplicación lattice

La comparación muestra que el potencial de una aplicación lattice no depende únicamente de una propiedad favorable, sino de la existencia de una combinación coherente entre función, material, proceso de fabricación y posibilidades de validación. Las aplicaciones estructurales y biomédicas pueden ofrecer altos niveles de desempeño, pero requieren procesos y validaciones más especializados; en cambio, las aplicaciones de absorción de

energía y acústica presentan alternativas compatibles con materiales poliméricos y procesos de fabricación más accesibles.

Esta diferencia permite avanzar desde la identificación de campos técnicamente posibles hacia un filtro de viabilidad, donde se contrastan estas oportunidades con las capacidades reales disponibles para el proyecto.

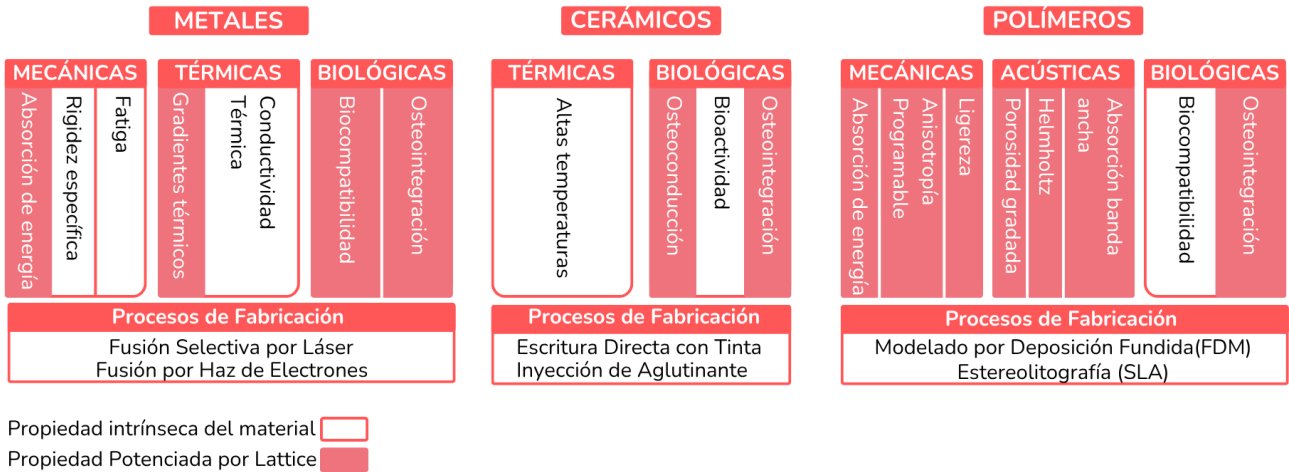


Ilustración 17 Correspondencia de propiedades por materialidad

3.9 Filtro de viabilidad

El filtro de viabilidad permite acotar las propiedades lattice que pueden explorarse de

manera realista según los recursos, infraestructura y métodos de validación disponibles. Debido a la amplitud de

aplicaciones posibles, algunas requieren materiales, procesos industriales o ensayos especializados fuera del alcance de la memoria. Por ello, el filtro busca reducir el universo de oportunidades antes de la fase Idear, priorizando aquellas que puedan fabricarse y evaluarse dentro de las condiciones reales del proyecto.

3.9.1 Restricciones operativas del proyecto

La viabilidad de los campos identificados está condicionada por los recursos disponibles para el desarrollo experimental de la memoria. Estos incluyen las capacidades de fabricación aditiva accesibles, los materiales disponibles, el equipamiento de ensayo y el tiempo requerido para fabricar y evaluar prototipos.

Estas restricciones no determinan qué propiedades poseen mayor potencial tecnológico en términos generales, sino cuáles pueden ser exploradas y validadas de manera coherente dentro del alcance del proyecto. Las restricciones principales son:

- Ejecución individual del proyecto, sin apoyo técnico extendido
- Recursos económicos limitados
- Acceso acotado a infraestructura de fabricación avanzada

- Ausencia de procesos industriales como SLM, EBM, SLS, Binder Jetting con sinterizado o fabricación cerámica especializada
- Disponibilidad de procesos de manufactura aditiva accesibles, principalmente FFF y, de manera potencial, DLP/SLA de escritorio
- Disponibilidad de materiales poliméricos, principalmente PLA, TPU y resinas fotosensibles
- Posibilidad de realizar ensayos exploratorios comparativos, pero no certificaciones técnicas normalizadas de alto costo

Las tecnologías accesibles para el proyecto se concentran principalmente en FFF y potencialmente DLP/SLA, utilizando materiales como PLA, TPU y resinas fotosensibles. Esta delimitación permite priorizar propiedades que puedan explorarse mediante prototipos fabricables, descartando aquellas que requieran infraestructura o métodos de validación fuera del alcance de la memoria.

3.9.2 Propósito del filtro

El filtro busca determinar qué propiedades lattice pueden orientar la fase de ideación

según los recursos disponibles, funcionando como una decisión metodológica de alcance y no como una evaluación técnica exhaustiva. Para ello, cada propiedad se clasifica como

abordable, parcialmente abordable o no abordable, considerando los materiales, procesos y recursos disponibles en la memoria

.Categoría	Significado
Abordable	La propiedad puede implementarse o explorarse con los materiales y procesos disponibles, principalmente FFF o DLP/SLA utilizando PLA, TPU o resinas. No requiere equipos industriales ni materiales especializados
Parcialmente abordable	La propiedad puede demostrarse de manera limitada o aproximada con los recursos disponibles, pero su validación completa exigiría materiales, procesos o ensayos no disponibles
No abordable	La propiedad requiere materiales, procesos o equipos de validación fuera del alcance del proyecto, como metales procesados por SLM/EBM, cerámicas sinterizadas, SLS industrial, ensayos clínicos o mediciones normalizadas especializadas

Tabla 6 Categorías utilizadas en el filtro de viabilidad

Esta clasificación permite mantener una lectura realista de la tecnología. Una propiedad puede ser atractiva desde la literatura, pero si no puede fabricarse, medirse o validarse dentro del proyecto, no debe orientar la generación principal de aplicaciones.

3.9.3 Viabilidad de propiedades mecánicas
 Las propiedades mecánicas presentan una viabilidad experimental favorable, ya que pueden explorarse mediante estructuras poliméricas fabricadas por FFF y evaluarse mediante ensayos de comportamiento mecánico. Esto permite estudiar variables como deformación, resistencia y absorción de

energía sin requerir necesariamente procesos industriales especializados.

Sin embargo, aplicaciones estructurales de alto desempeño que dependan de metales, procesos como SLM o EBM y certificaciones

específicas quedan fuera de las capacidades inmediatas del proyecto. Por ello, la exploración mecánica resulta viable principalmente en aplicaciones de protección, amortiguación o interacción con el usuario compatibles con materiales poliméricos.

Propiedad	Material requerido	Proceso requerido	Viabilidad
Rigidez específica	Ti-6Al-4V, acero 316L, PA12, PLA	SLM, SLS, FFF	Parcialmente abordable
Absorción de energía bajo impacto	TPU, PA12, Ti-6Al-4V	FFF, SLS, SLM	Abordable
Fatiga	Ti-6Al-4V, CoCr, CP-Ti	SLM, EBM	No abordable
Anisotropía programable	Polímeros rígidos, resina, PLA	FFF, DLP/SLA	Abordable

Tabla 7 Viabilidad de propiedades mecánicas

3.9.4 Viabilidad de propiedades térmicas

Las propiedades térmicas presentan interés técnico, pero su exploración requiere controlar variables como transferencia de calor, temperatura, flujo y propiedades térmicas del material. Las aplicaciones de mayor desempeño utilizan además materiales

metálicos o cerámicos y procesos de fabricación especializados.

Debido a estas exigencias de fabricación y validación, el desarrollo térmico presenta una menor viabilidad experimental dentro de los recursos disponibles, por lo que no se prioriza para continuar hacia Idear

Propiedad	Material requerido	Proceso requerido	Viabilidad
Conductividad térmica	Metales, Hastelloy-X, Ti-6Al-4V	SLM	No abordable
Gradientes de conductividad térmica	Metales	SLM	No abordable
Lattice cerámicas para alta temperatura	Si-SiC, Al ₂ O ₃ , ZrO ₂	Réplica, BJ, DIW y sinterizado	No abordable

Tabla 8 Viabilidad de propiedades térmicas

3.9.5 Viabilidad de propiedades acústicas

Las propiedades acústicas presentan una alternativa compatible con estructuras poliméricas y procesos de manufactura aditiva accesibles. Variables como porosidad, tamaño de celda, topología y gradación pueden modificarse mediante diseño

paramétrico y fabricación aditiva, permitiendo comparar distintas configuraciones.

Además, su exploración permite vincular las características geométricas de las lattice con problemas de acondicionamiento y control acústico aplicables al diseño de productos. Aunque una caracterización acústica normalizada requiere equipamiento especializado, es posible desarrollar evaluaciones comparativas que permitan orientar decisiones de diseño dentro del alcance de la memoria.

Por estas razones, las propiedades acústicas presentan una viabilidad favorable para continuar hacia la fase Idear.

Propiedad	Material requerido	Proceso requerido	Viabilidad
Absorción por resonancia Helmholtz	Polímeros rígidos, resina, PLA	DLP/SLA, FFF	Abordable
Absorción tipo espuma	TPU, PLA	FFF	Abordable

banda ancha			
Optimizaci ón de porosidad gradada	Polímer os rígidos, resina, PLA o TPU	DLP/SL A, FFF	Abordab le

Tabla 9 Viabilidad de propiedades acústicas

3.9.6 Viabilidad de propiedades biológicas

Las propiedades biológicas presentan un alto potencial funcional, especialmente en aplicaciones de implantes y scaffolds. Sin embargo, su desarrollo requiere materiales biocompatibles, control de fabricación, ensayos biológicos y procesos regulatorios especializados.

Estas exigencias exceden las capacidades de validación disponibles para el proyecto, por lo que las aplicaciones biológicas no continúan hacia la fase Idear, sin que ello implique descartar su potencial tecnológico en otros contextos.

Propiedad	Materi al requerido	Proceso requerido	Viabilidad
Osteointeg ración y control de porosidad	Ti-6Al- 4V, PCL, HAp	SLM, FFF, BJ	Parcial mente abordab le
Reducción del stress shielding	Ti-6Al- 4V	SLM	No abordab le
Recubrimi entos bioactivos	HAp, coláge no, TiO ₂	Inmersión , procesos electroquí micos	No abordab le

Tabla 10 Viabilidad de propiedades biológicas

3.9.7 Propiedades que superan el filtro

A partir del análisis anterior, las propiedades que superan completamente el filtro de viabilidad son aquellas clasificadas como abordables. Estas propiedades pueden ser exploradas con los procesos y materiales disponibles, ya sea mediante prototipos fabricados por FFF o mediante tecnologías DLP/SLA.

Propiedad	Familia
Absorción de energía bajo impacto	Mecánica
Anisotropía programable	Mecánica
Absorción por resonancia Helmholtz	Acústica
Absorción tipo espuma o banda ancha	Acústica
Optimización de porosidad gradada	Acústica

Tabla 11 Propiedades lattice que superan el filtro de viabilidad

Estas propiedades constituyen la base para la fase Idear del framework TAS. Las propiedades parcialmente abordables pueden considerarse como antecedentes o posibilidades secundarias, pero no deben orientar el foco principal del proyecto. Las propiedades no abordables se descartan para el desarrollo principal de esta memoria, aunque pueden mantenerse como oportunidades futuras para investigaciones con mayor infraestructura, colaboración externa o equipamiento especializado.

3.9.8 Implicancias del filtro para la fase Idear

Como resultado de la fase Comprender, la búsqueda de aplicaciones se concentra en oportunidades asociadas a propiedades mecánicas y acústicas, manteniendo todavía abierto el tipo de producto a desarrollar.

Estas propiedades funcionan como puntos de partida para la fase Idear, donde se traducirán desde características técnicas hacia posibles funciones y contextos de uso. La selección posterior no dependerá únicamente del desempeño potencial de la estructura lattice, sino también de la existencia de problemas relevantes para usuarios, posibilidades de diferenciación frente a soluciones convencionales y compatibilidad con los recursos de fabricación disponibles.

De esta manera, el proceso avanza desde una exploración amplia de las capacidades de las estructuras lattice hacia un espacio de oportunidades más acotado, sin definir todavía una solución específica.

4 IDEAR

En este capítulo se desarrolla la fase Idear del framework TAS, cuyo propósito es transformar las propiedades abordables identificadas durante Comprender en oportunidades de aplicación vinculadas con situaciones concretas de uso.

A partir de las propiedades mecánicas y acústicas que superaron el filtro de viabilidad, se exploran posibles beneficios, aplicaciones y contextos, incorporando progresivamente antecedentes de mercado y necesidades de usuarios. Este proceso permite reducir el espacio de oportunidades antes de generar y priorizar alternativas de producto.

4.1 Traducción de propiedades técnicas para la ideación

Una vez aplicado el filtro de viabilidad, las propiedades seleccionadas deben traducirse desde un lenguaje técnico hacia posibles beneficios y situaciones de uso. Esta traducción permite conectar las capacidades

de las estructuras lattice con oportunidades de diseño sin definir todavía una solución específica.

La Tabla 13 relaciona cada propiedad con aquello que permite realizar, posibles manifestaciones en productos y el valor que podría entregar al usuario.

Propiedad	¿Qué permite hacer?	Posible manifestación en producto	Valor para el usuario
Absorción de energía bajo impacto	Deformarse de forma controlada para absorber golpes	Suelas, cascos, protecciones, embalajes	Mayor protección con menor peso
Anisotropía programable	Responder distinto según la dirección de la fuerza	Férulas, prótesis, asientos, apoyos flexibles	Adaptación al cuerpo o al uso específico
Resonancia Helmholtz	Reducir una frecuencia específica	Insertos para ductos, motores, campanas o equipos	Disminución de zumbidos puntuales
Absorción tipo espuma o banda ancha	Reducir energía sonora en un rango amplio de frecuencias	Paneles, separadores, biombos, módulos de escritorio	Menor reverberación y mayor confort acústico
Porosidad gradada e integración estructural	Combinar zonas con distinta porosidad, densidad o rigidez	Panel con bordes reforzados, núcleo poroso y zonas flexibles	Integración de absorción, ligereza,

			autoportancia y adaptación formal
--	--	--	-----------------------------------

Tabla 12 Traducción de propiedades lattice hacia oportunidades de diseño

A partir de esta traducción se distinguen dos líneas principales de exploración. La primera corresponde a aplicaciones mecánicas, asociadas a protección, amortiguación, ergonomía y soporte; la segunda corresponde a aplicaciones acústicas, orientadas al control sonoro y reducción de reverberación. En ambos casos, las estructuras lattice permiten modificar la respuesta mediante su geometría interna, aunque presentan diferentes exigencias de fabricación, validación y diferenciación frente a soluciones existentes.

4.2 Selección del foco acústico para la ideación

A partir de las propiedades mecánicas y acústicas identificadas como oportunidades de aplicación, se realizó una exploración complementaria para determinar cuál de estas líneas presentaba mayor pertinencia para continuar la fase Idear. Para ello se consideraron conversaciones exploratorias, aplicaciones lattice existentes, productos convencionales competidores y las posibilidades de validación dentro de los recursos disponibles.

4.2.1 Exploración inicial de aplicaciones

Conversaciones exploratorias con estudiantes de diseño y un profesor de arquitectura permitieron identificar posibles aplicaciones para las estructuras lattice, destacando el ámbito acústico en espacios universitarios y de trabajo compartido. En estos contextos, el sonido influye en la concentración, convivencia y calidad de uso del espacio.

Además, se identificó una oportunidad para desarrollar soluciones acústicas removibles, adaptables o integradas al mobiliario, evitando intervenciones arquitectónicas permanentes.



Ilustración 18 Referencia de espacio compartido

4.2.2 Aplicaciones lattice existentes en productos deportivos

De forma paralela al interés identificado en el ámbito acústico, se revisaron aplicaciones lattice existentes en protección, plantillas y calzado, incluyendo ERT Lattices, desarrollos mediante LutraCAD y Adidas 4DFWD. Estos antecedentes muestran que la geometría lattice puede aportar flexibilidad, soporte, absorción de energía, distribución de cargas y reducción de peso cuando estas funciones justifican las exigencias de la manufactura aditiva (Elisava, s. f.; Den Otter & Haeefe, 2023; Adidas Chile, s. f.).

4.2.3 Comparación con productos deportivos convencionales

Para contrastar esta línea se revisaron productos de protección convencionales disponibles en el mercado chileno, desde alternativas especializadas como Fox Proframe RS y Leatt 1.5 hasta cascos y protecciones de entrada. La comparación muestra un campo consolidado, con soluciones industriales orientadas a seguridad y desempeño y con costos difíciles de igualar mediante manufactura aditiva; por ello, una aplicación lattice requeriría una diferenciación funcional clara para justificar su mayor complejidad productiva (Trailstore, s. f.; Ebess, s. f.; Faucon Bikes, s. f.; Decathlon Chile, s. f.; Sparta, s. f.).

4.2.4 Evaluación de la oportunidad mecánica

Las propiedades mecánicas de las estructuras lattice mantienen potencial en productos de protección, amortiguación y soporte. Sin embargo, esta línea presenta menor compatibilidad con el alcance del proyecto debido a la presencia de soluciones convencionales consolidadas, la dificultad de competir en costo y escala mediante manufactura aditiva y las exigencias específicas de seguridad asociadas a productos de protección. Por estas razones, no se prioriza como foco principal de la memoria.

4.2.5 Evaluación de la oportunidad acústica

Las propiedades acústicas representan una segunda línea de aplicación para las estructuras lattice, particularmente a partir de características como la porosidad, superficie interna y posibilidad de controlar la geometría. Estas variables permiten explorar configuraciones orientadas a modificar la interacción entre la estructura y el sonido, manteniendo además características como ligereza y autoportancia.

A diferencia de la línea mecánica, cuya revisión mostró una presencia consolidada de soluciones deportivas convencionales y aplicaciones lattice existentes, las conversaciones exploratorias permitieron

identificar una posible oportunidad acústica en universidades y espacios de trabajo compartido, donde el sonido puede afectar la concentración, convivencia y calidad de uso.

En estos contextos surgió el interés por explorar soluciones locales, removibles o adaptables, capaces de intervenir el entorno inmediato sin requerir modificaciones permanentes del espacio. Esta relación entre las capacidades geométricas de las estructuras lattice y una posible necesidad de uso permite considerar el ámbito acústico como una línea pertinente para continuar la fase Idear.

Sin embargo, en este punto todavía no se define una tipología de producto ni un contexto específico de intervención. Para ello, resulta necesario profundizar en los usuarios, las fuentes de molestia sonora y las características de los distintos espacios considerados.

4.2.6 Comparación y selección del foco

La comparación de ambas líneas permite priorizar las propiedades acústicas como foco para continuar la fase Idear. Esta decisión no implica descartar el potencial de las aplicaciones mecánicas, sino reconocer las condiciones identificadas durante su exploración. La revisión de productos deportivos mostró que las estructuras lattice

ya presentan aplicaciones en protección, calzado y amortiguación, mientras que las soluciones convencionales disponibles conforman un campo consolidado en el que una propuesta lattice tendría que demostrar ventajas funcionales suficientes para justificar su mayor complejidad productiva.

En paralelo, las conversaciones exploratorias permitieron identificar una oportunidad de profundización en el ámbito acústico, particularmente en espacios universitarios y de trabajo compartido. Esta línea presenta una relación directa con características de las estructuras lattice identificadas previamente, como la porosidad, superficie interna, ligereza y control geométrico, que podrían adquirir valor en soluciones destinadas a interactuar con el sonido.

Por estas razones, se selecciona el ámbito acústico como dirección para continuar la exploración. Esta decisión no define todavía una tipología de producto ni un contexto específico de intervención, sino que establece el campo sobre el cual se profundizará en las siguientes etapas de la fase Idear.

A partir de esta selección, el proyecto avanza hacia el análisis de usuarios y contextos reales, con el propósito de identificar las molestias sonoras existentes, las actividades afectadas y las situaciones donde una

solución basada en estructuras lattice podría aportar valor.

4.3 Lectura del problema desde usuarios y contexto

Tras seleccionar el foco acústico, se analizaron usuarios y contextos reales para comprender las molestias sonoras presentes en espacios compartidos, las actividades afectadas y las estrategias utilizadas actualmente. Para ello, se utilizaron dos fuentes complementarias: una encuesta orientada a identificar patrones generales de uso y percepción del ruido, y entrevistas breves realizadas en espacios universitarios, lugares de trabajo compartido y zonas de permanencia en centros comerciales.

Esta información permite comparar diferentes contextos y determinar aquellos donde una intervención acústica de escala local presenta mayor pertinencia para continuar la ideación.

4.3.1 Perfil de uso de los espacios compartidos

La encuesta fue respondida por 38 personas y permitió caracterizar la forma en que los participantes utilizan espacios compartidos. El contexto más frecuente corresponde a salas de estudio, bibliotecas, universidades y espacios similares, mientras que también aparecen situaciones de trabajo desde casa,

oficinas compartidas, coworkings y espacios públicos.

Los resultados muestran además que estos espacios forman parte habitual de las rutinas de los participantes y que su uso ocurre mayoritariamente en presencia de otras personas. Entre las actividades predominan las tareas individuales en computador o escritorio y la lectura o revisión de material, ambas asociadas a periodos de concentración sostenida.

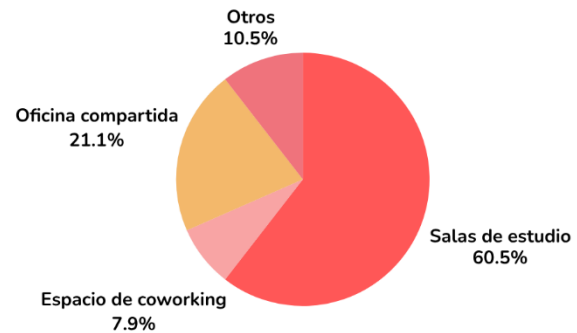


Ilustración 19 Lugares de uso declarados por los encuestados

En conjunto, el perfil observado sitúa el problema en contextos donde actividades individuales que requieren concentración conviven de manera recurrente con la presencia y actividad de otros usuarios.

Característica de la muestra	Resultado principal	Lectura para el proyecto
Tipo de espacio más frecuente	60,5% estudia en salas de estudio compartidas, bibliotecas o espacios similares	El problema se concentra en contextos universitarios y de estudio compartido
Frecuencia de uso	76,3% utiliza estos espacios al menos 3 días a la semana	No es una situación aislada, sino parte de una rutina frecuente
Cantidad de personas compartiendo el espacio	78,9% comparte el espacio con al menos una persona	La experiencia ocurre mayoritariamente en presencia de otros usuarios
Actividad principal	89,5% realiza tareas individuales en computador o escritorio y 81,6% lee o revisa material	Las actividades más frecuentes requieren concentración sostenida
Disposición a usar una solución	89,5% declara alta o muy alta disposición a usar una solución para reducir molestias por ruido	Existe apertura hacia soluciones que mejoren la concentración o el confort acústico

Tabla 13 Resultados generales de la encuesta sobre uso de espacios compartidos

4.3.2 Molestias acústicas, actividades afectadas y estrategias actuales

La frecuencia con que el ruido afecta la concentración o comodidad muestra que el problema tiene una presencia significativa. En una escala de 1 a 5, el promedio de afectación fue de 3,79 y 25 de 38 participantes, equivalentes al 65,8 %, evaluaron esta afectación con valores 4 o 5.

Respecto a las fuentes de ruido, las respuestas se concentran principalmente en sonidos asociados al habla. Las conversaciones de otras personas cercanas fueron mencionadas por el 71,1 % de los participantes y la presencia de muchas personas hablando simultáneamente por el 68,4 %. También aparecen llamadas, videollamadas o clases en voz alta, junto con eco o sensación de rebote sonoro.

Fuente de ruido molesta	N° de menciones	Porcentaje sobre la muestra
Conversaciones de otras personas cerca	27	71,1%
Muchas personas hablando al mismo tiempo	26	68,4%
Llamadas, videollamadas o clases en voz alta	18	47,4%
Eco o sensación de rebote sonoro	18	47,4%
Ruidos de movimiento, sillas, pasos o puertas	12	31,6%
Ruidos de equipos o elementos del entorno	11	28,9%

Tabla 14 Fuentes de ruido más molestas en espacios compartidos

Estos resultados permiten precisar la naturaleza del problema acústico: las principales molestias se relacionan con la presencia de habla cercana y conversaciones simultáneas, acompañadas por fenómenos percibidos de eco o rebote sonoro. Esto indica que la oportunidad debe considerar tanto la interferencia producida por fuentes próximas como la forma en que el sonido se propaga dentro del espacio.

Las consecuencias se concentran principalmente en actividades que requieren atención sostenida. Mantener la atención durante un periodo prolongado fue señalado por el 86,8 % de los participantes y concentrarse en una tarea individual por el 78,9 %. También se identificaron dificultades para leer o revisar material y para escuchar o comprender a otras personas.

Actividad afectada por el ruido	N° de menciones	Porcentaje sobre la muestra
Mantener la atención durante un tiempo prolongado	33	86,8%

Concentrarse en una tarea individual	30	78,9%
Leer o revisar material de estudio/trabajo	22	57,9%
Escuchar o entender a otras personas	20	52,6%
Participar en reuniones, clases o videollamadas	11	28,9%
Trabajar o estudiar en grupo	6	15,8%

Tabla 15 Actividades más afectadas por el ruido

Las entrevistas complementan estos resultados. En espacios de estudio, las molestias aparecen especialmente cuando otros grupos conversan, se ríen, gritan o desarrollan actividades distintas al estudio. En algunos casos, estas situaciones no obligan a abandonar el lugar, pero dificultan iniciar una tarea, mantener la concentración o sostener una conversación con el propio grupo.

Frente a estas molestias, las estrategias utilizadas son principalmente individuales. Un

81,6 % de los encuestados indicó utilizar audífonos o tapones y un 55,3 % señaló cambiarse de lugar. También aparecen acciones como cerrar puertas, utilizar objetos como barreras o adaptarse al ruido existente.

Sin embargo, estas respuestas presentan una efectividad variable. Las soluciones utilizadas actualmente obtuvieron una valoración promedio de 3,24 sobre 5, y solo un 36,8 % las calificó con valores 4 o 5. Además, un 26,3 % declaró haber dejado de utilizar algún elemento destinado a mejorar su concentración o reducir las molestias por resultar incómodo o poco práctico.



Ilustración 20 Usuario afectado por ruido ambiente en espacio compartido

En conjunto, los resultados muestran que las molestias acústicas se relacionan principalmente con fuentes sonoras próximas

y afectan actividades que requieren concentración. Las estrategias utilizadas actualmente dependen en gran medida de acciones individuales y presentan una efectividad variable, lo que permite considerar oportunidades que actúen sobre las condiciones del entorno próximo del usuario.

4.3.3 Diferencias entre contextos observados

Las entrevistas permitieron observar que el origen y las características de las molestias acústicas varían según el contexto. En los espacios universitarios de estudio predominan conversaciones, acumulación de voces y usos simultáneos de mesas.



Ilustración 21 NOAC Campus San Joaquín

En coworkings y espacios de trabajo compartido se combinan conversaciones y llamadas con fuentes asociadas al funcionamiento general del lugar, mientras que en centros comerciales aparecen fuentes más distribuidas, como música ambiental, tránsito, máquinas, promociones y activaciones.



Ilustración 22 Coworking Mall Florida Center

Estas diferencias modifican las posibilidades de intervención desde el diseño de productos. Una fuente próxima y vinculada con otros usuarios puede abordarse desde una escala diferente a una fuente distribuida que depende del funcionamiento general del recinto.

Contexto observado	Origen principal del ruido	Posibilidad de intervención desde producto
--------------------	----------------------------	--

Salas de estudio universitarias	Conversaciones, grupos cercanos, risas, personas hablando fuerte, uso mixto del espacio	Alta, porque el ruido se produce en una escala próxima al usuario
Bibliotecas o zonas de estudio	Murmullo, eco, acumulación de voces, uso simultáneo de mesas	Media-alta, especialmente mediante soluciones locales, móviles o asociadas al puesto
Coworkings o espacios de trabajo compartido	Música, conversaciones, clientes, llamadas, falta de espacios cerrados	Media, dependiendo de si el ruido proviene de usuarios cercanos o del funcionamiento general del lugar
Centros comerciales	Música ambiental, máquinas, tránsito, promociones y activaciones	Baja-media, porque el problema depende del funcionamiento global del recinto

Tabla 16 Comparación de contextos observados según origen del ruido

La comparación muestra que no todo espacio ruidoso constituye una oportunidad equivalente de intervención. Para el proyecto resultan especialmente relevantes aquellos contextos donde las molestias son próximas, recurrentes y susceptibles de ser abordadas desde el entorno inmediato del usuario.

4.3.4 Priorización de espacios de estudio

A partir de la encuesta, las entrevistas y la comparación entre contextos, se priorizan los espacios de estudio compartidos como contexto para continuar la ideación. En ellos coinciden actividades que requieren concentración sostenida con molestias

generadas principalmente por usuarios próximos, estableciendo una relación directa entre la fuente sonora, el usuario afectado y una posible escala local de intervención.

Estos espacios presentan además condiciones variables de ocupación y actividad, por lo que una eventual solución debe considerar la flexibilidad propia del entorno compartido. El objetivo no consiste en aislar completamente a los usuarios, sino en explorar formas de reducir la interferencia producida por fuentes próximas manteniendo la posibilidad de interacción y convivencia dentro del espacio.



Ilustración 23 Naturaleza local del sonido en mesas compartidas

4.3.5 Oportunidad de diseño

A partir del contexto priorizado, se identifica una oportunidad de microacondicionamiento acústico en espacios de estudio compartidos, orientada a intervenir las condiciones sonoras del entorno próximo del usuario. El objetivo no es eliminar completamente el ruido del recinto, sino reducir las molestias asociadas a conversaciones cercanas, murmullo y reverberación percibida, manteniendo la convivencia y flexibilidad propias de estos espacios.

Los resultados del levantamiento establecen además condiciones relevantes para una eventual solución. Un 84,2 % de los

encuestados considera importante que sea fácil de instalar y retirar, un 57,9 % que no genere desorden visual y un 52,6 % que pueda almacenarse fácilmente. Esto orienta la exploración hacia intervenciones locales y adaptables, capaces de incorporarse al uso cotidiano sin alterar significativamente la manera habitual de estudiar o trabajar.

De esta manera, la fase de ideación se concentra en explorar soluciones que actúen sobre interferencias sonoras próximas y que respondan a las condiciones variables de los espacios de estudio compartidos. Esta oportunidad sirve como base para revisar los principios acústicos que posteriormente orientarán la generación de alternativas.



Ilustración 24 Acondicionamiento acústico del microentorno de trabajo

4.4 Principios acústicos de diseño según Ecophon / ISO 22955

Tras priorizar los espacios de estudio compartidos, se revisaron principios de acondicionamiento acústico de la ISO 22955 a partir del documento de Ecophon, considerando aspectos relacionados con reverberación, propagación del habla, tratamiento de superficies, pantallas acústicas y coexistencia de actividades (Berg & Green, s. f.).

Aunque la norma está orientada a oficinas abiertas, sus principios resultan pertinentes como referencia debido a la coexistencia de actividades de concentración, comunicación y colaboración observada en los espacios estudiados. En esta memoria se utiliza para traducir las necesidades detectadas en criterios acústicos de diseño y no como requisito de certificación.

4.4.1 Reflexiones, reverberación y tratamiento acústico

En espacios compartidos, las reflexiones y la permanencia de la energía sonora contribuyen a la percepción de ruido. De acuerdo con Berg y Green (s. f.), el acondicionamiento acústico de espacios abiertos considera la incorporación de superficies fonoabsorbentes para reducir estas reflexiones y controlar la reverberación.

Este principio se relaciona con las molestias identificadas durante el levantamiento, donde aparecen referencias al eco, rebote y acumulación de voces. Desde el diseño de producto, esto permite considerar superficies porosas o abiertas orientadas hacia fuentes sonoras próximas.

Sin embargo, el tratamiento acústico integral depende también de intervenciones sobre el recinto, como techos y paredes. Por esta razón, una intervención asociada al puesto de estudio se entiende como un complemento localizado y no como reemplazo del acondicionamiento arquitectónico general.



Ilustración 25 Espacio con superficies reflectantes y propagación del sonido

4.4.2 Propagación del habla y pantallas acústicas

Además de las reflexiones, la propagación directa del habla entre usuarios próximos constituye un aspecto relevante en espacios compartidos. Berg y Green (s. f.) plantean que

las pantallas acústicas pueden contribuir a reducir esta propagación dependiendo de variables como su altura, posición y orientación respecto a las fuentes y receptores.

Para el proyecto, este principio resulta pertinente debido a que una parte importante de las molestias identificadas proviene de conversaciones entre usuarios próximos. Por ello, la ideación puede considerar elementos capaces de interrumpir parcialmente la trayectoria directa del sonido, sin asumir que esta estrategia resolverá por sí sola las condiciones acústicas generales del recinto.

4.4.3 Actividades y parámetros acústicos relevantes

Las condiciones acústicas requeridas varían según la actividad desarrollada. Los espacios

estudiados combinan concentración individual, trabajo grupal y comunicación, por lo que una intervención local debe considerar distintos niveles de interacción entre usuarios.

Desde esta perspectiva, resultan relevantes la propagación del habla, las reflexiones y la permanencia del sonido en el entorno próximo. Estos parámetros se utilizan para orientar las variables consideradas durante la generación y evaluación de alternativas.

4.4.4 Implicancias para la ideación

Los principios revisados se traducen en criterios aplicables a la generación de alternativas, relacionando las condiciones acústicas del espacio con posibles formas de intervención desde el diseño de productos.

Principio acústico	Lectura desde Ecophon / ISO 22955	Implicancia para el diseño del producto
Control de reflexiones	Se recomienda tratar superficies expuestas al sonido con materiales fonoabsorbentes	Incorporar superficies porosas o absorbentes orientadas hacia fuentes sonoras cercanas
Reverberación	La permanencia del sonido aumenta la percepción de ruido	Diseñar geometrías que reduzcan la permanencia del sonido en el entorno inmediato

Pantallas acústicas	Pueden mejorar privacidad al bloquear parte del sonido directo del habla	Considerar altura, posición y orientación para interceptar conversaciones cercanas
Actividades diferenciadas	La distribución debe considerar niveles de colaboración y concentración	Permitir microzonificación flexible entre estudio individual y uso compartido
Decaimiento del habla	Es relevante reducir la propagación del habla entre puestos	Priorizar configuraciones que disminuyan interferencia entre usuarios próximos
Mobiliario insuficiente	El mobiliario por sí solo no suele resolver las necesidades acústicas	Entender la propuesta como complemento local, no como sustituto del acondicionamiento arquitectónico

Tabla 17 Principios acústicos derivados de Berg y Green (s. f.), a partir de ISO 22955 y su implicancia para el diseño

En conjunto, estos principios orientan la ideación hacia intervenciones capaces de actuar sobre reflexiones y propagación del habla a escala próxima, considerando su posición respecto al usuario y las distintas actividades desarrolladas en espacios compartidos. La propuesta se entiende como un complemento local del acondicionamiento del recinto, manteniendo abierta la tipología específica de producto que permitirá responder a estos criterios.

4.5 Análisis FODA

A partir del foco acústico, los resultados del levantamiento de usuarios y los principios revisados, se utiliza un análisis FODA para sintetizar las condiciones que pueden favorecer o limitar el desarrollo de soluciones lattice para espacios de estudio compartidos. El análisis no evalúa todavía un producto definido, sino que permite relacionar las capacidades de la tecnología con las condiciones externas que deberán considerarse durante la ideación.

Fortalezas	Oportunidades
-------------------	----------------------

Las estructuras lattice permiten integrar porosidad, ligereza y autoportancia en una misma pieza.	Los espacios de estudio compartidos presentan molestias acústicas recurrentes asociadas a conversaciones, murmullo y reverberación percibida.
La geometría puede modificarse para variar densidad, apertura, espesor y dirección de propagación del sonido.	Los usuarios muestran disposición a utilizar soluciones que reduzcan molestias por ruido, siempre que sean fáciles de instalar, retirar y guardar.
La fabricación aditiva permite desarrollar configuraciones personalizadas, gradadas o adaptadas a distintas zonas funcionales.	Universidades, bibliotecas y coworkings pueden requerir mejoras acústicas locales sin intervenir completamente la arquitectura del espacio.
La estructura puede cumplir simultáneamente una función acústica, estructural y formal.	El origen del ruido en salas de estudio suele estar próximo al usuario, lo que permite pensar en soluciones locales asociadas a mesas, puestos o grupos.
El uso de materiales poliméricos accesibles permite prototipar y comparar configuraciones mediante FFF.	Existe una oportunidad para soluciones flexibles, removibles o reconfigurables que respondan a espacios de uso variable.

Tabla 18 Fortalezas y oportunidades para una solución acústica lattice

Debilidades	Amenazas
El desempeño acústico de las configuraciones lattice fabricadas mediante FFF deberá comprobarse experimentalmente	Existen soluciones acústicas convencionales, como espumas, fieltros PET, paneles textiles, biombos y cabinas, con presencia comercial.
La fabricación aditiva presenta tiempos de producción mayores que procesos industriales convencionales.	Los productos acústicos certificados pueden ofrecer mayor respaldo técnico frente a instituciones o usuarios especializados.

La escala de fabricación disponible restringe el tamaño de las piezas y puede exigir segmentación, ensamble o plegabilidad.	Si la solución se percibe como un objeto adicional que ocupa espacio o genera desorden visual, podría ser rechazada por los usuarios.
El proyecto puede realizar evaluaciones acústicas exploratorias, pero no certificar el desempeño final del producto.	Intervenciones arquitectónicas completas podrían ser preferidas en instituciones con mayor presupuesto o planificación de infraestructura.
La calidad de impresión y la repetibilidad pueden influir en el desempeño de las probetas.	El usuario podría preferir soluciones personales ya conocidas, como audífonos o cambio de ubicación.

Tabla 19 Debilidades y amenazas para una solución acústica lattice

El análisis muestra una oportunidad para aprovechar propiedades como porosidad, ligereza, autoportancia y variación geométrica en soluciones de escala local. Al mismo tiempo, la fabricación mediante FFF, la estabilidad de las piezas, el espacio ocupado y la aceptación de un nuevo elemento dentro del puesto de estudio constituyen aspectos que deberán considerarse al generar y evaluar alternativas.

4.6 Referentes de soluciones acústicas

La revisión de referentes del mercado chileno permite observar diferentes formas de abordar

el acondicionamiento acústico y el control de ruido, considerando la escala de intervención, tipo de instalación y características de las soluciones disponibles.

Se analizaron referentes de INGMAC, Silentium y Sonoflex, que representan enfoques distintos, desde el acondicionamiento arquitectónico de interiores hasta soluciones de control acústico técnico-industrial.

Empresa	Enfoque principal	Tipo de soluciones revisadas	Lectura para el proyecto

INGMAC	Acondicionamiento acústico arquitectónico	Difusores, espumas absorbentes y paneles entelados	Representa soluciones orientadas a reducir reverberación y mejorar la calidad sonora de recintos interiores
Silentium	Control de ruido técnico e industrial	Atenuadores, celosías acústicas, paneles sándwich y barreras	Representa soluciones robustas, permanentes y de instalación especializada
Sonoflex	Oferta mixta de acondicionamiento y control acústico	Espumas, paneles fonoabsorbentes, nubes acústicas, paneles ranurados y paneles sándwich	Representa una oferta intermedia entre soluciones decorativas, arquitectónicas y técnicas

Tabla 20 Empresas y enfoques revisados como referentes acústicos

4.6.1 INGMAC: Soluciones para acondicionamiento acústico arquitectónico

INGMAC representa el acondicionamiento acústico arquitectónico mediante difusores, espumas absorbentes y paneles entelados. Sus soluciones permiten reconocer estrategias orientadas a controlar reflexiones y reverberación, aunque dependen principalmente de instalaciones fijas, a diferencia de la intervención local y reconfigurable buscada en el proyecto (INGMAC, s. f.).

4.6.2 Silentium: Soluciones para control técnico e industrial del ruido

Silentium representa soluciones de control de ruido técnico e industrial mediante atenuadores, barreras, celosías acústicas y paneles sándwich. Este referente permite distinguir la escala y robustez propias de intervenciones asociadas a infraestructura frente a la escala localizada y removible considerada en el proyecto (Silentium, s. f.).

4.6.3 Sonoflex: Soluciones acústicas para espacios interiores y control de ruido

Sonoflex presenta una oferta intermedia entre acondicionamiento arquitectónico y control

acústico, incluyendo espumas fonoabsorbentes, paneles ranurados, nubes acústicas y paneles sándwich. Estos productos aportan antecedentes de materialidad y configuración, pero varias soluciones requieren adhesivos, suspensión o soportes permanentes (Sonoflex, s. f.).

4.6.4 Lectura comparativa de referentes

En conjunto, los referentes muestran estrategias que van desde el acondicionamiento arquitectónico hasta el control técnico-industrial. La principal

oportunidad para el proyecto se sitúa en una escala intermedia y próxima al usuario, mediante una solución removible y reconfigurable que no dependa de modificaciones permanentes del recinto.

Estas diferencias permiten identificar un espacio de exploración asociado al entorno próximo del usuario, donde la intervención pueda incorporarse a espacios compartidos sin depender necesariamente de modificaciones permanentes del recinto.

Empresa	Escala predominante	Tipo de instalación	Principal limitación frente al proyecto	Oportunidad para la propuesta
INGMAC	Recinto interior	Muros, cielos o superficies existentes	Depende de instalación fija o intervención del espacio	Incorporar absorción y control de reflexiones en un elemento local y removible
Silentium	Infraestructura técnica o industrial	Instalación especializada, robusta y permanente	Sobredimensionado para mesas compartidas o espacios de estudio	Tomar la lógica de geometría funcional sin asumir exigencias industriales
Sonoflex	Espacios interiores y	Adhesivos, montaje,	Muchas soluciones no son autoportantes ni reconfigurables	Desarrollar una alternativa local,

	aplicaciones mixtas	suspensión o soporte		liviana y adaptable al mobiliario
--	---------------------	----------------------	--	-----------------------------------

Tabla 21 Comparación de empresas referentes según escala, instalación y oportunidad para el proyecto

En conjunto, los referentes muestran que existe espacio para explorar soluciones de menor escala y mayor adaptabilidad, especialmente vinculadas con el entorno inmediato del usuario. Esta lectura se incorpora como antecedente para definir los requerimientos de ideación, sin establecer todavía una tipología específica de producto.

4.6.5 Implicancias para la ideación

La revisión de referentes orienta la ideación hacia soluciones de escala local capaces de complementar el acondicionamiento general del recinto. La oportunidad de diferenciación mediante estructuras lattice se relaciona con la posibilidad de integrar porosidad, ligereza,

autoportancia y variación geométrica en elementos adaptables a las condiciones de uso observadas.

4.7 Requerimientos de diseño para la ideación

A partir del análisis de usuarios y contexto, los principios acústicos y los referentes revisados, se establecen requerimientos preliminares para orientar la generación de alternativas. Estos requerimientos no corresponden todavía a especificaciones finales del producto, sino a criterios que permiten mantener coherencia entre las ideas generadas y la oportunidad identificada.

Requerimiento	Descripción	Implicancia para la ideación
Reducción de interferencia sonora cercana	La solución debe actuar sobre conversaciones, murmullo y propagación del habla en el entorno inmediato	Priorizar configuraciones que intercepten o absorban sonido entre usuarios próximos
Intervención local	La solución no debe depender de modificar muros, cielos o infraestructura del recinto	Orientar las ideas hacia mesas, puestos de trabajo o elementos removibles

Reconfiguración	El producto debe adaptarse a distintos modos de uso, ocupación y necesidades de concentración	Explorar alternativas plegables, modulares, móviles o ajustables
Bajo impacto visual	La solución no debe generar una sensación de encierro ni desorden visual	Considerar permeabilidad visual, paso de luz y geometrías abiertas
Facilidad de instalación y retiro	El usuario o la institución debe poder incorporar la solución sin herramientas complejas	Favorecer sistemas apoyados, encajados, plegables o de montaje simple
Compatibilidad con fabricación disponible	La idea debe poder prototiparse mediante FFF y materiales poliméricos accesibles	Considerar tamaño de piezas, modularidad, estabilidad y repetibilidad de impresión
Aprovechamiento de propiedades lattice	La lattice debe aportar más que una textura superficial	Integrar porosidad, ligereza, autoportancia, gradación geométrica o flexibilidad controlada

Tabla 22 Requerimientos preliminares para la generación de ideas

Los requerimientos buscan además asegurar que la estructura lattice cumpla un rol funcional dentro de las alternativas, aprovechando propiedades como porosidad, ligereza, autoportancia, gradación geométrica o flexibilidad, y no únicamente como recurso formal.

4.8 Wall of Ideas

A partir de los requerimientos preliminares se desarrolló un Wall of Ideas con el objetivo de

explorar distintas formas de intervenir el entorno acústico próximo antes de seleccionar una tipología específica de producto. Las alternativas consideran diferentes escalas, relaciones con el usuario y formas de integración con el espacio, manteniendo como condición el aprovechamiento funcional de las estructuras lattice.

Código	Idea	Situación que aborda	Propiedad lattice aprovechada	Valor esperado
A1	Módulo de resguardo acústico para escritorio	Usuario que necesita concentración individual en una mesa compartida	Porosidad, ligereza y absorción localizada	Generar un entorno de concentración sin aislar completamente al usuario
A2	Elemento acústico plegable de uso personal	Usuario que alterna entre distintos espacios y necesita guardar o transportar la solución	Bajo peso, flexibilidad y plegabilidad	Entregar control acústico situacional a usuarios sin puesto fijo
A3	Separador acústico desplegable para mesas compartidas	Personas o grupos cercanos que generan interferencia sonora entre sí	Autoportancia, absorción y modularidad	Reducir propagación directa del habla entre usuarios próximos
A4	Pantalla reconfigurable para mesas compartidas	Mesas con ocupación variable y actividades simultáneas	Reconfiguración, gradación geométrica y permeabilidad visual	Adaptar la separación acústica según uso, ocupación y necesidad
A5	Sistema modular de paneles acústicos	Espacios que requieren separar zonas o grupos sin	Modularidad, bajo peso y fabricación personalizada	Permitir configuraciones flexibles según

		intervención permanente		distribución del espacio
A6	Panel acústico adaptable para superficies existentes	Columnas, bordes o superficies subutilizadas dentro del espacio	Personalización geométrica, absorción y ligereza	Aportar acondicionamiento acústico sin ocupar superficie útil de trabajo
A7	Estación acústica para videollamadas	Usuario que necesita reducir interferencias durante llamadas o reuniones breves	Absorción localizada y geometría envolvente	Mejorar privacidad y concentración en actividades puntuales
A8	Biombo acústico desplegable	Separación temporal entre zonas o grupos dentro de un espacio compartido	Autoportancia, porosidad y plegabilidad	Generar separación flexible sin instalación permanente
A9	Superficie acústica retráctil en arco	Usuario que requiere una cobertura parcial sobre el puesto de trabajo	Flexibilidad, geometría curva y absorción localizada	Crear una zona de resguardo acústico temporal en el escritorio

Tabla 23 Wall of Ideas de alternativas acústicas lattice

El resultado corresponde a un conjunto amplio de alternativas que posteriormente se organiza mediante clusters para identificar

similitudes, solapamientos y familias de solución antes de su evaluación.



Ilustración 26 Módulo de resguardo acústico para escritorio



Ilustración 27 Elemento acústico plegable de uso personal



Ilustración 28 Separador acústico desplegable para mesas compartidas



Ilustración 29 Pantalla reconfigurable para mesas compartidas



Ilustración 30 Sistema modular de paneles acústicos



Ilustración 31 Panel acústico adaptable para superficies existentes

4.9 Cluster de Ideas

Las alternativas del Wall of Ideas se agruparon en clusters según su lógica y situación de uso, permitiendo identificar similitudes, solapamientos y posibles líneas de desarrollo antes de su evaluación. A diferencia del análisis individual de cada concepto, esta agrupación busca reconocer familias de soluciones según el problema que abordan, más allá de la forma específica del producto.

4.9.1 Criterio de agrupación

Las alternativas del Wall of Ideas se agruparon según su escala de intervención y relación con el usuario. Esta clasificación permite comparar las propuestas desde su lógica de uso, más que desde su forma específica, e identificar familias que responden de manera similar al problema.

Cluster	Lógica de uso
Microacondicionamiento acústico del puesto	Ideas que actúan directamente sobre el entorno inmediato de una persona

Separación acústica parcial entre usuarios o grupos	Ideas que buscan reducir interferencias entre personas cercanas, mesas o grupos
Acondicionamiento adaptable del espacio	Ideas que aprovechan zonas del recinto o configuraciones más amplias sin modificar permanentemente la infraestructura
Soluciones de uso personal y temporal	Ideas pensadas para usuarios que se desplazan entre distintos espacios o que no cuentan con un puesto fijo

Tabla 24 Criterios de agrupación del Wall of Ideas

Esta clasificación permite analizar las ideas desde su función dentro del contexto de uso, más que desde su apariencia formal. Además, ayuda a identificar qué familias se alinean mejor con los hallazgos de usuarios, los

principios acústicos revisados y las restricciones de fabricación disponibles.

4.9.2 Agrupación de ideas por cluster

Cluster	Lógica de uso	Ideas incluidas	Relación con el problema
Microacondicionamiento acústico del puesto	Actuar sobre el entorno inmediato del usuario para mejorar concentración o comunicación puntual	A1 Módulo de resguardo acústico para escritorio; A2 Elemento acústico plegable de uso personal; A7 Estación acústica para videollamadas	Responde a tareas individuales de lectura, estudio, escritura, trabajo en computador o videollamadas breves
Separación acústica parcial entre usuarios o grupos	Reducir propagación de conversaciones entre personas	A3 Separador acústico desplegable; A4 Pantalla reconfigurable; A5	Responde a salas de estudio, bibliotecas y coworkings donde

	cercanas, mesas o grupos	Sistema modular de paneles acústicos; A8 Biombo acústico desplegable	conviven actividades distintas
Acondicionamiento adaptable del espacio	Mejorar zonas del recinto sin instalación permanente ni pérdida importante de superficie útil	A5 Sistema modular de paneles acústicos; A6 Panel acústico adaptable para superficies existentes; A8 Biombo acústico desplegable	Responde a espacios universitarios, arrendados o reconfigurables donde no se puede intervenir infraestructura
Soluciones de uso personal y temporal	Permitir que el usuario lleve, guarde o despliegue una solución según el lugar en que se encuentre	A2 Elemento acústico plegable de uso personal; A7 Estación acústica para videollamadas	Responde a usuarios sin puesto fijo o que alternan entre salas, bibliotecas, coworkings y hogar

Tabla 25 Agrupación de ideas según cluster de uso

La agrupación muestra que algunas alternativas participan en más de un cluster debido a que pueden responder a distintas situaciones de uso. Esta superposición no implica todavía una mayor pertinencia, sino que evidencia la flexibilidad conceptual de determinadas propuestas, aspecto que deberá contrastarse posteriormente con su factibilidad y diferenciación.

4.9.3 Lectura preliminar de los clusters

La lectura de los clusters evidencia diferentes escalas posibles de intervención, desde soluciones personales asociadas directamente al puesto hasta propuestas que actúan sobre grupos o sectores más amplios del espacio. Cada una implica distintas exigencias de fabricación, instalación, almacenamiento y relación con el usuario.

Para avanzar desde esta organización hacia una primera priorización resulta necesario incorporar las condiciones reales de fabricación del proyecto. Estas restricciones permitirán evaluar posteriormente las alternativas mediante la matriz Now–How–Wow considerando tanto su diferenciación como su factibilidad.

4.10 Definición de recursos y restricciones de fabricación

Antes de priorizar las alternativas se definieron las condiciones reales de prototipado, considerando equipos, material, escala y restricciones del proceso de

fabricación. Estos antecedentes permiten evaluar la factibilidad de las ideas a partir de condiciones concretas y no únicamente desde su potencial conceptual.

4.10.1 Recursos disponibles para prototipado

Para el desarrollo experimental se considera una impresora Creality Ender-3 V3 Plus y Hyper TPU TodoToner de 1,75 mm. La combinación entre fabricación FFF y TPU permite explorar estructuras flexibles y manipulables, aunque introduce restricciones relacionadas con estabilidad, resolución, tamaño de pieza y tiempo de fabricación.

Recurso	Especificación general	Implicancia para el proyecto
Impresora 3D	Creality Ender-3 V3 Plus	Define el proceso disponible, el volumen máximo de fabricación y las restricciones propias de FFF
Tecnología de fabricación	FFF / extrusión de material	Permite fabricar geometrías lattice poliméricas sin moldes, pero limita resolución, tiempos y tamaño de pieza
Volumen de impresión	300 × 300 × 330 mm	Las ideas deben adaptarse a este volumen o dividirse en módulos ensamblables
Material	Hyper TPU TodoToner, 1,75 mm	Permite piezas flexibles, resistentes y manipulables
Dureza del material	Shore 95A	Entrega un equilibrio entre flexibilidad y mantención de forma

Condición de uso esperada	Prototipos manipulables y reconfigurables	Las piezas deben resistir instalación, retiro, traslado y uso repetido
---------------------------	---	--

Tabla 26 Recursos disponibles para prototipado mediante FFF y TPU

4.10.2 Restricciones derivadas del proceso y material

Las condiciones de fabricación afectan directamente la factibilidad de las alternativas. Las piezas que superen el volumen disponible requieren modularización o ensamblaje, mientras que la flexibilidad del TPU condiciona la estabilidad de elementos autoportantes. A esto se suman las

restricciones de resolución propias de FFF, especialmente relevantes para geometrías lattice de menor escala.

Estas condiciones se incorporan como criterios de evaluación para evitar que la factibilidad se determine únicamente a partir de una apreciación general de cada propuesta.

Restricción	Efecto sobre las ideas	Criterio para la matriz
Volumen máximo de impresión	Limita piezas grandes o continuas	Ideas modulares o de menor escala aumentan factibilidad
Tiempo de impresión	Piezas voluminosas o con mucha masa pueden requerir tiempos elevados	Se favorecen soluciones eficientes en material y tamaño
Flexibilidad del TPU	Puede disminuir rigidez en piezas autoportantes	Se debe evaluar estabilidad, apoyo y geometría estructural
Resolución FFF	Celdas muy pequeñas o detalles finos pueden fallar	Se favorecen geometrías fabricables y repetibles
Ensamblaje	Piezas mayores requieren uniones entre módulos	Se valoran uniones simples y sin herramientas
Manipulación del usuario	La solución será instalada, movida o guardada	Se favorecen piezas resistentes, livianas y fáciles de usar

Tabla 27 Restricciones de fabricación consideradas para evaluar factibilidad

4.10.3 Lectura de factibilidad según escala de idea

La factibilidad varía según la escala y complejidad de cada alternativa. Las propuestas de menor tamaño presentan mayor compatibilidad directa con el volumen de impresión disponible, mientras que las soluciones destinadas a mesas o sectores mayores requieren considerar modularidad, estabilidad y sistemas de unión. Las

alternativas asociadas a una escala más amplia del recinto incorporan además una mayor dependencia de las características específicas del espacio.

Para la evaluación posterior se consideran más factibles aquellas ideas compatibles con FFF y TPU, fabricables directamente o mediante pocos módulos y que permitan una manipulación e instalación sencilla.

Nivel de factibilidad	Criterio aplicado
Alta	Puede fabricarse en piezas pequeñas o medianas, con bajo nivel de ensamblaje, sin mecanismos complejos y con buena compatibilidad con TPU
Media	Requiere varias piezas, uniones o ajustes estructurales, pero sigue siendo abordable dentro del alcance del proyecto
Baja	Requiere gran formato, adaptación específica al espacio, mecanismos complejos, exceso de piezas o estabilidad difícil de resolver

Tabla 28 Criterios de factibilidad para la matriz Now, How, Wow

4.11 Matriz Now, How, Wow

La matriz Now–How–Wow se utiliza como herramienta de convergencia para comparar las alternativas según dos dimensiones: factibilidad y creatividad. La factibilidad considera la posibilidad de fabricar, manipular y probar cada propuesta con los recursos disponibles, mientras que la creatividad

considera el grado en que la estructura lattice aporta una diferenciación funcional frente a soluciones acústicas convencionales.

4.11.1 Criterios de ubicación en la matriz

La ubicación de las alternativas en la matriz Now–How–Wow se estableció a partir de dos dimensiones: factibilidad y creatividad. La

factibilidad retoma los criterios definidos en 4.10.3, considerando la posibilidad de fabricar, manipular y evaluar cada propuesta mediante los recursos disponibles. La creatividad se interpreta como el grado en que las propiedades de las estructuras lattice aportan una función relevante frente a soluciones acústicas convencionales.

Una alternativa presenta mayor creatividad cuando las propiedades lattice como porosidad, ligereza, autoportancia, gradación, flexibilidad o reconfiguración cumplen un papel relevante en su funcionamiento. En cambio, este valor disminuye cuando la propuesta podría resolverse de manera equivalente mediante una configuración convencionalm

Nivel de creatividad	Criterio aplicado
Alta	La lattice cumple un papel relevante en la integración de interacción acústica, estructura, ligereza, flexibilidad o reconfiguración dentro de una misma solución
Media	La lattice aporta valor, pero existen soluciones similares con materiales convencionales
Baja	La idea podría resolverse casi de la misma manera con espuma, fieltro, tela u otro material existente

Tabla 29 Criterios de creatividad para la matriz Now, How, Wow

4.11.2 Ubicación de las ideas en la matriz

A partir de los criterios establecidos, las alternativas fueron ubicadas en la matriz según su nivel relativo de factibilidad y creatividad.

MATRIZ NOW-HOW-WOW

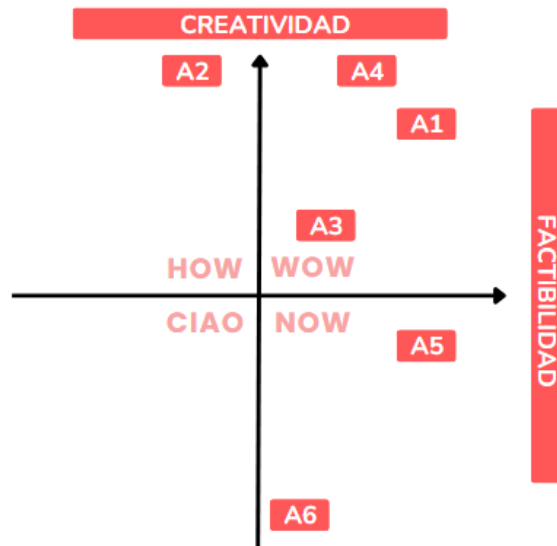


Figura 6 Ubicación de alternativas acústicas en la matriz Now, How, Wow

Código	Idea	Lectura en la matriz
A1	Módulo de resguardo acústico para escritorio	Se ubica en el cuadrante Wow, con alta factibilidad y alta creatividad. Su escala acotada facilita el prototipado y permite explorar conjuntamente interacción acústica, resguardo parcial, autoportancia y gradación de porosidad
A2	Elemento acústico plegable de uso personal	Se ubica en el cuadrante How, con alta creatividad pero menor factibilidad. Su desarrollo exige resolver plegabilidad, estabilidad, durabilidad de zonas flexibles y guardado compacto
A3	Separador acústico desplegable para mesas compartidas	Se ubica en una zona intermedia con tendencia al cuadrante Wow. Responde al problema de propagación del habla entre grupos, pero requiere resolver escala, estabilidad, uniones o plegado
A4	Pantalla reconfigurable para mesas compartidas	Se ubica en el cuadrante Wow, con alto equilibrio entre creatividad y factibilidad. Su valor está en adaptarse a distintos estados de uso sobre una mesa compartida mediante módulos autoportantes, livianos y con potencial de interacción acústica, capaces de adaptarse a distintos estados de uso sobre una mesa compartida
A5	Sistema modular de paneles acústicos	Se ubica en el cuadrante Now, con buena factibilidad, pero creatividad media-baja. Su riesgo está en parecerse a sistemas modulares existentes si la lattice no aporta una función clara
A6	Panel acústico adaptable para superficies existentes	Se ubica en una zona de baja prioridad. Aunque podría fabricarse como panel, su lógica se aproxima a soluciones convencionales instaladas sobre superficies existentes y depende demasiado del contexto específico

Tabla 30 Lectura de alternativas en la matriz Now, How, Wow

4.11.3 Resultado de la matriz

La matriz identifica a A1, A3 y A4 como las alternativas con mejor relación entre diferenciación y factibilidad dentro de las condiciones del proyecto. A1 destaca por su escala controlada y facilidad de fabricación, A3 por intervenir directamente en la propagación del habla entre usuarios próximos, aunque presenta mayores desafíos de estabilidad y escala, y A4 por combinar separación parcial, flexibilidad y adaptación a mesas compartidas.

Estas tres alternativas avanzan hacia la fase Decidir, donde se comparan mediante criterios ponderados para seleccionar una propuesta principal de desarrollo

El proceso desarrollado entre Comprender e Idear permite además consolidar el resultado asociado al objetivo específico 1. La caracterización tecnológica permitió identificar propiedades, materiales, procesos y restricciones de las estructuras lattice, mientras que su traducción durante Idear dio origen al conjunto de aplicaciones presentado en el Wall of Ideas. Este conjunto funciona como un catálogo de oportunidades de producto derivadas de las capacidades de la tecnología, posteriormente organizado y filtrado según contexto, factibilidad y aporte funcional. La incorporación de una alternativa

al catálogo no implica demostrar una superioridad general frente a materiales convencionales, sino identificar situaciones donde la geometría lattice presenta potencial para aportar una función diferenciadora que justifique continuar su evaluación..

5 DECIDIR

En este capítulo se desarrolla la fase Decidir del framework TAS, cuyo propósito es seleccionar, entre las alternativas priorizadas durante la fase Idear, aquella que presenta mayor coherencia para continuar el desarrollo del proyecto.

La comparación considera criterios derivados del problema acústico, los usuarios, el contexto, las condiciones de fabricación y el aprovechamiento funcional de las estructuras lattice. Para ello, los criterios son ponderados mediante AHP y posteriormente aplicados a una evaluación comparativa de las alternativas.

5.1 Propósito de la fase Decidir

La fase Decidir corresponde a la convergencia entre las alternativas generadas y las condiciones identificadas durante las etapas anteriores. Su objetivo es seleccionar una tipología de aplicación que presente suficiente coherencia técnica y de uso para avanzar hacia una definición más detallada.

La selección no establece todavía la configuración final del producto. Su función es reducir la incertidumbre entre las alternativas priorizadas y determinar cuál de ellas continuará hacia la fase Definir, donde se profundiza en usuarios, contexto, requerimientos, configuración y desarrollo técnico.

5.2 Alternativas priorizadas para evaluación

La matriz Now–How–Wow permitió priorizar tres alternativas para continuar hacia la fase Decidir. Estas mantienen los códigos utilizados durante la ideación para conservar la trazabilidad del proceso y representan distintas formas de intervenir el entorno acústico próximo.

A1 se concentra en el puesto individual, A3 aborda la separación entre usuarios o grupos próximos y A4 plantea una intervención reconfigurable asociada a mesas compartidas. En esta etapa ninguna se considera todavía una solución definitiva, por lo que serán comparadas mediante criterios comunes.

Código	Concepto	Escala de intervención	Motivo de selección	Riesgo principal
A1	Módulo de resguardo acústico para escritorio	Puesto individual	Presenta alta relación con la necesidad de concentración individual y puede generar un microentorno de resguardo sin intervenir toda la sala	Puede resultar demasiado individualizante o invadir superficie útil de trabajo

A3	Separador acústico desplegable para mesas compartidas	Mesa compartida o grupo	Responde directamente a la propagación del habla entre usuarios cercanos	Puede parecerse a un biombo convencional si la lattice no aporta una función diferenciadora clara
A4	Pantalla reconfigurable para mesas compartidas	Mesa compartida	Combina separación parcial, reconfiguración y escala local, adaptándose a distintos estados de uso	Debe resolver estabilidad, manipulación y configuración sin aumentar demasiado la complejidad

Tabla 31 Alternativas priorizadas para la fase Decidir

5.3 Criterios de evaluación

Para comparar las alternativas se establecieron seis criterios derivados de los resultados obtenidos durante la fase Idear. Estos consideran el problema acústico identificado, las necesidades de los usuarios, las condiciones del contexto, las restricciones

de fabricación y el aporte funcional de la estructura lattice.

Su utilización permite evaluar las propuestas desde dimensiones comunes y evitar que la selección dependa exclusivamente de su apariencia formal, facilidad de fabricación o novedad tecnológica.

Código	Criterio	Pregunta orientadora
C1	Pertinencia acústica	¿La alternativa responde a las interferencias acústicas cercanas asociadas a conversaciones, murmullo y propagación del habla entre usuarios?
C2	Alineación con usuario y contexto	¿La alternativa se ajusta a mesas compartidas, salas de estudio y dinámicas reales de uso?

C3	Viabilidad de fabricación	¿Puede prototiparse con los recursos disponibles, principalmente FFF y TPU?
C4	Usabilidad y control situacional	¿El usuario puede instalar, retirar, mover o configurar la solución con facilidad?
C5	Integración espacial y visual	¿La alternativa se incorpora al entorno sin bloquear excesivamente la interacción, la luz o el uso de la mesa?
C6	Diferenciación tecnológica lattice	¿La estructura lattice aporta una función real más allá de una apariencia novedosa?

Tabla 32 Criterios de evaluación para la fase Decidir

En conjunto, los criterios permiten equilibrar la respuesta al problema y contexto de uso con la factibilidad de desarrollo y el aporte específico de las estructuras lattice. Sin embargo, no todos poseen la misma relevancia para la decisión, por lo que sus pesos relativos se determinan mediante AHP.

5.4 Ponderación de criterios mediante AHP

El método AHP se utilizó para asignar pesos relativos a los criterios, reconociendo que su influencia sobre la decisión no es equivalente. La comparación se realizó por pares utilizando la escala fundamental del Proceso Analítico Jerárquico, donde 1 representa igual importancia y valores superiores expresan una mayor preferencia de un criterio respecto de otro (Yepes Piqueras, 2018).

Valor	Interpretación
1	Ambos criterios tienen igual importancia
3	Un criterio es moderadamente más importante que otro
5	Un criterio es fuertemente más importante que otro
7	Un criterio es muy fuertemente más importante que otro
9	Un criterio es extremadamente más importante que otro
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre los juicios anteriores

Tabla 33 Escala de comparación utilizada para la matriz AHP a partir de Yepes Piqueras (2018)

La comparación por pares se realizó considerando como objetivo la selección de una alternativa coherente con el problema

acústico, el contexto de uso y las condiciones de desarrollo establecidas durante la fase Idear.

Criterio	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1 Pertinencia acústica	1	2	3	3	4	4
C2 Alineación con usuario y contexto	1/2	1	2	2	3	3
C3 Viabilidad de fabricación	1/3	1/2	1	1	2	2
C4 Usabilidad y control situacional	1/3	1/2	1	1	2	2
C5 Integración espacial y visual	1/4	1/3	1/2	1/2	1	1
C6 Diferenciación tecnológica lattice	1/4	1/3	1/2	1/2	1	1

Tabla 34 Matriz de comparación por pares de criterios

Criterio	Peso
C1 Pertinencia acústica	0,361
C2 Alineación con usuario y contexto	0,227
C3 Viabilidad de fabricación	0,132
C4 Usabilidad y control situacional	0,132
C5 Integración espacial y visual	0,074
C6 Diferenciación tecnológica lattice	0,074

Tabla 35 Pesos relativos obtenidos mediante AHP

La ponderación otorga mayor importancia a la pertinencia acústica y a la alineación con el usuario y contexto, que en conjunto concentran la mayor influencia sobre la decisión. La viabilidad de fabricación y la usabilidad presentan un peso intermedio, mientras que la integración espacial y la diferenciación tecnológica actúan como criterios complementarios.

De esta manera, la evaluación prioriza la capacidad de responder al problema identificado por sobre una selección basada únicamente en facilidad de fabricación o diferenciación formal.

5.5 Evaluación ponderada de alternativas

Una vez definidos los pesos relativos, las tres alternativas fueron evaluadas según su nivel de cumplimiento frente a cada criterio. Para ello se utilizó una escala de 1 a 5, donde 1

corresponde a un cumplimiento muy bajo y 5 a un cumplimiento muy alto.

Puntaje	Interpretación
1	Cumplimiento muy bajo del criterio
2	Cumplimiento bajo del criterio
3	Cumplimiento medio del criterio
4	Cumplimiento alto del criterio
5	Cumplimiento muy alto del criterio

Tabla 36 Escala de cumplimiento utilizada en la evaluación ponderada

Para cada alternativa, el puntaje asignado a cada criterio se multiplicó por su peso relativo. La suma de estos valores determina el puntaje ponderado total utilizado para comparar las propuestas.

Código	Concepto	Puntaje ponderado total	Posición
A1	Módulo de resguardo acústico para escritorio	4,000	2
A3	Separador acústico desplegable para mesas compartidas	3,454	3
A4	Pantalla reconfigurable para mesas compartidas	4,227	1

Tabla 37 Resultado de la evaluación ponderada de alternativas

La evaluación ponderada asigna el mayor puntaje a A4, Pantalla reconfigurable para mesas compartidas, con 4,227, seguida por A1 con 4,000 y A3 con 3,454. La selección de A4 no depende únicamente de su reconfigurabilidad, sino de su respuesta conjunta a los criterios de mayor ponderación. La alternativa mantiene una intervención acústica localizada entre usuarios próximos, se integra al contexto de mesas compartidas y permite modificar su configuración según la ocupación y la actividad.

A1 presenta una escala de intervención más acotada y una relación directa con el puesto individual, mientras que A3 responde a la separación entre usuarios, pero incorpora mayores exigencias asociadas a escala y estabilidad. En comparación, A4 presenta el balance más favorable dentro de los criterios y ponderaciones definidos para esta etapa.

5.6 Decisión final de la fase Decidir

A partir de la evaluación ponderada se selecciona A4, Pantalla reconfigurable para mesas compartidas, como alternativa para continuar hacia la fase Definir. La propuesta obtiene el mayor puntaje global y presenta el mejor balance entre pertinencia acústica, correspondencia con el usuario y contexto, fabricación, usabilidad e integración espacial dentro de los criterios considerados.

La selección establece una tipología de aplicación, pero no determina todavía la configuración final del producto. Aspectos como dimensiones, cantidad de módulos, distribución de las superficies, sistema de articulación, materialidad y configuración de la estructura lattice se resuelven posteriormente mediante el análisis del contexto, los requerimientos de uso y la experimentación.

A1 y A3 permanecen como antecedentes del proceso de selección, pero no continúan hacia el desarrollo detallado. De esta manera, la fase Decidir reduce el espacio de alternativas y entrega una dirección de producto concreta para iniciar Definir.

6 DEFINIR I

En este capítulo se desarrolla la primera parte de la fase Definir del framework TAS. A partir de la selección de la pantalla reconfigurable para mesas compartidas se precisan el contexto de uso, los actores, las necesidades y los escenarios que posteriormente permiten establecer los requerimientos del producto.

6.1 Propósito de la fase Definir

La fase Definir busca transformar la alternativa seleccionada durante Decidir en una propuesta de producto más concreta. Esta primera parte establece qué debe resolver la pantalla y bajo qué condiciones deberá relacionarse con el usuario y el entorno, generando la base para el posterior desarrollo dimensional, constructivo y experimental.

6.2 Alcance de la solución seleccionada

La solución seleccionada corresponde a una pantalla reconfigurable para mesas compartidas, orientada a generar un resguardo acústico parcial frente a la propagación del habla entre usuarios próximos. Su intervención se concentra en el entorno inmediato de los puestos y no pretende sustituir sistemas de aislamiento ni el acondicionamiento acústico general del recinto.

El producto debe actuar, por tanto, a escala local y adaptarse a las dinámicas propias de los espacios compartidos, manteniendo un equilibrio entre resguardo, interacción y flexibilidad de uso. Esta condición implica considerar tanto las interferencias que alcanzan al usuario desde puestos próximos como el sonido que este puede generar hacia

otros usuarios, aspecto que se desarrolla posteriormente en el principio de funcionamiento.

La solución debe además mantener compatibilidad con la superficie de trabajo, permitir diferentes estados de configuración y ser susceptible de desarrollarse mediante procesos y materiales disponibles dentro del proyecto.

Condición	Implicancia para el producto
Intervención local	La solución debe actuar en el entorno próximo del usuario, principalmente sobre mesas compartidas
Reconfiguración	El producto debe adaptarse a distintos niveles de ocupación, actividades y necesidades de concentración
Compatibilidad espacial	La pantalla no debe impedir el uso normal de la mesa ni bloquear completamente la interacción visual

Fabricación exploratoria	La solución debe poder desarrollarse mediante prototipos fabricables con procesos y materiales disponibles
--------------------------	--

Tabla 38 Alcance de la pantalla reconfigurable seleccionada

6.3 Actores involucrados

La pantalla se inserta en un sistema de uso compartido donde participan distintos actores. Identificarlos permite considerar no solo al usuario directo, sino también a quienes comparten el espacio y a quienes intervienen en su administración, instalación, traslado o almacenamiento.

Actor	Rol dentro del sistema	Necesidad o interés principal	Implicancia para el diseño
Usuario directo	Persona que utiliza la pantalla para estudiar, trabajar, leer o concentrarse	Reducir interferencias sonoras cercanas sin abandonar el espacio	La solución debe ser fácil de desplegar, ajustar, retirar y usar durante la actividad
Usuarios próximos	Personas que comparten la mesa o se ubican cerca del usuario directo	Mantener comodidad, espacio disponible e interacción cuando sea necesario	La pantalla no debe invadir excesivamente la mesa ni generar una barrera visual total
Grupos de estudio o trabajo	Usuarios que realizan actividades colaborativas en el mismo espacio	Conversar o trabajar sin interferir excesivamente con otros	El producto debe permitir distintos grados de apertura, cierre o separación
Administradores del espacio	Encargados de salas, bibliotecas, universidades,	Mejorar la experiencia de uso sin intervenir permanentemente la infraestructura	La solución debe ser durable, ordenada, fácil de guardar y compatible con mobiliario existente

	coworkings o recintos compartidos		
Personal de limpieza o mantenimiento	Personas encargadas del orden, aseo y cuidado del espacio	Mantener circulación, limpieza y manipulación simple de los objetos	El producto no debe dificultar la limpieza ni requerir cuidados complejos
Decisores institucionales	Personas o unidades que podrían aprobar la implementación	Evaluar costo, pertinencia, durabilidad y valor para usuarios	La propuesta debe comunicar claramente su aporte, alcance y diferencia frente a soluciones convencionales

Tabla 39 Actores involucrados en el uso e implementación de la pantalla

Los actores presentan distintos niveles de participación dentro de la investigación. El desarrollo y la evaluación se concentran principalmente en el usuario directo y en su interacción con otros usuarios próximos. Las necesidades atribuidas a administradores, personal de mantenimiento y decisores institucionales se utilizan como criterios de diseño y continuidad, pero no fueron validadas directamente con estos grupos durante el proyecto.

6.4 Contexto físico de uso observado

El contexto físico considerado para el desarrollo corresponde a mesas compartidas

utilizadas en salas de estudio, bibliotecas, universidades y espacios de trabajo colaborativo. En estos entornos, una misma superficie puede ser utilizada simultáneamente por varias personas para actividades como estudiar, trabajar en computador, leer, conversar o desarrollar tareas grupales.



Ilustración 32 Mesa compartida como contexto físico de uso

A partir de la observación del contexto seleccionado, se identificó una distancia aproximada de 110 cm entre usuarios enfrentados, equivalente a cerca de 55 cm desde cada usuario hasta el eje central de la mesa. Asimismo, se estimó una superficie útil de aproximadamente 55 × 80 cm por puesto de trabajo. Estas condiciones permiten identificar el sector central o intermedio de la mesa como una zona disponible para incorporar una separación entre puestos, siempre que esta no interfiera con el espacio requerido para las actividades realizadas sobre la superficie.



Ilustración 33 . Dimensiones de referencia en mesa compartida



Ilustración 34 Área crítica enchufes

Las condiciones observadas también muestran variaciones en la ocupación de las mesas. Los puestos pueden encontrarse ocupados o disponibles en distintos

momentos, por lo que una intervención ubicada entre usuarios debe ser compatible con estos cambios y evitar condicionar permanentemente la superficie a una única configuración. Esta condición se relaciona posteriormente con los escenarios de uso desarrollados en la sección 6.6.

Condición física observada	Implicancia para el diseño
Distancia aproximada entre usuarios enfrentados: 110 cm	La solución puede ubicarse en el eje central sin invadir completamente el puesto contrario
Área útil estimada por usuario: 55 × 80 cm	La pantalla debe dejar suficiente superficie libre para computador, cuadernos y objetos personales
Presencia de cables o enchufes centrales	La base o sistema de apoyo debe permitir paso de cables y no bloquear accesos
Variación en la ocupación de la mesa	El producto debe poder modificar su configuración, retirarse o reducir el espacio ocupado cuando no sea requerido.
Presencia de objetos sobre la superficie	La configuración debe considerar posibles interferencias con los elementos utilizados durante las actividades observadas.

Tabla 40 Condiciones físicas de la mesa compartida e implicancias para el diseño

Estas observaciones delimitan el espacio disponible y las condiciones de interacción del producto, pero no determinan por sí mismas sus dimensiones finales. El ancho, altura, espesor y estados de configuración se establecen posteriormente mediante la relación entre estas restricciones espaciales, los criterios antropométricos, el principio de

interposición acústica y las condiciones de fabricación.

6.5 Perfiles de usuario y Jobs to Be Done

A partir de los resultados obtenidos durante Idear y de la observación del contexto seleccionado, se establecen perfiles de

usuario asociados a distintas formas de utilización de las mesas compartidas. Su análisis permite traducir las situaciones observadas en necesidades concretas mediante Jobs to Be Done.

Perfil	Actividad principal	Molestia frecuente	Necesidad de diseño
Usuario individual concentrado	Estudiar, leer, escribir o trabajar en computador	Conversaciones cercanas, risas, murmullo o eco	Generar resguardo acústico parcial sin aislar completamente
Usuario en trabajo grupal	Conversar, coordinar tareas o resolver actividades con otros	Dificultad para escuchar al propio grupo por ruido externo	Reducir interferencias entre grupos sin bloquear la comunicación interna
Usuario en ocupación variable	Utilizar mesas con puestos libres u ocupados según horario	Cambios en el nivel de ruido y cercanía de otras personas	Permitir despliegue, plegado o ajuste según necesidad
Usuario ocasional del espacio	Usar salas, bibliotecas o coworkings de manera temporal	Falta de control sobre el entorno	Incorporar una solución fácil de entender, usar y retirar

Tabla 41 Perfiles de usuario asociados al uso de la pantalla

Estos perfiles muestran que el problema no se limita a una persona que busca silencio absoluto. La necesidad principal corresponde a disponer de mayor control sobre el entorno inmediato, manteniendo la posibilidad de seguir compartiendo el espacio. Esto define el foco de la pantalla como una solución local, adaptable y de resguardo acústico parcial,

orientada a reducir interferencias sin eliminar la condición compartida del entorno.

6.5.1 Jobs to Be Done

El Job to Be Done (JTBD) central plantea que, frente a conversaciones cercanas o murmullo que afectan la concentración, el usuario necesita generar un resguardo acústico parcial en su entorno inmediato, sin

abandonar el espacio ni aislarse completamente. Esto define el foco de la pantalla como una solución local, adaptable y de aislamiento parcial, orientada a reducir interferencias manteniendo la condición

compartida del espacio. A partir de esta necesidad se desprenden trabajos funcionales, emocionales y sociales que orientan el desarrollo del producto.

Tipo	Necesidad del usuario	Implicancia para el diseño
Funcional	Reducir la interferencia de conversaciones y murmullo provenientes de usuarios próximos	La pantalla debe poder interponerse entre fuentes externas cercanas y el puesto del usuario
Funcional	Limitar parcialmente la propagación del habla generada desde el propio puesto hacia usuarios próximos	La pantalla debe poder interponerse entre el usuario emisor y los puestos cercanos
Funcional	Adaptar el nivel de separación según actividad y ocupación	Permitir diferentes estados de apertura, cierre y compactación
Emocional	Sentir mayor control sobre el espacio sin cambiar de lugar	La solución debe ser comprensible y manipulable por el usuario
Emocional	Disminuir la sensación de saturación o distracción	Generar una percepción de resguardo sin encierro
Social	Mantener convivencia visual y posibilidad de interacción	Evitar una barrera completamente opaca
Social	Utilizar el puesto sin apropiarse excesivamente del espacio común	Mantener una ocupación compatible con la mesa compartida

Tabla 42 Jobs to Be Done e implicancias para el diseño

La estructura lattice se considera en esta etapa por su capacidad para generar

superficies abiertas cuya porosidad, geometría y distribución pueden modificarse.

Estas características ofrecen la posibilidad de combinar interacción acústica, paso de luz y permeabilidad visual dentro de una misma superficie. Su comportamiento específico deberá comprobarse posteriormente mediante experimentación antes de definir la configuración incorporada a la pantalla.

6.6 Escenarios de uso

Los escenarios de uso permiten visualizar cómo podría comportarse la pantalla en situaciones reales de ocupación. Estos escenarios no representan todas las posibilidades, sino casos típicos que ayudan a traducir los requerimientos en configuraciones de producto.

6.6.1 Escenario 1: Estudio individual en mesa compartida

En un escenario de estudio o trabajo individual en una mesa compartida, la pantalla busca reducir parcialmente la exposición a conversaciones y murmullo cercanos. Para ello, puede desplegarse hacia el eje central de la mesa o alrededor del puesto, generando un resguardo localizado que aumente el control del usuario sobre su entorno sin aislarlo completamente.



Ilustración 35 Escenario de estudio individual en mesa compartida

Condición del escenario	Implicancia para el diseño
Actividad individual que requiere concentración	La pantalla debe favorecer atención sostenida
Usuarios cercanos generando ruido	La solución debe interceptar parcialmente la trayectoria del habla

Necesidad de mantener objetos sobre la mesa	La pantalla no debe invadir excesivamente la superficie útil
Espacio compartido	La separación debe permitir convivencia visual parcial

Tabla 43 Implicancias de diseño para estudio individual

6.6.2 Escenario 2: Trabajo en pareja o grupo pequeño con interferencia externa

En una situación de trabajo en pareja o grupo pequeño, la pantalla funciona como una separación parcial respecto de conversaciones externas o del murmullo generado en sectores próximos. Su configuración debe permitir mantener abierta la dirección necesaria para la comunicación entre los integrantes y orientar el resguardo hacia las fuentes externas.

Al mismo tiempo, debido a que los integrantes pueden conversar durante la actividad, la pantalla puede interponerse parcialmente entre el grupo y otros puestos próximos. De esta manera, el escenario incorpora tanto la reducción de interferencias recibidas como la limitación de la propagación del habla generada desde el propio puesto, sin cerrar completamente el espacio compartido.



Ilustración 36 Escenario de trabajo grupal con interferencia externa

Condición	Implicancia
Comunicación entre dos o pocos usuarios	Mantener abierta la dirección necesaria para interacción
Ruido procedente de otros puestos	Orientar el resguardo hacia fuentes externas
Conversación generada desde el propio puesto	Interponer parcialmente la pantalla hacia usuarios externos
Uso de superficie compartida	No interferir con computadores, cuadernos u otros elementos

Cambio de actividad	de	Permitir modificar o retirar la configuración
---------------------	----	---

Tabla 44 Implicancias de diseño para trabajo grupal

6.6.3 Escenario 3: Mesa con ocupación variable

En escenarios de ocupación variable, la solución debe poder reducir su presencia sobre la mesa cuando no se requiere y volver a desplegarse cuando aumentan las interferencias o cambia la ocupación. Esto refuerza su carácter reconfigurable y plantea la necesidad de incorporar un estado de menor ocupación compatible con el uso compartido del mobiliario.



Ilustración 37 Escenario de mesa compartida con ocupación variable

Condición del escenario	Implicancia para el diseño
Ocupación cambiante	La pantalla debe poder cambiar de estado según necesidad
Puestos libres y ocupados al mismo tiempo	El sistema no debe bloquear puestos disponibles ni dificultar el uso posterior
Momentos de bajo ruido	Debe existir un estado compacto o de reposo
Aumento de ruido o cercanía entre usuarios	Debe permitir despliegue rápido y comprensible

Tabla 45 Implicancias de diseño para ocupación variable

6.6.4 Lectura general de escenarios

Los escenarios muestran que la necesidad de separación no permanece constante. Dependiendo de la actividad, ocupación y posición de otros usuarios, la pantalla puede requerir mayor resguardo hacia determinados sectores y mayor apertura hacia otros.

Esta variabilidad convierte la reconfiguración en una condición funcional del producto. Asimismo, los escenarios evidencian que la relación acústica no ocurre en una única dirección: el usuario puede verse afectado por

conversaciones próximas y, al mismo tiempo, convertirse en fuente de habla para otros puestos. Estas condiciones se traducen posteriormente en los requerimientos acústicos, de uso y configuración de la pantalla.

Escenario	Necesidad principal	Estado esperado de la pantalla
Estudio individual	Resguardo parcial para concentración	Desplegada hacia el entorno inmediato del usuario
Trabajo grupal	Separación parcial frente a interferencias externas	Configurada como límite entre grupos o fuentes de ruido
Ocupación variable	Adaptación según cantidad de usuarios y nivel de ruido	Plegada, compacta o desplegada según necesidad

Tabla 46 Síntesis de escenarios y estados esperados de la pantalla

6.7 Requerimientos finales de diseño

Los antecedentes de usuario, contexto y escenarios de uso se traducen en requerimientos finales que delimitan el desarrollo de la pantalla. A diferencia de los requerimientos preliminares utilizados durante Idear, estos se aplican específicamente a la alternativa A4 y establecen condiciones acústicas, de uso, configuración, integración espacial y fabricación.

6.7.1 Requerimientos acústicos

Requerimiento	Descripción	Implicancia para el producto
Interrumpir parcialmente la propagación directa del habla	La pantalla debe actuar sobre conversaciones, murmullos y propagación directa entre usuarios próximos	Interponer superficies entre usuarios enfrentados y fuentes sonoras cercanas
Incorporar una superficie con potencial de	La solución debe incorporar geometrías porosas	Explorar estructuras lattice con superficie

interacción acústica	capaces de modificar su interacción con el sonido	interna y configuración geométrica controlable
Controlar discontinuidades	La configuración debe limitar aberturas que permitan trayectorias alternativas de propagación	Considerar encuentros entre módulos, bordes y zonas de unión
Evitar prometer aislamiento total	El producto no reemplaza una cabina ni un acondicionamiento arquitectónico	Comunicar la solución como resguardo acústico parcial

Tabla 47 Requerimientos acústicos de la pantalla

Además de los antecedentes obtenidos a partir de usuarios y escenarios de uso, la definición de los requerimientos acústicos considera los principios de funcionamiento de barreras en espacios de oficina descritos por ASTM E1374-18. La norma señala que el desempeño de una barrera depende de su capacidad para interrumpir la trayectoria entre

fuente y receptor, así como de la transmisión del sonido a través y alrededor de sus bordes. También identifica las uniones entre paneles y otras discontinuidades como posibles trayectorias de propagación que pueden reducir su desempeño. A partir de estos antecedentes, se incorporan como criterios de diseño la interposición de la pantalla entre usuarios próximos y el control de aberturas y discontinuidades, manteniendo el alcance del producto como una solución de resguardo acústico parcial.

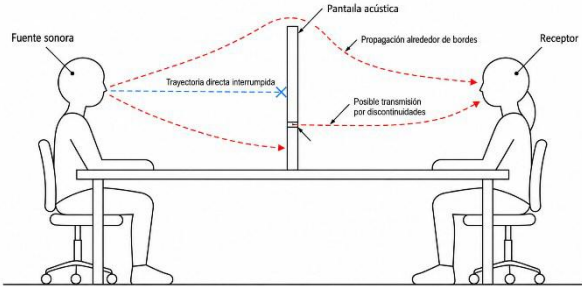


Figura 7 Propagación del sonido

6.7.2 Requerimientos de uso

Requerimiento	Descripción	Implicancia para el producto
Facilidad de despliegue	El usuario debe poder usar la	Incorporar movimientos simples y

	pantalla sin instrucciones complejas	comprensibles
Compactación y guardado	El producto debe reducir el espacio ocupado cuando no se requiere	Considerar plegado o reducción de volumen
Manipulación segura	La pantalla debe resistir uso cotidiano sin bordes incómodos o piezas frágiles	Diseñar bordes, uniones y espesores adecuados
Compatibilidad con actividades de estudio	No debe impedir el uso de computador, cuadernos, libros o cables	Controlar tamaño, base y ubicación sobre la mesa

Tabla 48 Requerimientos de uso de la pantalla

6.7.3 Requerimientos de configuración

Requerimiento	Descripción	Implicancia para el producto
Reconfiguración	La pantalla debe adaptarse a distintos escenarios de uso	Permitir diferentes estados de despliegue y compactación
Modularidad	La solución debe poder dividirse en partes fabricables y reemplazables	Diseñar módulos compatibles con las restricciones de fabricación
Estabilidad	La pantalla debe mantenerse en posición durante el uso	Considerar apoyos, uniones o elementos estructurales que mantengan su configuración

Tabla 49 Requerimientos de configuración de la pantalla

Los requerimientos de uso y configuración se establecen a partir de las condiciones identificadas en el contexto y los escenarios desarrollados anteriormente. La ocupación variable de las mesas requiere que la pantalla pueda reducir el espacio ocupado cuando no se utiliza, mientras que su condición de elemento removible exige mantener estabilidad durante los distintos estados de uso.

6.7.4 Requerimientos de integración espacial y visual

Requerimiento	Descripción	Implicancia para el producto
Bajo impacto visual	La solución no debe generar sensación de encierro o saturación visual	Usar porosidad, paso de luz y permeabilidad parcial
Convivencia visual	La solución debe mantener cierto reconocimient o del entorno	Combinar zonas de separación con permeabilidad visual

	sin conservar una trayectoria visual directa entre usuarios enfrentados	donde esta no interfiera con la función de la pantalla
Compatibilidad con mesas existentes	Debe funcionar sin modificar permanentem ente el mobiliario	Evitar fijaciones invasivas o dependient es de una mesa específica
Orden del espacio	No debe dificultar limpieza, circulación o uso compartido	Considerar guardado, apilado y manipulaci ón institucion al

Tabla 50 Requerimientos de integración espacial y visual

La integración visual debe compatibilizar la permeabilidad buscada para la pantalla con la necesidad de interrumpir la trayectoria directa entre usuarios enfrentados. ASTM E1374-18 $\pm$ 1 identifica la altura de la barrera como una variable relevante para interrumpir la trayectoria entre hablante y receptor. A partir de este criterio, la pantalla debe evitar una

apertura visual directa en la zona de interacción entre usuarios, sin requerir que toda su superficie sea opaca.

6.7.5 Requerimientos de fabricación

Requerimiento	Descripción	Implicancia para el producto
Fabricación mediante FFF	El prototipo debe poder producirse con impresora disponible	Ajustar dimensiones, orientación y geometría al proceso
Uso de material polimérico flexible	El material debe permitir la exploración de configuraciones compatibles con la manipulación y reconfiguración del producto	Evaluar TPU como material para la fabricación de los componentes lattice

Reducción de material	La pantalla debe aprovechar la lógica lattice para disminuir masa	Evitar piezas macizas innecesarias
Repetibilidad	Las piezas deben poder imprimirse con calidad suficiente y sin fallas recurrentes	Controlar tamaño de celda, espesor, orientación y complejidad geométrica
Ensamble simple	Las piezas mayores deben dividirse en módulos conectables	Diseñar uniones comprensibles y compatibles con uso cotidiano

Tabla 51 Requerimientos de fabricación de la pantalla

6.7.6 Síntesis de requerimientos

Dimensión	Criterio central
Acústica	Interrupción parcial de la propagación directa y

	control de discontinuidades
Uso	Despliegue, retiro y manipulación simple
Configuración	Reconfiguración, modularidad y estabilidad
Integración espacial	Compatibilidad con la mesa y control de la relación visual entre usuarios
Fabricación	Compatibilidad con FFF, modularidad y repetibilidad

Tabla 52 Síntesis de requerimientos finales de diseño

En conjunto, los requerimientos establecen las condiciones acústicas, funcionales, espaciales y de fabricación que orientan el desarrollo de la pantalla. Estos criterios permiten avanzar desde la alternativa seleccionada hacia una configuración preliminar del producto.

6.8 Definición preliminar del producto

A partir de los requerimientos establecidos, la alternativa seleccionada se traduce en una configuración preliminar de producto. La pantalla se plantea como un sistema modular

y removible para mesas compartidas, capaz de modificar su disposición según la ocupación y las condiciones de uso. Esta propuesta constituye un punto de partida para el desarrollo posterior y no representa todavía la configuración definitiva del producto, debido a que sus dimensiones, cantidad de módulos, materialidad y configuración lattice deberán definirse mediante las evaluaciones desarrolladas posteriormente.

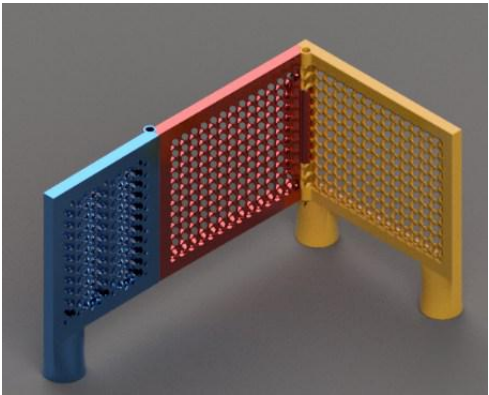


Ilustración 38 Propuesta alfa pantalla

6.8.1 Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento se basa en interponer una pantalla entre usuarios próximos para modificar parcialmente la propagación directa del sonido, manteniendo el alcance del producto como una solución localizada y no como un sistema de aislamiento acústico completo. La superficie

incorpora estructuras lattice como elemento de interacción acústica, conservando al mismo tiempo cierto grado de paso de luz y permeabilidad visual.

Dentro de este principio pueden distinguirse dos funciones complementarias según el origen del sonido. La función activa se produce cuando el propio usuario genera sonido al hablar y la pantalla se interpone en su trayectoria hacia otros puestos o usuarios próximos, buscando reducir parcialmente su propagación hacia el entorno. La función pasiva corresponde a la situación inversa, en la que el sonido generado por otros usuarios o fuentes cercanas alcanza la pantalla antes de propagarse hacia el puesto protegido.

Estas denominaciones no corresponden a mecanismos acústicos diferentes ni implican un sistema electrónico de control activo de ruido. En ambos casos, el principio se relaciona con la interposición física de la pantalla entre una fuente y un receptor. Su comportamiento depende de factores como geometría, dimensiones, materialidad, discontinuidades y posición relativa dentro del puesto.

La configuración reconfigurable permite modificar la disposición de la pantalla según la situación de uso, orientando el resguardo

hacia diferentes sectores sin convertir la solución en una separación fija.

6.8.2 Relación con la mesa compartida

La ubicación preliminar de la pantalla se plantea sobre el sector central o intermedio de la mesa compartida, utilizando como referencia las restricciones espaciales identificadas en 6.4. Su disposición debe mantener disponible la superficie necesaria para computadores, cuadernos y otros objetos utilizados durante las actividades de estudio o trabajo.

La configuración también debe considerar la presencia de cables y enchufes, evitando bloquear su acceso. Al tratarse de una solución removible, se descartan fijaciones permanentes que impliquen modificar el mobiliario.



Ilustración 39 Ubicación de la pantalla en una mesa compartida

6.8.3 Estados de uso

La ocupación variable de las mesas requiere que la pantalla pueda modificar su configuración y reducir el espacio ocupado

cuando no sea necesaria. A partir de los escenarios definidos previamente, se plantean tres estados preliminares de uso: compacto, parcialmente desplegado y desplegado.

Estado	Situación de uso	Función principal
Compacto	Pantalla fuera de uso o baja necesidad de separación	Reducir el espacio ocupado y facilitar su guardado
Parcialmente desplegado	Necesidad intermedia de separación	Delimitar parcialmente el espacio entre usuarios
Desplegado	Mayor necesidad de separación entre usuarios próximos	Aumentar la superficie interpuesta entre los puestos

Tabla 53 Estados preliminares de uso de la pantalla reconfigurable

Estos estados corresponden a condiciones preliminares derivadas de los escenarios de uso. Su funcionamiento, estabilidad y ocupación espacial deberán evaluarse posteriormente mediante prototipos, por lo que en esta etapa no se establece todavía la cantidad definitiva de módulos ni el mecanismo específico de articulación.

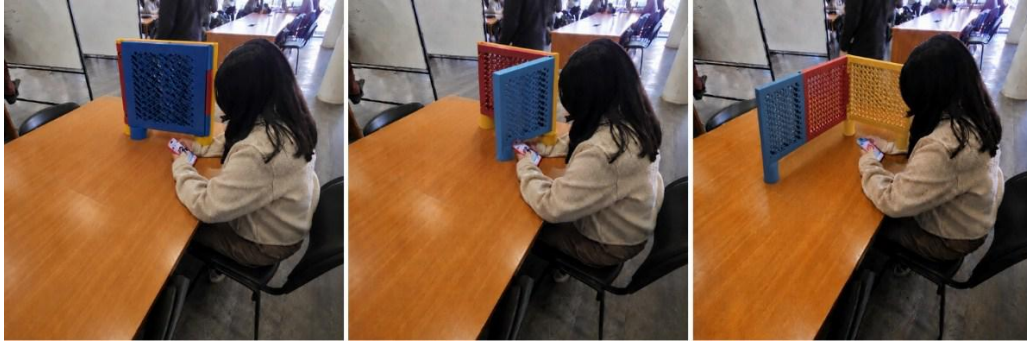


Ilustración 40 Estados compacto, parcialmente desplegado y desplegado de la pantalla

6.8.4 Componentes preliminares

A partir del principio de funcionamiento y de los estados de uso se identifican las funciones constructivas que deberá resolver el producto. En esta etapa no se determina todavía la geometría, materialidad ni cantidad definitiva de piezas, por lo que los componentes descritos corresponden a categorías funcionales que serán desarrolladas posteriormente.

Componente	Función preliminar
Superficie lattice	Constituir la superficie principal de interacción con el sonido y permitir permeabilidad parcial

Módulos estructurales	Dividir la pantalla en unidades compatibles con fabricación, ensamble y reconfiguración
Uniones o articulaciones	Vincular los módulos y permitir cambios de configuración
Elementos de apoyo	Mantener la pantalla posicionada sobre la superficie de trabajo
Bordes o refuerzos	Aportar estabilidad y proteger las zonas periféricas de los módulos

Tabla 54 Componentes preliminares de la pantalla reconfigurable



Ilustración 41 Componentes funcionales de la pantalla reconfigurable

Esta configuración preliminar establece el principio de funcionamiento, la relación con la mesa, los estados de uso y los componentes generales de la pantalla. A partir de esta base se define el rol técnico de la estructura lattice dentro del producto.

6.9 Definición técnica de la estructura lattice

La estructura lattice cumple un rol técnico dentro de la propuesta, asociado principalmente a su configuración porosa, reducción de material y posibilidad de controlar geométricamente su estructura interna. Como se estableció durante la fase

Comprender, su comportamiento depende de la interacción entre variables como topología, tamaño de celda, densidad, porosidad y material, por lo que su incorporación debe considerar conjuntamente el desempeño esperado y las condiciones de fabricación.

Para la pantalla, su definición se aborda desde tres dimensiones: interacción acústica, fabricación y uso. Estas dimensiones permiten establecer las funciones que deberá cumplir la estructura y las variables que posteriormente serán evaluadas mediante experimentación.

6.9.1 Funciones de la estructura lattice en el producto

La estructura lattice se incorpora con funciones esperadas de interacción acústica, integración estructural y permeabilidad espacial dentro de la pantalla. Su utilización no se plantea únicamente como un recurso formal, sino como una geometría cuya configuración puede modificarse para responder a distintos requerimientos del producto.

Desde el punto de vista acústico, se busca explorar si distintas configuraciones geométricas producen diferencias en el comportamiento relativo observado bajo un mismo montaje. A nivel constructivo, la lattice debe mantener condiciones suficientes para su fabricación, manipulación e integración dentro de la pantalla. En relación con el uso, su configuración abierta busca conservar paso de luz y permeabilidad visual parcial.

6.9.2 Compatibilidad con fabricación FFF

La estructura debe ser compatible con el proceso de fabricación FFF disponible para el desarrollo del proyecto. Esta condición incorpora restricciones relacionadas con las dimensiones de fabricación, continuidad geométrica, estabilidad durante la impresión y repetibilidad de las piezas.

El material constituye también una variable relevante, debido a que sus características influyen tanto en la fabricación como en el comportamiento de la estructura resultante. En esta etapa se consideran materiales poliméricos compatibles con FFF, mientras que la selección de TPU para el desarrollo de la pantalla se fundamenta posteriormente mediante las pruebas realizadas durante la fase experimental.

Variable de diseño	Implicancia en FFF con TPU
Tamaño de celda	Celdas muy pequeñas pueden dificultar la impresión y aumentar fallas
Espesor de pared	Espesores bajos pueden generar fragilidad o falta de continuidad
Densidad relativa	Mayor densidad mejora estabilidad, pero aumenta peso y tiempo de impresión

Dimensiones de la pieza	Compatibilidad con el volumen disponible de impresión
Continuidad geométrica	Geometrías continuas pueden mejorar resistencia y reducir puntos débiles
Orientación de impresión	Afecta calidad, tiempo, rigidez y necesidad de soportes

Tabla 55 Variables lattice relevantes para impresión FFF en TPU

6.9.3 Variables de exploración

A partir de las funciones y restricciones anteriores se establecen las variables

geométricas que serán consideradas durante la exploración experimental. Estas permiten generar configuraciones comparables y analizar su comportamiento acústico relativo junto con su viabilidad de fabricación.

Variable	Descripción	Propósito de exploración
Patrón geométrico	Tipo de celda o superficie utilizada, como Gyroid, Schwarz P o Schwarz D	Comparar el comportamiento entre topologías
Tamaño de celda	Dimensión característica de la unidad repetida	Influye en porosidad, superficie interna, peso y fabricación
Fracción de volumen	Porcentaje de material presente en la estructura	Afecta densidad, rigidez, peso y posible interacción acústica
Altura o espesor	Profundidad de la probeta o del panel	Puede modificar el comportamiento acústico relativo y las exigencias de fabricación e integración

Distribución interna	Configuración uniforme o gradada	Permite explorar zonas con distinta densidad o función
Respaldo posterior	Incorporación de una capa cerrada o semiabierta	Puede modificar la interacción del sonido con la cavidad
Material	Polímero utilizado para fabricar la estructura	Comparar el comportamiento relativo de una misma configuración y sus condiciones de fabricación al modificar el material

Tabla 56 Variables geométricas consideradas para la exploración lattice

Estas variables establecen la base para la fabricación y comparación de probetas durante la fase experimental, a partir de cuyos resultados se definirán los criterios técnicos aplicados al desarrollo posterior de la pantalla.

6.9.4 Criterios de selección para la pantalla

La configuración lattice no se seleccionará a partir de un único indicador. La decisión deberá integrar resultados cuantitativos provenientes de la experimentación con criterios asociados a su incorporación en el producto.

Los indicadores cuantitativos corresponden al comportamiento acústico relativo, la repetibilidad, el tiempo estimado de impresión y la cantidad de material. De manera complementaria, la estabilidad durante la manipulación y la permeabilidad visual se consideran como criterios de integración al

producto, evaluados mediante observación del comportamiento de las piezas y de su configuración geométrica.

Esta distinción permite evitar que una configuración con el mayor IDR sea seleccionada automáticamente si presenta exigencias de fabricación o condiciones de uso menos favorables.

Criterio	Pregunta orientadora
Comportamiento acústico relativo	¿Qué diferencias presenta la configuración respecto de las condiciones de referencia utilizadas en el ensayo?
Repetibilidad	¿Los resultados son consistentes entre mediciones?
Peso	¿Cuánto material utiliza la configuración?
Tiempo de impresión	¿Qué exigencias de tiempo presenta su fabricación?
Estabilidad	¿La estructura puede mantenerse en posición sin deformarse excesivamente?
Permeabilidad visual	¿La geometría permite paso de luz y no genera una barrera completamente opaca?

Tabla 57 Criterios para seleccionar configuraciones lattice aplicables a la pantalla

A partir de estas variables y criterios se desarrolla la exploración experimental comparativa presentada en la segunda parte de la fase Definir.

7 DEFINIR II: EXPERIMENTACIÓN Y DESARROLLO DE LA PANTALLA

En este capítulo se desarrolla la segunda parte de la fase Definir, orientada a evaluar criterios técnicos de la propuesta y trasladar los resultados obtenidos hacia decisiones concretas para el desarrollo de la pantalla.

Para ello, se integra la experimentación acústica comparativa de probetas lattice con la definición dimensional, morfológica y constructiva del producto, utilizando los resultados como antecedentes para las decisiones de diseño.

7.1 Propósito de la experimentación y del desarrollo

El propósito de esta etapa es evaluar las variables técnicas definidas previamente y utilizar los resultados obtenidos para avanzar desde la configuración preliminar hacia una definición más concreta de la pantalla. La experimentación se orienta a comparar el comportamiento acústico relativo de distintas configuraciones, mientras que el desarrollo posterior integra estos antecedentes con criterios antropométricos, espaciales, de uso y fabricación.

De esta manera, la etapa busca responder preguntas asociadas a comportamiento acústico relativo, repetibilidad, fabricación, materialidad, dimensiones y modularidad, integrando los resultados en la definición de la pantalla.

Dimensión evaluada	Pregunta de diseño asociada
Comportamiento acústico relativo	¿Qué diferencias se observan entre las configuraciones evaluadas bajo el mismo procedimiento?
Repetibilidad	¿Qué tan consistentes son los resultados

	obtenidos entre mediciones?
Fabricación	¿Qué configuraciones presentan menores exigencias de tiempo y material?
Material	¿Qué diferencias presenta una misma configuración al fabricarse en TPU y PLA?
Dimensiones	¿Qué dimensiones requiere la pantalla para responder a las condiciones espaciales y antropométricas definidas?
Modularidad	¿Cómo puede dividirse la pantalla para permitir su fabricación, ensamble y reconfiguración?

Tabla 58 Aspectos considerados durante la experimentación y el desarrollo de la pantalla

7.2 Diseño experimental

Se realizó una experimentación exploratoria con probetas lattice fabricadas principalmente en TPU para comparar distintas configuraciones geométricas bajo un mismo

procedimiento. Adicionalmente, se incorporó una probeta en PLA para comparar el efecto del material manteniendo una misma configuración geométrica. El ensayo consideró comportamiento acústico relativo y exigencias productivas y no busca determinar coeficientes normalizados de absorción ni sustituir métodos como ISO 354:2003 (International Organization for Standardization [ISO], 2003).

7.2.1 Probeta base y lectura del código

La probeta G10FV50A3u se estableció como configuración base, compuesta por una geometría Gyroid, tamaño de celda de 10 mm, fracción de volumen de 50 %, espesor de 3 cm y distribución uniforme. A partir de esta referencia se modificaron distintas variables geométricas durante las primeras rondas experimentales.

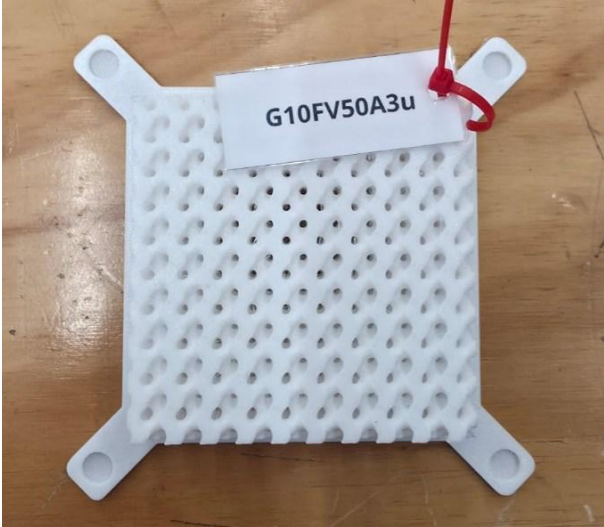


Ilustración 42 Probeta G10FV50A3u

Elemento del código	Significado
G	Patrón Gyroide
SP	Patrón Schwarz P
SD	Patrón Schwarz D
Número posterior al patrón	Tamaño de celda en milímetros
FV	Fracción de volumen
Número posterior a FV	Porcentaje de fracción de volumen

A	Altura o espesor de la probeta
u	Distribución uniforme
g	Distribución gradada

Tabla 59 Lectura general del código de probetas

Código	Patrón	Tamaño de celda	Fración de volumen	Altura	Distribución
G10FV50A3u	Gyroid	10 mm	50%	3 cm	Uniforme

Tabla 60 Probeta base utilizada para la comparación experimental

La codificación permite mantener trazabilidad entre la configuración geométrica, las condiciones de fabricación y los resultados experimentales. En la Ronda 6 se incorpora además la identificación del material para diferenciar la configuración SP10FV50A3u fabricada en PLA de su equivalente fabricada en TPU.

7.2.2 Variables modificadas

Las variables se seleccionaron considerando su relación con el comportamiento acústico relativo y las condiciones de fabricación. Las primeras cinco rondas modifican variables geométricas de las probetas, mientras que las rondas posteriores incorporan una comparación de material y la evaluación de una combinación aplicada posteriormente al producto.

Variable	Condiciones evaluadas	Propósito
Patrón geométrico	Gyroid, Schwarz P y Schwarz D	Comparar distintas topologías
Tamaño de celda	10, 5 y 3 mm	Evaluar el efecto de modificar la escala de la estructura

Fracción de volumen	50, 40 y 30 %	Comparar configuraciones con distinta cantidad relativa de material
Distribución interna	Uniforme y gradada	Evaluar el efecto de modificar la distribución interna
Espesor	1, 3 y 5 cm	Comparar el efecto de modificar la profundidad de la probeta
Respaldo posterior	Sin respaldo y con respaldo de TPU	Evaluar el efecto de cerrar la cara posterior
Material	TPU y PLA	Comparar una misma configuración fabricada con materiales distintos
Configuración aplicada	SP10FV40A3u	Evaluar la combinación trasladada posteriormente a la pantalla

Tabla 61 Variables modificadas en la experimentación lattice

7.2.3 Rondas comparativas

El respaldo posterior se evaluó como una condición complementaria para las primeras cinco rondas y no como una ronda independiente. Las rondas 6 y 7 se realizaron únicamente sin respaldo.

La experimentación se organizó en rondas de comparación. En las rondas 1 a 5 se utilizó la probeta base como referencia para analizar variables geométricas. Posteriormente se incorporó una comparación entre materiales y una evaluación de la configuración utilizada en el desarrollo de la pantalla.

Ronda	Variable analizada	Probetas comparadas	Pregunta de análisis
R0	Referencia material	Espuma acústica	¿Cómo se comporta una referencia absorbente convencional dentro del montaje?

R1	Patrón geométrico	G10FV50A3u SP10FV50A3u SD10FV50A3u	¿Cómo cambia el resultado al modificar la topología?
R2	Tamaño de celda	G10FV50A3u / G05FV50A3u / G03FV50A3u	¿Qué ocurre al reducir el tamaño de celda?
R3	Fracción de volumen	G10FV50A3u / G10FV40A3u / G10FV30A3u	¿Cómo afecta reducir la cantidad relativa de material?
R4	Distribución interna	G10FV503050A3g / G10FV305030A3g	¿Qué efecto presenta una distribución gradada?
R5	Espesor	G10FV50A3u / G10FV50A5u / G10FV50A1u	¿Cómo afecta aumentar o reducir el espesor?
R6	Material	SP10FV50A3u TPU / SP10FV50A3u PLA	¿Qué diferencias se observan al mantener la geometría y modificar el material?
R7	Configuración aplicada	SP10FV40A3u	¿Cómo se comporta la configuración trasladada posteriormente a la pantalla?

Tabla 62 Rondas de comparación experimental a partir de la probeta base

Las rondas 1 a 5 se estructuraron para modificar variables geométricas respecto de una configuración de referencia. La Ronda 6 se incorporó posteriormente para comparar TPU y PLA manteniendo constante la geometría SP10FV50A3u. Finalmente, la Ronda 7 no corresponde a la modificación

aislada de una única variable, sino a la evaluación de SP10FV40A3u como combinación candidata para la pantalla. Debido a que el efecto conjunto del patrón Schwarz P y la reducción de fracción de volumen no podía inferirse directamente de las rondas anteriores, esta configuración fue

fabricada y evaluada de manera independiente.

7.3 Montaje experimental, equipos y procedimiento

El montaje fue diseñado para mantener constantes las condiciones entre probetas y permitir comparaciones internas. No reproduce una cámara reverberante ni el procedimiento de ISO 354 para determinar absorción sonora, por lo que los resultados se interpretan únicamente como diferencias relativas dentro del sistema desarrollado.

7.3.1 Elementos del montaje

El montaje consistió en una caja de MDF de 15 mm de espesor, con dimensiones externas de $30 \times 30 \times 30$ cm y una cavidad interna aproximada de $27 \times 27 \times 27$ cm. La caja permaneció cerrada durante las mediciones y contó con una cara superior removible para instalar el micrófono y cambiar las muestras.

Cada probeta se ubicó centrada en una cara lateral y opuesta al parlante mediante encaje a presión. El parlante permaneció en una posición fija y el micrófono se situó aproximadamente en el centro geométrico de la cavidad.

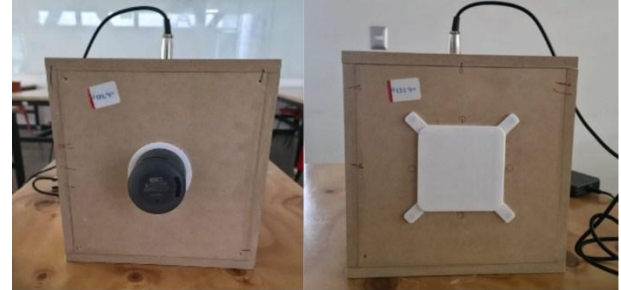


Ilustración 43 Montaje experimental de caja MDF para medición comparativa

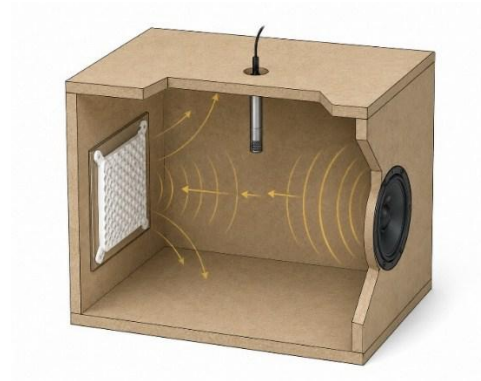


Ilustración 44 Interacción al interior del sistema

Elemento	Función dentro del ensayo	Observación
Caja experimental de MDF	Recinto reducido para realizar comparaciones	30 × 30 × 30 cm; MDF de 15 mm
Probeta lattice	Muestra evaluada	Centrada en una cara lateral
Parlante Sony SRS-XB100	Emitir señal de prueba	Posición fija frente a la probeta
Micrófono condensador Philco	Registrar la señal	Próximo al centro de la cavidad
REW	Generar y registrar la medición	Función Measure y visualización Decay
Planilla de registro	Ordenar mediciones y resultados	Separación por configuración y condición
Código en Python	Procesar archivos exportados	Cálculo automatizado del TD20

Tabla 63 Elementos considerados en el montaje experimental

7.3.2 Preparación de la medición

Antes de evaluar las probetas se midió el ruido de fondo con la caja cerrada y el parlante apagado. Posteriormente se realizó una medición con la caja vacía y la señal activa para comprobar el margen disponible respecto del ruido de fondo y evitar la saturación durante los registros.

El ruido de fondo promedio registrado fue de 38,9 dB, mientras que el nivel utilizado para la

señal alcanzó aproximadamente 75,6 dB, generando un rango dinámico de 36,7 dB.

Este procedimiento toma como referencia general la relación entre decaimiento sonoro, rango dinámico y ruido de fondo considerada en mediciones de reverberación (ISO 3382, 1997). Debido a las características del montaje, los resultados se interpretan únicamente con un alcance comparativo y exploratorio.

7.3.3 Procedimiento de medición

El procedimiento consistió en emitir una señal mediante REW y registrar su decaimiento temporal en las bandas de 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz, siguiendo una lógica similar a las mediciones de reverberación, pero sin interpretar los resultados como parámetros normalizados (ISO 3382, 1997).

Cada configuración fue medida cinco veces. Los registros se exportaron desde la visualización Decay de REW y posteriormente

fueron procesados mediante un código desarrollado en Python para determinar el TD20 correspondiente a cada banda.

La caja vacía se utilizó como condición base y la espuma acústica como referencia material externa. Las configuraciones correspondientes a las primeras cinco rondas se evaluaron sin respaldo y posteriormente con respaldo de TPU. Las rondas 6 y 7 se realizaron únicamente sin respaldo.

Etapa	Acción realizada	Propósito
1	Preparar caja, parlante, micrófono y muestra	Mantener la configuración del montaje
2	Medir ruido de fondo	Establecer el nivel base
3	Medir caja vacía	Obtener la condición de referencia
4	Medir espuma acústica	Incorporar una referencia material
5	Instalar probeta lattice	Evaluar la configuración
6	Emitir señal sonora mediante REW	Generar una excitación comparable
7	Repetir la medición cinco veces	Evaluar dispersión y repetibilidad
8	Exportar Decay por bandas	Obtener los datos temporales
9	Procesar mediante Python	Calcular TD20 e indicadores posteriores

Tabla 64 Procedimiento general de medición acústica comparativa

7.4 Indicadores de análisis

Para interpretar los resultados se utilizaron indicadores acústicos y productivos. La evaluación considera el Índice de Decaimiento Relativo, la repetibilidad, el tiempo estimado de impresión y la cantidad estimada de material. Su análisis conjunto permite relacionar el comportamiento observado en las probetas con las condiciones necesarias para su traslado hacia el producto.

7.4.1 TD20

El TD20 se definió como el tiempo que tarda el nivel sonoro en disminuir 20 dB desde el máximo registrado, utilizándose como indicador exploratorio para comparar la velocidad de decaimiento entre probetas.

Aunque se basa en la lógica temporal de las mediciones de reverberación, no se interpreta como un tiempo de reverberación normalizado ni como un parámetro certificable (ISO 3382, 1997).

La elección del TD20 se relacionó con el rango dinámico disponible. Con un ruido de fondo de 38,9 dB y un nivel de señal de 75,6 dB se obtuvo un margen aproximado de 36,7 dB. Este rango permite evaluar una caída de 20 dB manteniendo distancia respecto del ruido de fondo, mientras que una disminución

mayor puede aproximarse excesivamente al nivel de fondo en determinadas bandas.

Indicador	Definición	Interpretación
TD20	Tiempo necesario para una disminución de 20 dB	Un valor menor representa un decaimiento más rápido
TD20 caja vacía	Decaimiento del montaje sin muestra	Condición de referencia
TD20 probeta	Decaimiento con una muestra instalada	Permite comparar el efecto relativo de cada configuración

Tabla 65 Interpretación del TD20 dentro del montaje experimental

7.4.2 Índice de Decaimiento Relativo

A partir del TD20 se utilizó el Índice de Decaimiento Relativo (IDR) como indicador comparativo propio de la memoria. El índice representa la diferencia ponderada entre el TD20 promedio de la caja vacía y el TD20 promedio de la probeta para cada banda analizada.

$$\Delta_f = \overline{TD20}_{caja,f} - \overline{TD20}_{probeta,f}$$

Posteriormente, cada diferencia se multiplica por el factor correspondiente a su banda:

$$IDR = 1000 \sum (\Delta_f \cdot w_f)$$

El factor 1000 se utiliza para facilitar la lectura y comparación de los resultados. Un IDR mayor representa una mayor reducción ponderada del TD20 respecto de la caja vacía dentro del montaje utilizado.

El IDR corresponde a un indicador interno, relativo y exploratorio y no a un coeficiente de absorción acústica ni a un parámetro certificado según ISO 354 o ISO 11654 (ISO 354, 2003; ISO 11654, 1997).

7.4.3 Repetibilidad

El CV se calcula a partir de los valores obtenidos en las cinco repeticiones de cada configuración y se utiliza exclusivamente como indicador de dispersión relativa dentro del procedimiento desarrollado:

$$CV = \frac{s_{IDR}}{IDR} \times 100$$

Un CV menor representa una menor dispersión relativa entre las repeticiones. Este indicador se utiliza como complemento del

IDR, debido a que una configuración con un valor medio favorable pero alta dispersión requiere una interpretación más cautelosa.

7.4.4 Tiempo de impresión y material utilizado

El tiempo estimado de impresión y la cantidad estimada de material se incorporaron como indicadores productivos. Estos valores permiten identificar configuraciones que, aun presentando un comportamiento acústico relativo favorable, requieren mayores tiempos y cantidades de material para fabricar las probetas consideradas.

Los valores corresponden a las estimaciones obtenidas durante la preparación de las piezas para fabricación mediante FFF y se utilizan de manera comparativa entre probetas.

7.4.5 Bandas de frecuencia analizadas

Las bandas seleccionadas se encuentran dentro de rangos utilizados habitualmente para análisis acústicos por frecuencia. Sin embargo, los factores de ponderación utilizados para construir el IDR corresponden a un criterio interno definido para esta investigación y no a una ponderación establecida por ISO 11654 o ISO 3382.

Banda de frecuencia	Factor de ponderación
125 Hz	0,05
250 Hz	0,10
500 Hz	0,25
1000 Hz	0,30
2000 Hz	0,20
4000 Hz	0,10

Tabla 66 Bandas de frecuencia consideradas

Se asignó mayor peso relativo a 500, 1000 y 2000 Hz por su pertinencia para el foco del proyecto sobre la comunicación oral, mientras que las bandas restantes se mantuvieron con ponderaciones menores para conservar una lectura más amplia del comportamiento de las probetas.

7.4.6 Normalización para gráficos radiales

Para complementar la lectura de los valores originales se utilizaron gráficos radiales que permiten representar conjuntamente IDR, repetibilidad, tiempo de impresión y material, aun cuando estos indicadores presentan escalas y unidades distintas.

Los valores se normalizaron dentro del conjunto representado en cada gráfico. Para

el IDR se asigna 100 a la configuración con el mayor valor.

$$S_{IDR,i} = \frac{IDR_i}{IDR_{max}} \times 100$$

Para CV, tiempo y material, donde un valor menor resulta favorable, se utiliza:

$$S_{x,i} = \frac{x_{min}}{x_i} \times 100$$

De esta manera, un valor más próximo a 100 representa una condición relativa más favorable para el criterio correspondiente. Estos puntajes sirven únicamente para visualizar el equilibrio entre indicadores y no corresponden a porcentajes absolutos de desempeño.

7.4.7 Criterios de integración al producto

Además de los indicadores cuantitativos, la selección de configuraciones considera criterios asociados a su incorporación en el producto. Estos incluyen continuidad geométrica, manipulación de las piezas, apertura visual y compatibilidad con la fabricación y ensamblaje de la pantalla.

Estos aspectos no se expresan mediante un índice único. Se utilizan como criterios complementarios para evitar que la selección

dependa exclusivamente del IDR, el CV, el tiempo de impresión o la cantidad de material.

7.5 Resultados experimentales

Los resultados se analizaron considerando el comportamiento por bandas de frecuencia, el IDR, la dispersión entre mediciones y las exigencias estimadas de fabricación. Las primeras cinco rondas evaluaron variables geométricas y el efecto del respaldo posterior; posteriormente se compararon TPU y PLA bajo una misma geometría y se evaluó de manera independiente la configuración SP10FV40A3u utilizada para el desarrollo de la pantalla.

La espuma acústica utilizada como referencia material obtuvo un IDR de 5,187 dentro del montaje y se utiliza únicamente para contextualizar las diferencias registradas.

7.5.1 Comportamiento por bandas de frecuencia

La lectura por bandas permite identificar diferencias que no quedan completamente representadas mediante el IDR agregado. En las probetas abiertas evaluadas, las bandas de 500 y 1000 Hz presentaron diferencias positivas respecto de la caja vacía en todas las configuraciones, indicando menores valores de TD20 dentro del montaje. La banda de 4000 Hz presentó igualmente diferencias positivas en todas las probetas abiertas.

En 125 Hz se observó una tendencia distinta, debido a que la mayoría de las configuraciones presentó diferencias negativas respecto de la caja vacía. Las excepciones correspondieron a G05FV50A3u y G03FV50A3u, evaluadas durante la comparación del tamaño de celda.

Las bandas de 250 y 2000 Hz mostraron un comportamiento dependiente de la configuración, registrándose tanto diferencias positivas como negativas entre las probetas. Por lo tanto, no se identifica una respuesta común en estas frecuencias.

Estos resultados muestran que el comportamiento observado depende de la frecuencia y justifican complementar el IDR agregado con la lectura individual de las bandas. La interpretación debe mantenerse restringida al montaje experimental utilizado y no permite identificar por sí sola el mecanismo físico responsable de cada diferencia.

7.5.2 Comparación de variables geométricas

La primera ronda comparó los patrones Gyroid, Schwarz P y Schwarz D manteniendo constantes un tamaño de celda de 10 mm, una fracción de volumen de 50 %, un espesor de 30 mm y una distribución uniforme. SP10FV50A3u presentó el mayor IDR de la ronda, con 11,888, frente a 8,700 de G10FV50A3u y 3,240 de SD10FV50A3u.

Asimismo, requirió 585 min y 111,18 g, valores inferiores a los 673 min y 120,74 g de Gyroid y a los 943 min y 151,01 g de Schwarz D. Dentro de esta comparación, Schwarz P presentó el balance más favorable entre comportamiento acústico relativo y exigencias estimadas de fabricación, por lo que se seleccionó como patrón de referencia para continuar el desarrollo.

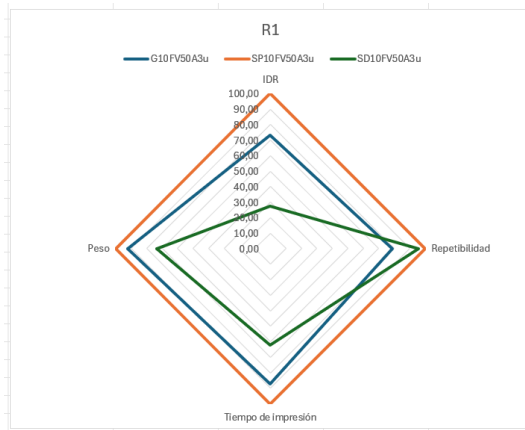


Figura 8 Gráfico radial de la Ronda 1: patrón geométrico

La segunda ronda evaluó tamaños de celda de 10, 5 y 3 mm manteniendo las restantes variables de la probeta Gyroid de referencia. G03FV50A3u obtuvo el mayor IDR, con 12,266, y el menor CV, con 14,70 %. Sin embargo, su fabricación requirió 2474 min y

188,33 g, mientras que la configuración de 10 mm requirió 673 min y 120,74 g. La reducción a 3 mm produjo, por tanto, un resultado acústico relativo más favorable dentro del montaje, pero aumentó de manera considerable las exigencias productivas. Considerando que la selección para el producto no dependía únicamente del IDR, se mantuvo un tamaño de celda de 10 mm para el desarrollo posterior.

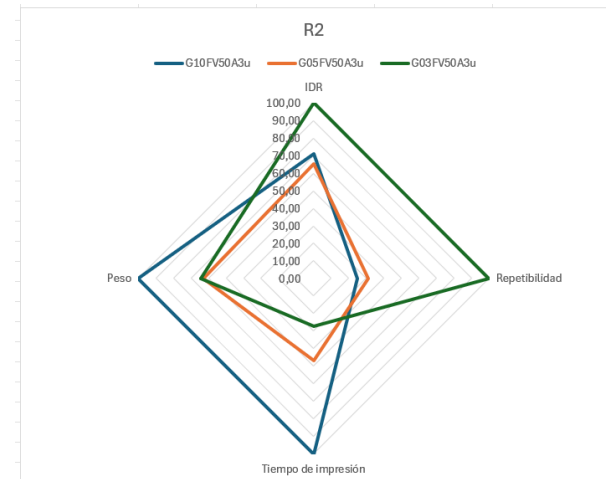


Figura 9 Gráfico radial de la Ronda 2: tamaño de celda

La tercera ronda comparó fracciones de volumen de 50, 40 y 30 % utilizando la geometría Gyroid. Los IDR obtenidos fueron 8,700, 5,516 y 8,518, respectivamente, por lo que no se identificó una relación lineal entre reducción de material y comportamiento

acústico relativo. La configuración de 40 % presentó el menor tiempo y cantidad estimada de material, con 558 min y 106,86 g, pero también obtuvo el menor IDR de la ronda. En consecuencia, esta prueba no permite concluir que una fracción de volumen de 40 % sea acústicamente superior. Su resultado mostró, en cambio, que la reducción de material podía disminuir las exigencias de fabricación, antecedente que posteriormente motivó evaluar de forma independiente una combinación de Schwarz P con 40 % de fracción de volumen.

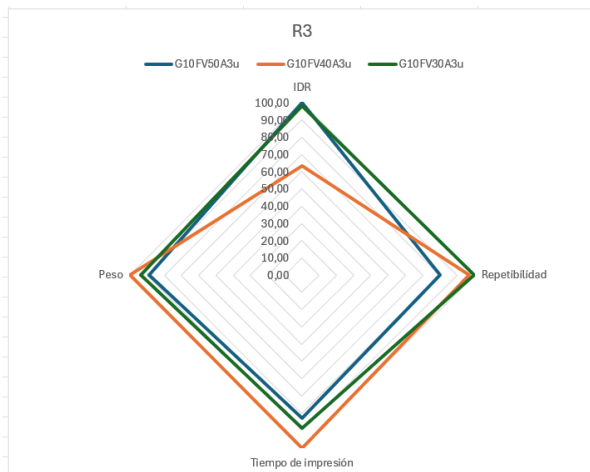


Figura 10 Gráfico radial de la Ronda 3: fracción de volumen

La cuarta ronda comparó dos distribuciones gradadas con la distribución uniforme de

referencia. G10FV503050A3g obtuvo un IDR de 6,040 y G10FV305030A3g de 7,480, ambos inferiores al 8,700 de G10FV50A3u. Bajo las configuraciones evaluadas, la gradación no produjo una mejora general del indicador, por lo que se mantuvo una distribución uniforme para continuar el desarrollo. Esta decisión se limita a las gradaciones ensayadas y no implica que una distribución gradada no pueda presentar ventajas bajo otras geometrías o condiciones.

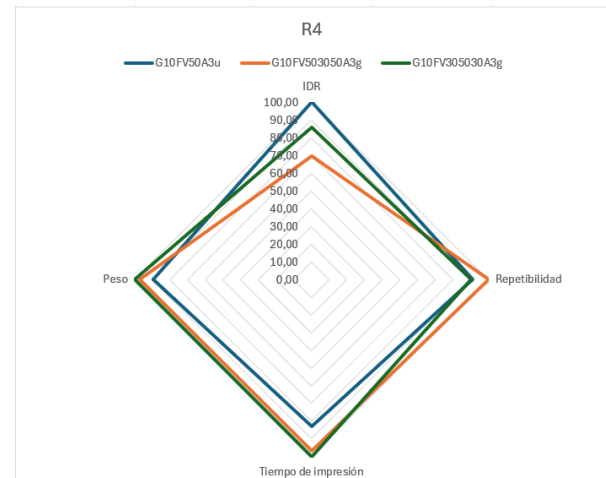


Figura 11 Gráfico radial de la Ronda 4: distribución interna

Finalmente, la quinta ronda comparó espesores de 10, 30 y 50 mm. La configuración de 30 mm presentó un IDR de 8,700, frente a 3,160 para 10 mm y 4,314 para

50 mm. El aumento a 50 mm incrementó además el tiempo y material estimados hasta 1045 min y 195,06 g, mientras que la reducción a 10 mm disminuyó estas exigencias hasta 237 min y 50,47 g, pero presentó el menor IDR de la comparación. Dentro de las condiciones evaluadas se mantuvo, por tanto, un espesor de 30 mm como referencia para la pantalla.

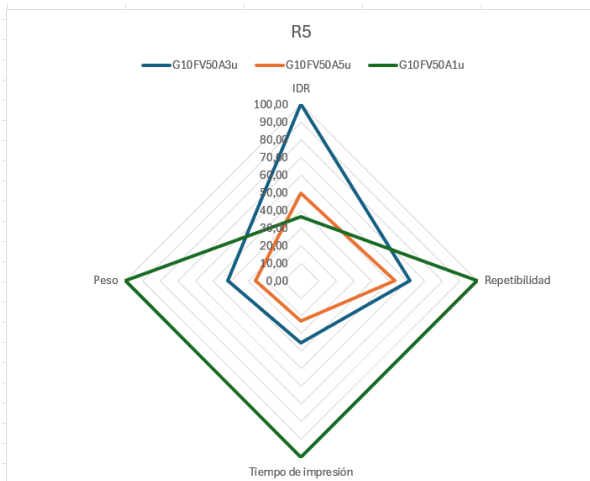


Figura 12 Gráfico radial de la Ronda 5: espesor

7.5.3 Efecto del respaldo posterior

Las primeras cinco rondas se repitieron incorporando un respaldo posterior de TPU. La modificación no produjo una tendencia común entre las configuraciones. En algunas probetas el IDR disminuyó, como G10FV50A3u, que pasó de 8,700 a 3,705,

SP10FV50A3u de 11,888 a 4,237 y G03FV50A3u de 12,266 a 6,344; mientras que otras configuraciones presentaron aumentos.

Debido a esta variabilidad, no se identificó evidencia para considerar el respaldo como una mejora general aplicable a las superficies lattice. Además, cerrar posteriormente la estructura reducía el paso de luz y la permeabilidad visual establecidos como requerimientos del producto. Por estas razones, no se incorporó un respaldo posterior general en la zona lattice de la pantalla.

7.5.4 Comparación entre TPU y PLA

La Ronda 6 comparó dos probetas SP10FV50A3u de igual geometría, una fabricada en TPU y otra en PLA. Se mantuvieron constantes el patrón Schwarz P, el tamaño de celda de 10 mm, la fracción de volumen de 50 %, el espesor de 30 mm y la distribución uniforme, modificándose principalmente el material.

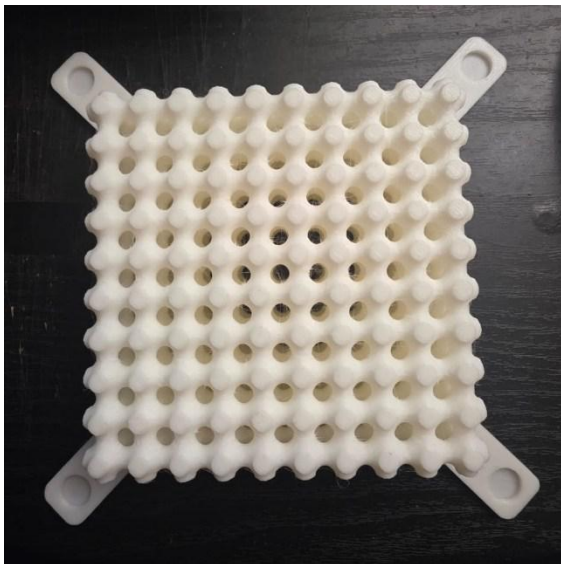


Ilustración 45 Probeta PLA

Al mantener constantes el patrón, tamaño de celda, fracción de volumen, espesor y distribución, la principal variable modificada corresponde al material.

La probeta de TPU obtuvo un IDR de 11,888 y un CV de 47,04 %, mientras que la probeta de PLA alcanzó un IDR de 3,102 y un CV de 68,38 %. La versión en TPU presentó un comportamiento relativo más favorable en las seis bandas consideradas. En 250 y 2000 Hz la probeta de PLA registró diferencias negativas respecto de la caja vacía, mientras que la versión en TPU presentó diferencias positivas; en 500, 1000 y 4000 Hz ambas

fueron positivas, pero las diferencias obtenidas con TPU fueron mayores.

Desde el punto de vista productivo, PLA presentó menores exigencias estimadas, con 422 min y 106,27 g, frente a 585 min y 111,18 g para TPU. La comparación muestra, por tanto, una relación contrapuesta entre los indicadores acústicos relativos y las condiciones de fabricación.

Considerando conjuntamente estos resultados y la necesidad de disponer de piezas flexibles y manipulables para la configuración reconfigurable, se mantuvo TPU como material para las superficies lattice. Esta decisión se limita a la geometría y condiciones ensayadas y no se utiliza para establecer una superioridad acústica general del TPU respecto del PLA.

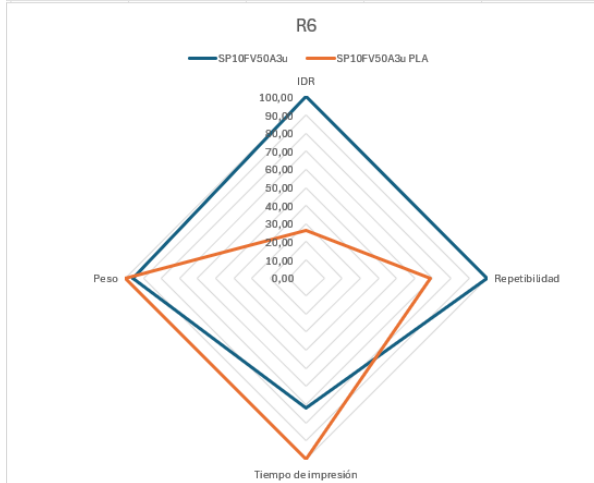


Figura 13 Gráfico radial de la Ronda 6: SP10FV50A3u en TPU y PLA

7.5.5 Evaluación de la configuración aplicada a la pantalla

A partir de los resultados anteriores se definió una configuración candidata para la pantalla, denominada SP10FV40A3u, compuesta por patrón Schwarz P, tamaño de celda de 10 mm,

fracción de volumen de 40 %, espesor de 30 mm y distribución uniforme.

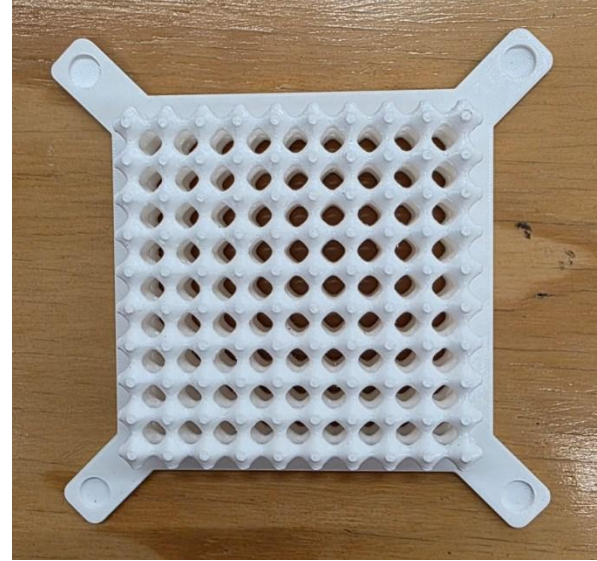


Ilustración 46 SP10FV40A3u

Esta configuración combina el patrón seleccionado durante la Ronda 1 con una reducción de la fracción de volumen orientada a disminuir material y tiempo de fabricación. Sin embargo, la Ronda 3 había evaluado la fracción de volumen utilizando geometría Gyroid. Por esta razón, no era posible asumir que el comportamiento observado se mantendría al trasladar el 40 % a Schwarz P,

y la nueva combinación fue fabricada y evaluada de manera independiente.

SP10FV40A3u obtuvo un IDR de 12,201 y un CV de 47,60 % considerando las seis bandas analizadas. Presentó diferencias positivas respecto de la caja vacía en 250, 500, 1000 y 4000 Hz, mientras que en 125 y 2000 Hz se registraron diferencias negativas. Los principales aportes positivos al índice se concentraron en 500 y 1000 Hz.

Su fabricación requirió 437 min y 68,99 g, frente a 585 min y 111,18 g de SP10FV50A3u. Al mismo tiempo, el IDR aumentó desde 11,888 a 12,201 y el CV se mantuvo en un rango similar, pasando de 47,04 % a 47,60 %.

La comparación con G03FV50A3u permite precisar el criterio de decisión. La probeta de 3 mm mantiene el mayor IDR de las probetas abiertas, con 12,266, y presenta una menor dispersión, pero requiere 2474 min y 188,33 g. SP10FV40A3u obtiene un IDR próximo, con menores exigencias estimadas de tiempo y material. En consecuencia, se seleccionó SP10FV40A3u para la pantalla por el balance alcanzado entre comportamiento acústico relativo, repetibilidad y fabricación, y no por

presentar el mejor resultado aislado en cada indicador.

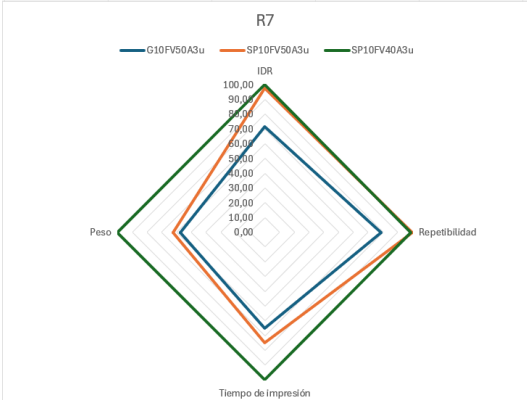


Ilustración 47 Resultado de la configuración SP10FV40A3u

7.5.6 Lectura integrada mediante gráficos radiales

Los gráficos radiales complementan los valores originales al representar conjuntamente IDR, dispersión, tiempo y material mediante una escala normalizada. Su lectura permite visualizar los compromisos existentes entre comportamiento acústico relativo y exigencias productivas, pero no sustituye los valores cuantitativos utilizados para las decisiones.

La comparación integrada muestra que G03FV50A3u concentra los resultados más favorables de IDR y repetibilidad, pero

presenta las mayores exigencias productivas entre las configuraciones consideradas. En sentido opuesto, las variantes de menor espesor reducen tiempo y material a costa de un menor IDR. SP10FV40A3u se sitúa entre estas condiciones y presenta el balance utilizado para su selección.

Figura 13 sintetiza esta relación y constituye la comparación final utilizada para la selección de la configuración incorporada a la pantalla.

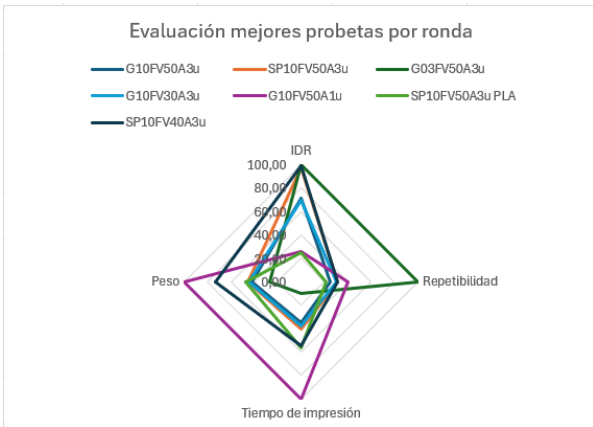


Figura 14 Comparación radial de configuraciones representativas

7.5.7 Proceso de fabricación y observaciones

La fabricación de las probetas mediante FFF en TPU permitió identificar restricciones que complementaron los indicadores de tiempo y material. Durante las impresiones se observaron interrupciones del flujo, formación

de hilos entre trayectorias, acumulación de TPU en la zona de la boquilla, fallas de primeras capas y obstrucciones del extrusor. Estas condiciones podían generar discontinuidades dentro de la estructura o detener completamente la impresión.

Las consecuencias adquirieron mayor relevancia a medida que aumentó la duración de las impresiones, debido a que una falla comprometía una mayor cantidad de tiempo y material. Esta condición reforzó la decisión de no seleccionar configuraciones únicamente por su IDR y contribuyó a descartar para el producto alternativas de alta exigencia productiva, como la celda de 3 mm.

Estas observaciones se incorporan posteriormente al desarrollo constructivo de la pantalla. En 7.9 se analiza específicamente cómo el riesgo asociado a impresiones prolongadas condujo a subdividir la superficie lattice en piezas M1 y M2.

Dificultad observada	Efecto durante la fabricación	Implicancia para el desarrollo
Interrupciones del flujo	Sectores incompletos o discontinuidades dentro del patrón	Evitar configuraciones con trayectorias excesivamente críticas o difíciles de reproducir
Formación de <i>stringing</i>	Hilos entre sectores y pérdida de limpieza geométrica	Considerar la estabilidad de los recorridos y la terminación de la pieza
Acumulación de TPU en la boquilla	Arrastre de material y pérdida de continuidad	Controlar las condiciones del proceso y evitar configuraciones propensas a acumulaciones
Fallas en primeras capas	Pérdida de estabilidad inicial de la impresión	Mantener condiciones adecuadas de apoyo y continuidad en el inicio de las piezas
Obstrucción del extrusor	Detención de la fabricación y pérdida de la pieza	Incorporar la confiabilidad del proceso como criterio de selección
Impresiones prolongadas	Mayor exposición temporal a una falla durante el proceso	Evitar concentrar tiempos excesivos de fabricación en una única pieza

Tabla 67 Fallos de impresión observados e implicancias para el desarrollo de la pantalla

Estos resultados modifican la lectura de los indicadores productivos utilizados anteriormente. El tiempo de impresión no representa únicamente la duración necesaria para obtener una pieza, sino también el periodo durante el cual una falla puede provocar la pérdida del trabajo realizado y del

material utilizado. Por esta razón, una configuración con un comportamiento acústico relativo favorable no resulta necesariamente pertinente para el producto si requiere tiempos elevados o presenta dificultades recurrentes de fabricación.

Esta condición fue especialmente relevante en la comparación del tamaño de celda. Aunque la configuración de 3 mm presentó el mayor IDR y la menor dispersión de esa ronda, su tiempo estimado de fabricación fue considerablemente superior al de la configuración de 10 mm. Las incidencias observadas durante la impresión aumentaron la relevancia de esta diferencia, debido a que una fabricación más prolongada mantiene una mayor cantidad de tiempo y material expuestos a una eventual falla.

De esta manera, la experimentación mostró que la fabricabilidad forma parte de la decisión geométrica y no constituye una etapa independiente posterior al diseño. Este criterio influyó tanto en la selección de configuraciones lattice como en la posterior subdivisión de la superficie de la pantalla en piezas de menor tamaño, desarrollada en 7.9.



Ilustración 48 Fallos de impresión observados en probetas lattice de TPU

7.6 Definición dimensional de la pantalla

Las dimensiones de la pantalla se definieron considerando las condiciones espaciales identificadas en el contexto de uso, referencias antropométricas de población trabajadora chilena y la relación geométrica entre usuarios enfrentados.

7.6.1 Definición de la altura

ASTM E1374-18 ϵ 1 identifica la altura de las barreras como una variable relevante para interrumpir la trayectoria entre la boca de un hablante y el receptor. La norma también señala que la transmisión puede producirse

alrededor de los bordes mediante difracción y reflexiones. Los valores absolutos de altura indicados por ASTM corresponden a barreras de oficinas abiertas y no se trasladaron directamente a una pantalla sobre escritorio; en este proyecto se utilizó el principio de interrupción de la trayectoria y se recalculó la dimensión respecto de la superficie de trabajo (ASTM International, 2018, sec. 6.2.2.2).

Para establecer las posiciones corporales se utilizaron las Tablas de antropometría de la población trabajadora chilena de Castellucci, Viviani y Martínez. El estudio entrega medidas diferenciadas para hombres y mujeres y está orientado a su utilización en diseño de productos y espacios de trabajo.

Debido a que las tablas no entregan directamente una medida boca-asiento, esta posición se estimó como el punto medio entre ojo-asiento y hombro-asiento. Esta estimación corresponde a una aproximación adoptada para el proyecto y no a una medida antropométrica reportada por la fuente.

Para hombres:

$$H_{boca} = \frac{803,5 + 619,0}{2} = 711,25 \text{ mm}$$

Para mujeres:

$$H_{boca} = \frac{755,0 + 582,8}{2} = 668,9 \text{ mm}$$

Como referencia de diseño se utilizó el promedio entre ambos valores:

$$H_{boca,ref} \approx 690,0 \text{ mm}$$

Para establecer la altura aproximada de la superficie de trabajo se utilizó la medida codo-asiento, considerando una posición sentada con el codo próximo a 90°. Los valores promedio utilizados fueron 244,6 mm para hombres y 244,0 mm para mujeres:

$$H_{codo,ref} = \frac{244,6 + 244,0}{2} = 244,3 \text{ mm}$$

De esta manera, la altura estimada de la boca respecto de la mesa es:

$$H_{boca-mesa} = 690,0 - 244,3 = 445,7 \text{ mm}$$

Para definir la altura total de la pantalla se utilizó además la altura ojo-asiento masculina promedio, por ser la mayor de las medias consideradas:

$$H_{ojo-mesa} = 803,5 - 244,6 = 558,9 \text{ mm}$$

Este valor constituye un criterio de diseño adoptado a partir de las medias antropométricas utilizadas y no representa por sí solo una cobertura estadística de toda la población.



El ancho se relacionó con la superficie útil identificada durante el análisis del puesto de trabajo. En la sección 6.4 se estableció una referencia aproximada de 55 × 80 cm por usuario, por lo que la pantalla se mantuvo dentro de la dimensión de 80 cm disponible en el eje transversal del puesto.

$$4 \times 200 = 800 \text{ mm}$$

El espesor se definió a partir de la comparación experimental desarrollada en 7.5. La configuración de 30 mm presentó el mayor IDR dentro de la ronda de espesores evaluada, frente a las variantes de 10 y 50 mm. A partir de este resultado se mantuvo una profundidad de 30 mm para las superficies lattice.

En estado lineal desplegado, la pantalla presenta una dimensión nominal de:

800 × 600 × 30 mm

La división en cuatro módulos permite reducir el ancho del conjunto al plegarlo. Durante la evaluación mediante prototipo de forma, la configuración de cuatro módulos presentó una dimensión aproximada de 600 × 220 × 120 mm al disponerse horizontalmente plegada. Esta medida se utiliza como referencia morfológica y no como tolerancia definitiva del producto, debido a que los materiales y mecanismos del prototipo de forma no representan los componentes finales.

Estado	Dimensión de referencia
Desplegado lineal	800 × 600 × 30 mm
Módulo individual	200 × 600 × 30 mm
Plegado	220 × 600 × 120 mm aprox

Tabla 68 Dimensiones generales de la pantalla

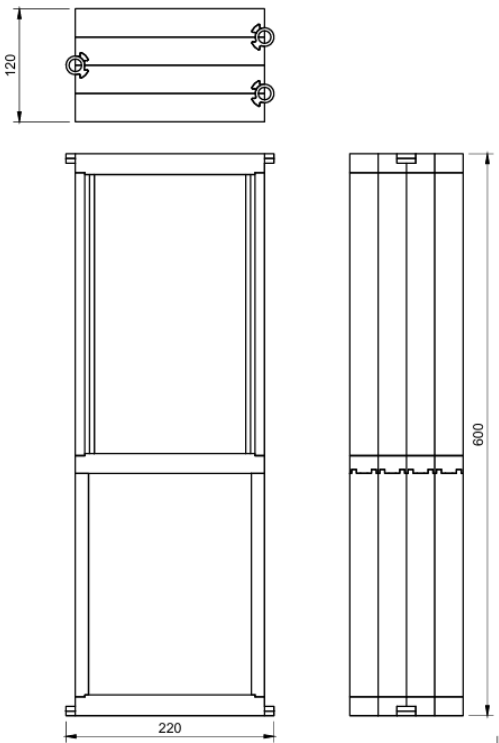


Ilustración 49 Dimensiones Separador plegado

7.7 Zonificación acústica y configuración de superficies

Una vez definida la altura, se estableció una zonificación vertical destinada a organizar las superficies de la pantalla. Esta división toma como antecedente la posición relativa entre los usuarios y la variación de la directividad de la voz con la frecuencia.

La zonificación constituye una traducción geométrica de antecedentes de directividad y posición corporal utilizada como criterio de organización del producto. No representa una división física exclusiva de las frecuencias ni demuestra que cada banda sonora incida únicamente sobre una zona determinada.

7.7.1 Fundamento de directividad

Bellows (2019) caracteriza la radiación de la voz mediante el factor de directividad $\backslash(Q\backslash)$, definido como la relación entre la intensidad sonora en una dirección determinada y la que produciría en la misma posición una fuente omnidireccional con igual potencia acústica total. Valores próximos a $Q=1$ representan una radiación aproximadamente omnidireccional, mientras que valores superiores indican una mayor concentración en determinadas direcciones.

Los resultados muestran que la directividad de la voz varía con la frecuencia y no sigue una única dirección. En bajas frecuencias el comportamiento es próximo al omnidireccional; alrededor de 400–500 Hz comienza a observarse una mayor direccionalidad, mientras que hacia 1 kHz y frecuencias superiores la radiación presenta una concentración más marcada.

A partir de estos antecedentes se establecieron tres aproximaciones de diseño.

Para 500 Hz se adoptó una inclinación de 15° bajo el eje frontal de la boca, tomando como referencia el lóbulo observado en la banda próxima de 400 Hz y el aumento de directividad hacia 500 Hz. Para 1000 Hz se adoptaron 30° sobre el eje frontal, utilizando como referencia la concentración registrada por Bellows aproximadamente a esa inclinación en 1,25 kHz. Para 2000 Hz se utilizó la dirección frontal como simplificación de diseño.

Estos ángulos no corresponden a valores medidos específicamente por Bellows en 500, 1000 y 2000 Hz, sino a aproximaciones adoptadas para trasladar los antecedentes de directividad a la geometría de la pantalla.

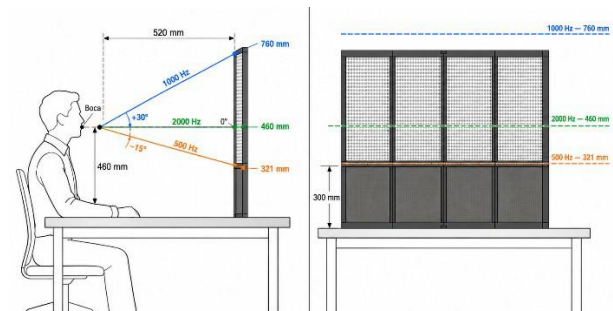


Figura 16 Aproximaciones geométricas utilizadas para 500, 1000 y 2000 Hz

7.7.2 Proyección sobre la pantalla

Las direcciones anteriores se proyectaron desde la altura de boca estimada de 445,7 mm sobre la mesa hacia la posición de la pantalla.

La distancia disponible entre el usuario y el eje central de la mesa corresponde aproximadamente a 520 mm. Considerando los 30 mm de espesor de la pantalla, se utilizó una distancia efectiva de 520 mm para realizar la proyección.

Para 500 Hz:

$$H_{500} = 445,7 - 520 \tan(15^\circ)$$
$$H_{500} \approx 306 \text{ mm}$$

La trayectoria considerada alcanza la pantalla aproximadamente a 300 mm sobre la mesa.

Para 1000 Hz:

$$H_{1000} = 445,7 + 520 \tan(30^\circ)$$
$$H_{1000} \approx 746 \text{ mm}$$

La proyección supera los 600 mm de altura seleccionados para la pantalla. Este resultado no se utilizó para aumentar la altura del producto, sino para identificar que la trayectoria ascendente considerada se relaciona con el sector superior y puede superar el límite físico definido mediante los criterios dimensionales anteriores.

Para 2000 Hz se utilizó el eje frontal:

$$H_{2000} \approx 445,7 \text{ mm}$$

Esta referencia se aproxima a 450 mm sobre la superficie de la mesa.

A partir de estos valores se establecieron tres sectores:

Zona	Altura desde la mesa	Criterio de distribución
Inferior	0–300 mm	Sector inferior a la referencia aproximada de 500 Hz
Intermedia	300–450 mm	Sector entre las referencias aproximadas de 500 y 2000 Hz
Superior	450–600 mm	Sector superior a la referencia frontal y relacionado con trayectorias ascendentes

Tabla 69 Zonificación vertical utilizada en el desarrollo de la pantalla

Los límites no representan fronteras acústicas entre frecuencias. Su función es trasladar antecedentes de directividad y posición corporal a una división utilizable durante el diseño.

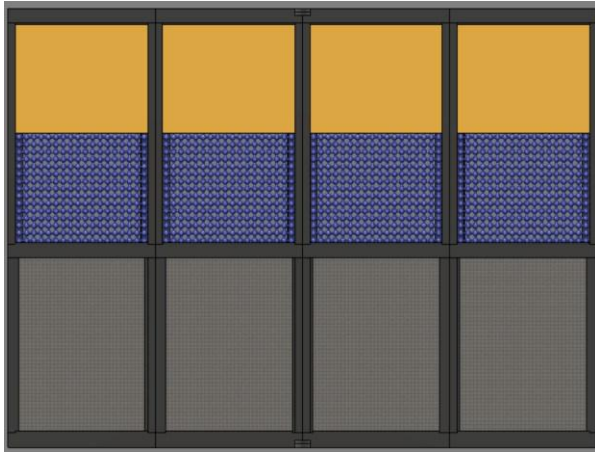


Ilustración 50 Zonificación vertical de la pantalla

7.7.3 Configuración de las superficies

La zonificación anterior se tradujo en dos tipos principales de superficie. La zona comprendida aproximadamente entre 300 y 600 mm se desarrolló mediante la configuración lattice SP10FV40A3u, seleccionada durante la experimentación. Aunque la zonificación distingue los sectores 300–450 y 450–600 mm, ambos utilizan la misma geometría lattice en el prototipo.

Por lo tanto, la zonificación no se utilizó en esta etapa para asignar una geometría específica a cada frecuencia. La aplicación futura de configuraciones lattice diferenciadas según altura se mantiene como una posibilidad de optimización que deberá verificarse experimentalmente antes de atribuirle una mejora acústica.

El sector comprendido entre 0 y 300 mm se desarrolló mediante superficies de fieltro y relleno de algodón. Esta zona responde a una configuración material distinta y su desarrollo se detalla en 7.7.4.

La arquitectura también debe considerar las discontinuidades generadas por bordes, articulaciones, juntas y el encuentro con la mesa. ASTM E1374 señala que la propagación puede producirse alrededor de los bordes mediante difracción y que los sistemas modulares pueden presentar trayectorias asociadas a sus juntas (ASTM International, 2018). Por esta razón, el control de aberturas se incorpora posteriormente como criterio para el desarrollo del marco y las articulaciones.

7.7.4 Evaluación de la zona inferior

La zona inferior se desarrolló inicialmente con dos objetivos de diseño: incorporar una superficie distinta de una placa rígida cerrada y explorar el aumento de masa en la base de

cada módulo como recurso para mejorar su estabilidad. Para ello se compararon fieltro, relleno de algodón y diferentes configuraciones de MDF perforado utilizando el mismo montaje experimental empleado con las probetas lattice.

Esta evaluación mantiene un alcance comparativo. Los resultados permiten comparar las configuraciones dentro del montaje, pero no demuestran de manera independiente el mecanismo de absorción o reflexión asociado a cada material.

En la primera ronda se evaluaron fieltro, relleno de algodón y placas de MDF con perforaciones de 10 mm que representaban distintos porcentajes del área.

Configuración	IDR
Fieltro	6,563
Fieltro + algodón	21,502
MDF 10 % perforado	5,772
MDF 20 % perforado	7,014
MDF 30 % perforado	7,945
MDF 40 % perforado	8,775

Tabla 70 Resultados IDR R1

En la configuración de fieltro con relleno de algodón no fue posible registrar TD20 en 1000 Hz durante las mediciones 1, 2 y 5. El promedio de esta banda se calculó, por tanto, utilizando las mediciones válidas 3 y 4. Esta limitación debe considerarse al interpretar el IDR global de la configuración.



Ilustración 51 Probetas R1

Considerando los registros válidos, la combinación de fieltro y algodón presentó el mayor IDR de la primera ronda, con 21,502. Entre las placas de MDF, el IDR aumentó a medida que se incrementó el porcentaje perforado, desde 5,772 con 10 % hasta 8,775 con 40 %. Sin embargo, aumentar el área perforada también disminuía la cantidad de material incorporada, mientras que en esta etapa se buscaba explorar simultáneamente el efecto de una mayor masa en la base.

Por esta razón, se mantuvo provisionalmente la placa de 10 % de perforación para continuar la exploración del componente de masa. Esta decisión no se tomó porque presentara el mejor comportamiento acústico relativo, sino

porque permitía estudiar de forma separada la condición de estabilidad inicialmente buscada.

La segunda ronda mantuvo un 10 % de área perforada y comparó diámetros de 5, 10 y 15 mm:

Diámetro	IDR
5 mm	4,805
10 mm	5,772
15 mm	-0,808

Tabla 71 Resultados IDR R2

La perforación de 10 mm presentó el mayor IDR dentro de esta comparación y se mantuvo para la ronda siguiente.

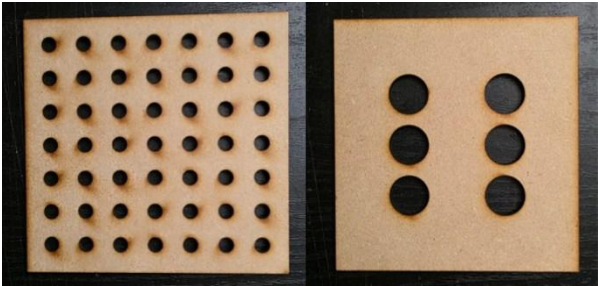


Ilustración 52 Probetas R2

La tercera ronda evaluó el aumento de masa mediante una, dos, tres, cuatro y cinco capas de MDF con la configuración de perforación seleccionada:

Capas	IDR
1	5,772
2	6,243
3	4,223
4	8,171
5	6,141

Tabla 72 Resultados IDR R3

Cuatro capas presentaron el mayor IDR de esta ronda, con 8,171. No obstante, durante esta etapa se consideró provisionalmente utilizar cinco capas debido al objetivo paralelo de aumentar la masa en la zona inferior. Esta selección tenía, por tanto, un propósito estructural y no respondía al mejor resultado acústico obtenido.

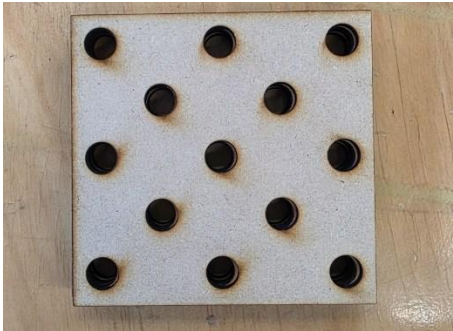


Ilustración 53 Capas MDF R3

Durante el ensamblaje de los cuatro módulos estructurales se observó que la inestabilidad identificada al considerar cada módulo de manera independiente dejaba de manifestarse al vincular el conjunto completo. En consecuencia, el aumento de masa mediante placas interiores de MDF dejó de ser necesario.

Las placas interiores fueron descartadas para evitar incorporar material, procesos y costo adicionales. La configuración adoptada para la zona inferior quedó compuesta por dos superficies de fieltro y relleno de algodón, combinación que además había presentado el mayor IDR dentro de la primera ronda, considerando las limitaciones de registro señaladas anteriormente.



Ilustración 54 Probeta fieltro y TP

7.8 Evaluación de la cantidad de módulos estructurales

Una vez establecidas las dimensiones generales se realizó una evaluación exploratoria para definir la división estructural

de la pantalla. Se compararon dos prototipos de forma: una alternativa compuesta por dos módulos de 400×600 mm y una alternativa de cuatro módulos de 200×600 mm.

La actividad se concentró en reconfiguración, interacción con la superficie de trabajo y condición de guardado. Los materiales, mecanismos y uniones de los prototipos utilizados no corresponden a los componentes finales de la pantalla, por lo que las observaciones obtenidas se utilizaron únicamente para definir la cantidad y disposición de módulos, sin extrapolar la estabilidad del prototipo final.

La evaluación se realizó con tres participantes utilizando una misma superficie de trabajo con computador, cuaderno, celular y cables. Cada participante realizó tareas de apertura, orientación hacia una persona ubicada al costado, orientación hacia una persona enfrente, interacción con los objetos presentes y plegado final.

7.8.1 Resultados de la evaluación

La principal diferencia observada fue morfológica. La configuración de dos módulos concentra el movimiento en una articulación central, por lo que la reconfiguración modifica principalmente la relación entre dos superficies de 40×60 cm.

La alternativa de cuatro módulos incorpora tres articulaciones y permite modificar diferentes sectores del conjunto. Esta condición amplía las posibilidades de posicionamiento, aunque también genera una mayor cantidad de elementos que deben ajustarse durante algunas tareas.



Ilustración 55 Comparación de los prototipos de forma de dos y cuatro módulos estructurales

Los tres participantes manifestaron una preferencia final por la configuración de cuatro módulos, asociada principalmente a la mayor cantidad de posiciones disponibles y a la posibilidad de modificar sectores distintos del conjunto. En una de las evaluaciones se identificó además la conveniencia de controlar con mayor precisión la posición de los módulos centrales manteniendo mayor libertad en los extremos.

Una de las pruebas registró una menor sensación de encierro con la alternativa de dos módulos; sin embargo, la elección final del participante se mantuvo en cuatro módulos debido a su mayor capacidad de configuración. Debido al tamaño de la muestra y al carácter exploratorio de la actividad, estas observaciones no se generalizan a una población de usuarios.

7.8.2 Relación con el espacio y guardado

La evaluación también permitió observar la interacción de ambas configuraciones con los elementos presentes sobre la mesa. En determinadas situaciones fue necesario modificar la posición del prototipo para mantener el acceso a cables o cargadores, mostrando que la reconfiguración debe coexistir con la superficie utilizada para trabajar.



Ilustración 56 Delimitación del espacio útil del puesto y ocupación por elementos de trabajo considerados durante la evaluación

Durante el guardado, la configuración de dos módulos podía reducir su huella al apoyarse verticalmente sobre un canto, aunque esta posición fue percibida como inestable en parte de las pruebas. El prototipo de cuatro módulos se dispuso principalmente en posición horizontal plegada, presentando una condición más estable dentro de esta evaluación, aunque ocupando una mayor superficie sobre la mesa.

Estas observaciones se utilizan únicamente como antecedentes para el desarrollo de la condición compacta. La estabilidad definitiva del producto y su facilidad de transporte se evalúan posteriormente con el prototipo funcional.

7.8.3 Selección de la configuración

Considerando la preferencia coincidente de los tres participantes y las posibilidades de configuración observadas, se seleccionó la alternativa de cuatro módulos estructurales de 200 × 600 mm como base para continuar el desarrollo.

La decisión se relacionó principalmente con la posibilidad de modificar diferentes sectores de la pantalla y orientar el resguardo hacia distintas posiciones dentro del puesto. La evaluación permitió además identificar aspectos que requerían desarrollo posterior: control de la posición relativa entre módulos, interacción con cables y objetos, reducción del volumen ocupado en estado plegado y estabilidad durante la manipulación.

La selección corresponde a una decisión de configuración morfológica derivada de una evaluación exploratoria con tres participantes y no constituye todavía una validación integral del producto.

7.9 Desarrollo de piezas lattice y sistemas de unión

La selección de cuatro módulos estructurales permitió avanzar hacia la definición de las superficies lattice que se incorporan en su zona superior. En esta etapa se distingue entre los módulos estructurales de la pantalla,

correspondientes a las cuatro secciones articuladas de 200 × 600 mm, y las piezas lattice, correspondientes a unidades de menor tamaño fabricadas mediante FFF en TPU.

La subdivisión de la superficie respondió tanto a las dimensiones disponibles dentro de cada módulo como a las restricciones observadas durante la fabricación de las probetas. En particular, las interrupciones de flujo, obstrucciones y fallas registradas en 7.5.7 mostraron que una impresión prolongada concentra una mayor cantidad de tiempo y material expuestos ante una eventual falla.

7.9.1 Subdivisión de la superficie lattice

Las dimensiones de la superficie lattice requerida para la pantalla superan las utilizadas durante la experimentación de probetas. Aunque técnicamente sería posible aumentar el tamaño de cada pieza y reducir la cantidad de componentes, esta estrategia incrementaría la duración individual de las impresiones y, con ello, la cantidad de material y tiempo comprometidos ante una eventual interrupción.

Por esta razón, se optó por subdividir la superficie en piezas de menor tamaño. La decisión introduce una mayor cantidad de componentes y requiere incorporar sistemas de unión, pero permite limitar las consecuencias de una falla de fabricación y

reemplazar individualmente una pieza sin reproducir una sección completa de la pantalla.

La subdivisión constituye, por tanto, una respuesta directa a las restricciones observadas durante la experimentación: la fabricabilidad se incorpora como criterio de arquitectura del producto y no únicamente como una condición posterior al diseño.

7.9.2 Formatos M1 y M2

Se definieron dos formatos de piezas lattice para completar la zona superior de cada módulo estructural.

M1 presenta dimensiones de 60 × 50 × 30 mm e incorpora una ranura y una espiga para vincularse con piezas adyacentes.

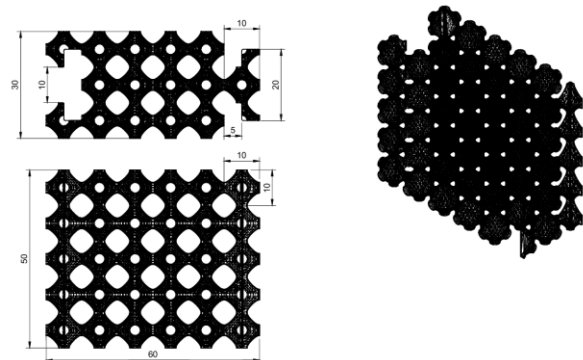


Ilustración 57 Lattice M1

M2 presenta dimensiones de $30 \times 50 \times 30$ mm e incorpora dos ranuras, permitiendo completar el extremo del conjunto y vincularse con M1 y el marco.

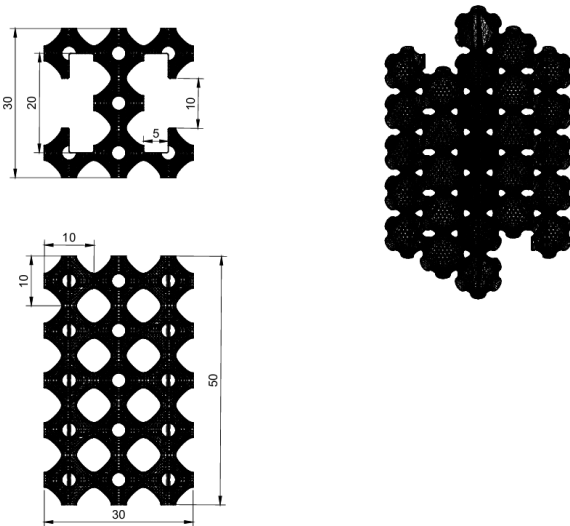


Ilustración 58 Lattice M2

Cada módulo estructural utiliza 18 piezas M1 y 6 piezas M2. En los cuatro módulos se incorporan, por tanto, 72 piezas M1 y 24 piezas M2, alcanzando un total de 96 piezas lattice en la pantalla.

Para facilitar el ensamblaje, las piezas se organizan previamente en conjuntos compuestos por tres M1 y una M2, que

posteriormente se insertan entre los perfiles verticales del marco.

7.9.3 Desarrollo del encastre

La subdivisión de la superficie hizo necesario desarrollar un sistema de unión entre las piezas lattice. Como primera aproximación se evaluaron encastrés tipo cola de milano fabricados en PLA, con dimensiones de 10×10 mm y 20×10 mm.

En la versión de 10×10 mm, el corte coincidía aproximadamente con el ancho de una celda y las piezas se separaban al aplicar tracción manual en el eje X. La variante de 20×10 mm distribuía la unión sobre una mayor extensión de las celdas laterales y no presentó el mismo desprendimiento durante las pruebas realizadas en PLA.

A partir de este resultado, la geometría de 20×10 mm se reprodujo en TPU y se evaluaron ajustes de 0,0, -0,1 y -0,2 mm. El cambio de material modificó el comportamiento de la unión: la flexibilidad de las celdas próximas al encastre permitía su deformación durante las sollicitaciones manuales en los ejes X e Y, facilitando el desensamble.

Esta observación condujo al desarrollo de un encastre tipo T de 20 mm de ancho y 10 mm de profundidad. Se probaron versiones con ajustes de 0,0 y +0,5 mm. La variante de +0,5

mm tendía a abrir las celdas laterales durante el montaje, mientras que la versión de 0,0 mm permitió insertar las piezas sin presentar desprendimientos durante las sollicitaciones manuales aplicadas.

A partir de esta comparación se seleccionó para el prototipo el encastre tipo T de 20 × 10 mm con ajuste de 0,0 mm. La comparación se utilizó para seleccionar el ajuste incorporado posteriormente al prototipo.

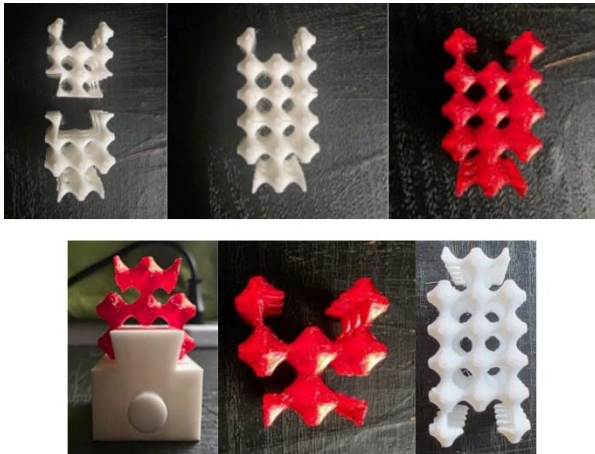


Ilustración 59 Evolución del sistema de encastre

7.10 Arquitectura y componentes de la pantalla

A partir de las decisiones dimensionales, acústicas, morfológicas y productivas anteriores se establece una arquitectura compuesta por cuatro módulos estructurales

articulados. Cada módulo se divide verticalmente en una zona superior que incorpora las piezas lattice SP10FV40A3u y una zona inferior conformada por superficies de fieltro y relleno de algodón.

La configuración integra los sistemas de marco, unión entre piezas lattice y articulación entre módulos, permitiendo relacionar en una misma arquitectura las decisiones obtenidas durante Definir II.

7.10.1 Componentes del módulo estructural

El marco superior utiliza dos perfiles verticales denominados PL. Cada perfil presenta 20 mm de ancho, 30 mm de espesor y 300 mm de altura, alcanzando 317 mm al considerar las espigas utilizadas para el ensamble.

La pieza superior SUP corresponde a un perfil de 200 mm de longitud, 20 mm de altura y 30 mm de espesor. Incorpora perforaciones inferiores para las espigas de PL y rebajes en las esquinas destinados a alojar las bisagras.

El perfil MED divide la zona lattice de la zona inferior. Presenta 200 mm de largo, 19 mm de altura y 30 mm de espesor. Su cara inferior incorpora ranuras para recibir las tapas de fieltro.

Los perfiles inferiores PA presentan 241 mm de altura, o 254 mm considerando las espigas.

La pieza INF presenta 200 mm de longitud, 20 mm de altura y 30 mm de espesor.

Las tapas TP se ubican en ambas caras de la zona inferior. Cada una está compuesta por un marco perimetral de MDF de 3 mm y una superficie de fieltro de 2 mm. Sus dimensiones exteriores son de 241 × 180 mm y las interiores de 233 × 172 mm.

La articulación entre módulos se realiza mediante piezas B y ejes removibles. Los ejes incorporan una ranura y perforaciones superiores destinadas a facilitar su extra. Cada módulo estructural está compuesto por perfiles verticales y horizontales que conforman el marco de las zonas lattice e inferior. Los perfiles PL delimitan lateralmente la zona superior; PA conforma los laterales inferiores; SUP e INF cierran los extremos superior e inferior; y MED establece la separación entre ambas zonas.

La zona inferior incorpora dos tapas TP compuestas por un marco perimetral de MDF de 3 mm y una superficie de fieltro de 2 mm. En su interior se incorpora el relleno de algodón seleccionado en 7.7.4.

Las piezas lattice M1 y M2 se disponen entre los perfiles PL. La vinculación entre módulos estructurales se realiza mediante las piezas de articulación B y ejes removibles.

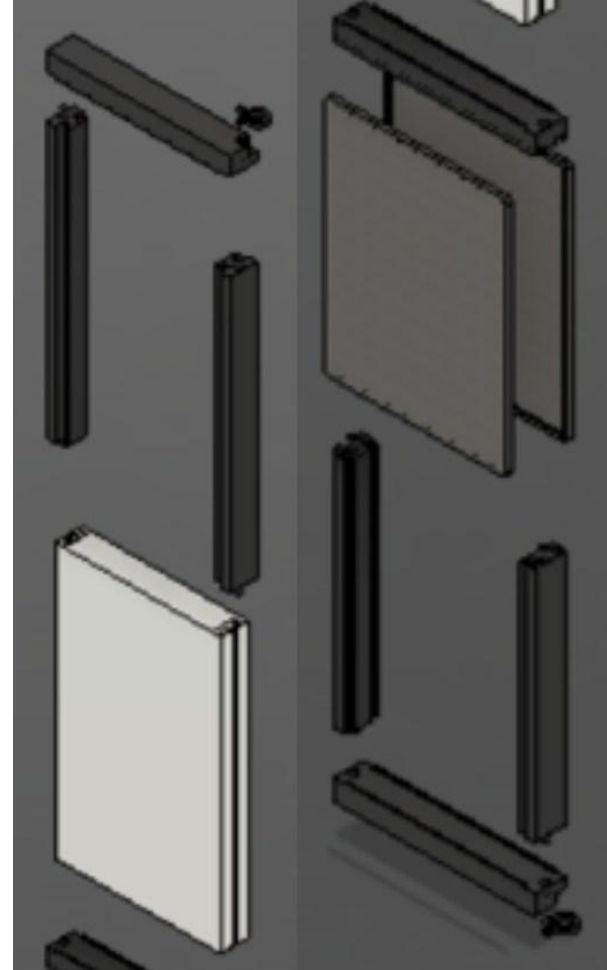


Ilustración 60 Vista general de los componentes de un módulo estructural

Pieza	Función	Dimensiones principales	Cantidad total
PL	Perfil vertical de zona lattice	20 × 30 × 300 mm; 317 mm con espigas	8
PA	Perfil vertical de zona inferior	30 mm de espesor; 241 mm; 254 mm con espigas	8
SUP	Perfil horizontal superior	200 × 30 × 20 mm	4
INF	Perfil horizontal inferior	200 × 30 × 20 mm	4
MED	Separación entre zona lattice e inferior	200 × 30 × 19 mm	4
B	Articulación entre módulos	Según posición	12
Eje	Vincular pares de bisagras	—	6
M1	Pieza lattice principal	60 × 50 × 30 mm	72
M2	Pieza lattice complementaria	30 × 50 × 30 mm	24
TP	Cara inferior de fieltro	241 × 180 mm exterior	8

Tabla 73 Componentes principales del separador acústico

Las piezas SUP e INF comparten una geometría base y pueden tratarse como componentes especulares reversibles, aunque la ubicación de los rebajes debe diferenciar los módulos centrales de los extremos.

7.10.2 Secuencia de armado

El armado de cada módulo estructural comienza mediante la unión de los dos perfiles PA con el perfil INF. Posteriormente se instala una de las tapas TP y se incorpora el relleno de algodón en la cavidad inferior.

La zona se cierra mediante la segunda tapa TP y el perfil MED. A continuación, se instalan los perfiles PL, conformando el espacio destinado a las piezas lattice.

Las piezas M1 y M2 se preensamblan en conjuntos compuestos por tres M1 y una M2 mediante el encastre tipo T. Estos conjuntos se insertan progresivamente entre los perfiles PL hasta completar la superficie superior.

Finalmente se instala SUP y se incorporan las piezas B. Una vez completados los cuatro módulos estructurales, estos se vinculan mediante los ejes removibles, conformando el conjunto articulado de la pantalla.



Ilustración 61 Secuencia de armado

7.10.3 Evolución de los componentes

Los componentes fueron modificados a partir de problemas observados durante el prototipado.

La primera versión de PL incorporaba una geometría tipo cola de milano. Esta solución se descartó después de observar los problemas de desensamble asociados a este tipo de encastre en las piezas lattice de TPU.

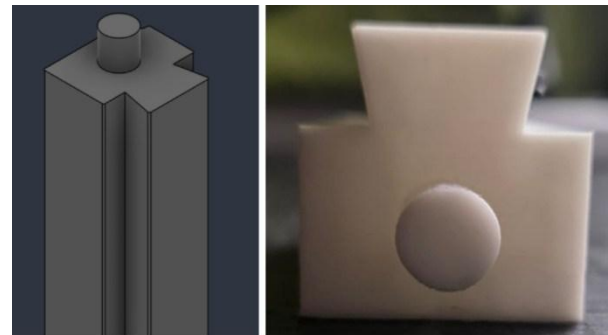


Ilustración 62 PL V1

Las primeras versiones de SUP e INF integraban directamente las bisagras en sus extremos. En INF esta configuración generaba puntos sobresalientes bajo el plano de apoyo, dejando una abertura entre la pantalla y la mesa. La geometría se modificó mediante rebajes destinados a alojar las bisagras y reducir esta discontinuidad.

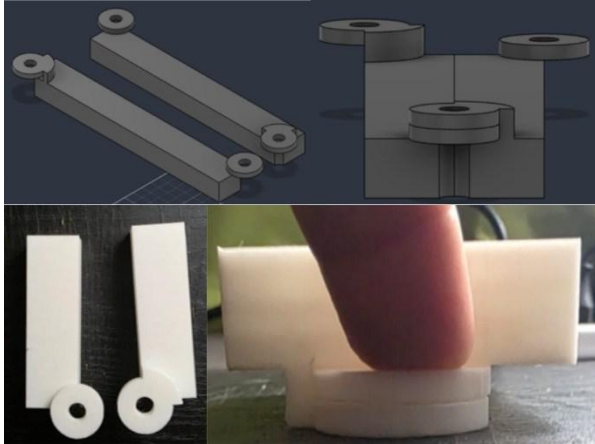


Ilustración 63 SUP/INF V1

La bisagra B también fue simplificada. Inicialmente se utilizaban dos piezas distintas para las posiciones superior e inferior. Posteriormente se unificó su geometría, reduciendo la cantidad de componentes diferentes y los procesos asociados a su fabricación.



Ilustración 64 Bisagra V1

La primera versión del eje recorría la altura completa del módulo e incorporaba extremos biselados e imanes. Esta propuesta fue descartada debido al aumento del tiempo de impresión, la necesidad de dividir el eje y la incorporación de componentes adicionales. La posible ventaja de un eje continuo para reducir trayectorias por las juntas no fue evaluada experimentalmente, por lo que se mantiene únicamente como una alternativa de desarrollo futuro.



Ilustración 65 Eje V1

7.10.4 Observaciones de fabricación durante el desarrollo

Durante el desarrollo del conjunto, el marco y los elementos rígidos se fabricaron mediante FFF en lotes correspondientes a los módulos estructurales. Los cuatro lotes principales registraron tiempos aproximados de 4 h 33 min, 4 h 48 min, 4 h 49 min y 4 h 41 min. Los perfiles PL se fabricaron en tandas independientes y los ejes de las articulaciones se agruparon en una impresión de aproximadamente 20 min.

Estos registros corresponden al proceso de prototipado utilizado durante Definir II y no a una ruta productiva optimizada. La fabricación

consolidada del prototipo utilizado para la evaluación de Afilar, incluyendo el registro externo de las piezas lattice, se desarrolla posteriormente en 8.4.

La fabricación repetitiva de componentes lattice permitió observar diferencias de terminación entre lotes, incluyendo variaciones de tonalidad, presencia de stringing y mayor notoriedad de las capas de impresión. Como las condiciones del material y los parámetros del proceso variaron simultáneamente, estas diferencias no se atribuyen a una única causa.

Las variaciones no impidieron el ensamblaje, pero evidenciaron la necesidad de mantener condiciones de fabricación consistentes cuando se produce un conjunto compuesto por piezas repetidas.

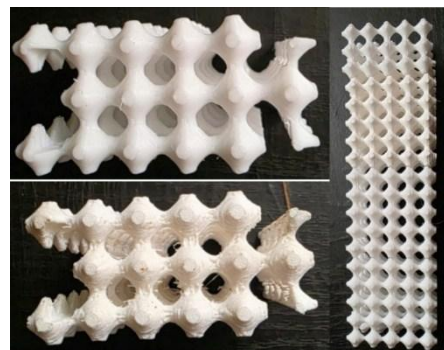


Ilustración 66 Variaciones de terminación superficial observadas entre lotes de piezas lattice

Estas variaciones no impidieron el ensamblaje del prototipo, pero afectan la uniformidad superficial y visual de las piezas. Por esta razón, la estabilidad del proceso adquiere relevancia no solo desde la posibilidad de completar una impresión, sino también desde la consistencia necesaria al fabricar un conjunto compuesto por múltiples módulos repetidos.

7.11 Síntesis de la etapa Definir

La etapa Definir permitió trasladar la selección conceptual desarrollada previamente hacia una configuración concreta de producto. Las decisiones no se establecieron a partir de un único indicador, sino mediante la relación entre comportamiento acústico relativo,

repetibilidad, fabricación, condiciones antropométricas y espaciales, interacción con usuarios y restricciones observadas durante el prototipado.

Como resultado, se definió una pantalla compuesta por cuatro módulos estructurales articulados de 200 × 600 mm, con una extensión desplegada de 800 mm y un cuerpo principal de 30 mm de espesor. La zona superior incorpora la configuración lattice SP10FV40A3u fabricada en TPU, mientras que la inferior utiliza superficies de fieltro y relleno de algodón. Las decisiones principales y sus antecedentes se sintetizan a continuación:

Aspecto	Definición resultante	Evidencia o criterio principal
Material lattice	TPU	Comparación TPU–PLA en SP10FV50A3u
Patrón	Schwarz P	Comparación de topologías
Tamaño de celda	10 mm	Balance entre resultados relativos y fabricación
Fracción de volumen	40 %	Evaluación independiente de SP10FV40A3u
Espesor lattice	30 mm	Comparación de espesores

Distribución	Uniforme	Gradaciones evaluadas no superaron la referencia
Configuración	SP10FV40A3u	IDR 12,201; CV 47,60 %; 437 min; 68,99 g
Respaldo posterior	No incorporado	Ausencia de mejora consistente y pérdida de apertura
Altura	600 mm	Antropometría + criterio de interrupción de trayectoria
Ancho desplegado	800 mm	Espacio disponible + 4 módulos × 200 mm
Plegado	220 × 600 × 120 mm aprox.	Arquitectura consolidada
División estructural	4 módulos	Evaluación exploratoria con 3 participantes
Zona superior	Lattice SP10FV40A3u	Zonificación + experimentación
Zona inferior	Fieltro + algodón	Evaluación comparativa y descarte posterior de lastre MDF
Piezas lattice	M1 y M2	Reducción de riesgo asociado a impresiones prolongadas
M1	60 × 50 × 30 mm; 72 unidades	Subdivisión constructiva
M2	30 × 50 × 30 mm; 24 unidades	Ajuste de extremos y modulación
Unión lattice	T 20 × 10 mm, ajuste 0,0 mm	Iteraciones en PLA y TPU
Articulación	B + ejes removibles	Desarrollo constructivo

Estrategia de fabricación	Piezas de menor duración individual	Fallos observados durante FFF
---------------------------	-------------------------------------	-------------------------------

Tabla 74 Síntesis de decisiones de diseño obtenidas durante Definir

En conjunto, estas decisiones permiten definir una arquitectura de producto capaz de integrar la configuración lattice seleccionada, los requerimientos de uso y las restricciones productivas identificadas durante el desarrollo. La experimentación no determinó una configuración acústicamente óptima en términos absolutos, sino una solución pertinente dentro de las variables, materiales y condiciones evaluadas.

Los resultados presentan distintos niveles de comprobación. El comportamiento acústico de las probetas corresponde a una evaluación comparativa mediante un montaje exploratorio; los encastrés fueron evaluados mediante prototipado y solicitudes manuales; y la selección de cuatro módulos se obtuvo a partir de una evaluación exploratoria de configuración con tres participantes. Estas condiciones deben mantenerse al interpretar el alcance de las decisiones alcanzadas.

La configuración definida entrega una respuesta concreta al objetivo específico 2. La aplicación seleccionada corresponde a una pantalla reconfigurable para mesas compartidas y la configuración lattice

adoptada corresponde a SP10FV40A3u, fabricada en TPU, con patrón Schwarz P, tamaño de celda de 10 mm, fracción de volumen de 40 %, espesor de 30 mm y distribución uniforme. Su selección no responde únicamente al mayor resultado acústico relativo, sino al balance entre comportamiento experimental, repetibilidad, tiempo y material de fabricación, integración espacial y condiciones de incorporación al producto.

Dentro de las variables y procedimientos evaluados, esta configuración se considera pertinente para continuar hacia Afilar. Esto no implica que corresponda a una configuración acústicamente óptima en términos absolutos, sino a la alternativa que presenta el balance más adecuado para la aplicación y alcance establecidos.

8 AFILAR: EVALUACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA PROPUESTA

La etapa Afilar corresponde al cierre del proceso de desarrollo abordado en esta memoria. A partir de la configuración definida durante la etapa anterior, se evalúa el prototipo completo considerando su comportamiento acústico relativo, experiencia de uso, relación con referentes existentes y condiciones asociadas a su fabricación.

El manual TAS organiza el proceso en cinco fases: Understand, Ideate, Decide, Define y Sharpen. Las fases finales incorporan el análisis de la aplicación seleccionada y permiten avanzar hacia la formulación de una propuesta de valor que oriente las etapas posteriores de desarrollo (Manthey, s. f.). En esta memoria, la etapa Afilar se adapta al nivel de desarrollo alcanzado por el proyecto, integrando la evaluación del prototipo, el análisis comparativo y la revisión de sus condiciones técnicas y productivas.

8.1 Propósito y alcance de la etapa Afilar

La etapa Afilar corresponde a la evaluación y consolidación de la propuesta desarrollada durante Definir. Su propósito es contrastar la configuración alcanzada con el comportamiento del prototipo completo, su relación con productos existentes y las condiciones observadas durante su fabricación y uso.

Para ello se integran cuatro dimensiones de análisis: técnica y funcional, competitiva, productiva y de valor. Estas dimensiones permiten distinguir entre características comprobadas durante el desarrollo, resultados observados en las evaluaciones, aspectos que requieren ajustes y propuestas que todavía deben verificarse en etapas posteriores.

A diferencia de Definir II, Afilar no busca generar una nueva configuración del producto, sino evaluar la solución integrada y establecer el nivel de desarrollo alcanzado, sus principales restricciones y los antecedentes que sustentan su propuesta de valor.

Dimensión	Alcance
Técnica y funcional	Evaluar el comportamiento acústico relativo, la configuración, estabilidad, manipulación y relación con el espacio de trabajo
Competitiva	Comparar la propuesta con pantallas y separadores existentes, identificando características comunes y diferencias
Productiva	Analizar la fabricación realizada, sus tiempos, incidencias, costos disponibles y alternativas de material y proceso
Valor	Relacionar los resultados anteriores con las necesidades de los usuarios y formular la propuesta de valor de la solución

Tabla 75 Dimensiones de evaluación consideradas durante la etapa Afilar

El alcance corresponde al nivel de desarrollo alcanzado por el prototipo. La evaluación acústica se interpreta de forma comparativa, la evaluación con diez usuarios corresponde a una exploración de uso y las alternativas

productivas propuestas no fueron comprobadas mediante producción industrial. Del mismo modo, el análisis económico no permite determinar rentabilidad ni un precio de venta definitivo.

Estas limitaciones no impiden evaluar el prototipo como sistema integrado, pero delimitan el tipo de afirmaciones que pueden realizarse a partir de los resultados.

Dentro de este alcance, el proyecto se sitúa en TRL 6, al disponer de un prototipo integrado a escala real que incorpora los subsistemas definidos y permite comprobar sus funciones principales en condiciones representativas del contexto de uso. Esta clasificación no implica que el producto se encuentre certificado, industrializado o listo para comercialización; dichos desarrollos corresponden a niveles posteriores de madurez tecnológica.

8.2 Benchmarking y análisis competitivo

El benchmarking se realizó para situar la propuesta desarrollada frente a soluciones existentes y reconocer características recurrentes, diferencias y oportunidades de posicionamiento. La comparación considera función, configuración, materialidad, sistemas de instalación, dimensiones y prestaciones declaradas por los fabricantes.

El análisis no busca establecer una superioridad general de la pantalla desarrollada, debido a que los productos revisados presentan diferencias de función, materialidad, escala y métodos de evaluación acústica. Por esta razón, las comparaciones se restringen a características verificables dentro de la muestra consultada.

8.2.1 Selección y clasificación de referentes

Se revisaron diez productos documentados o disponibles durante octubre de 2026. De ellos, siete se clasificaron como referentes directos por su relación con la separación entre usuarios o delimitación de puestos de escritorio: EzoBord Hoody, Hoody Desktop Cove, Visual S, pantalla acústica de escritorio de Sillería, Astro 120, MITTZONE y Felted Foldable Desk Screen.

Como referentes complementarios se incorporaron Tropika, HiFi y Eccus. Estos productos no corresponden a separadores de escritorio equivalentes, pero aportan antecedentes sobre materiales, espesores y tratamientos utilizados en soluciones acústicas.

Tipo	Referentes	Función dentro de la
------	------------	----------------------

		comparación
Directos de escritorio	Hoody, Desktop Cove, Visual S, Sillería y MITTZON	Comparar configuración, instalación, materialidad y prestaciones declaradas
Directo visual	Astro 120	Comparar separación física y visual
Directo plegable	Felted Foldable Desk Screen	Comparar articulación, plegado y condición autoportante
Complementarios	Tropika, HiFi y Eccus	Revisar antecedentes de materialidad acústica

Tabla 76 Clasificación de referentes utilizados en el benchmarking



Ilustración 67 Referentes directos

La clasificación permite evitar comparaciones directas entre productos que responden a funciones diferentes. Los referentes directos se utilizan para analizar la relación entre producto, usuario y puesto de trabajo, mientras que los complementarios se emplean únicamente como antecedentes de materialidad y tratamientos acústicos.

Los precios y condiciones comerciales corresponden a los valores observados durante la consulta realizada el 11 de octubre de 2026. Su utilización económica y las limitaciones de esa comparación se desarrollan posteriormente en 8.6.

8.2.2 Comparación de características y condiciones de uso

Entre los referentes directos predominan superficies de PET, fieltro, poliéster y materiales compuestos, generalmente opacas o con una permeabilidad visual limitada.

También se observan diferentes estrategias de instalación: algunos productos utilizan fijaciones o soportes asociados al escritorio, mientras que otros funcionan como elementos autoportantes.

La plegabilidad no constituye una característica exclusiva de la propuesta. Felted, por ejemplo, incorpora tres paños articulados y plegables. La diferencia identificada dentro de la muestra revisada se relaciona con la combinación de cuatro módulos articulados, reconfiguración espacial y una superficie lattice que mantiene paso parcial de luz y visión del entorno.

La pantalla desarrollada puede adoptar configuraciones rectas, angulada, en L, en C y plegada. Su zona superior presenta una superficie abierta de TPU, mientras que la inferior posee mayor opacidad mediante fieltro y relleno.

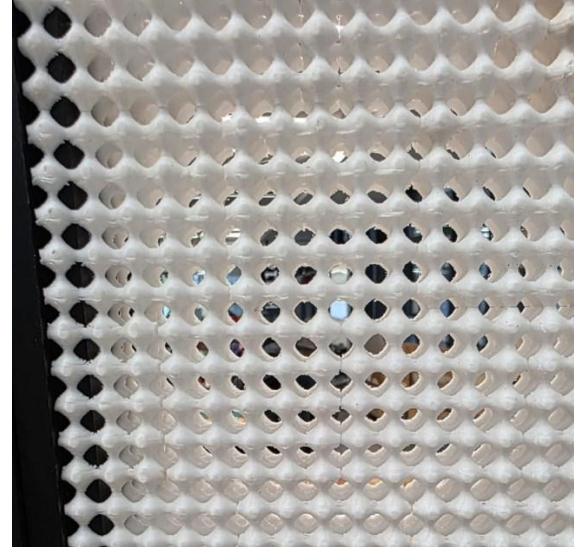


Ilustración 68 Permeabilidad de luz

También se observaron diferencias en los sistemas de instalación. Hoody utiliza fijaciones sobre el escritorio; Astro 120 incorpora soportes; MITTSON requiere un sistema de apoyo compatible con su línea de mobiliario; mientras que Visual S y Felted se presentan como soluciones autoportantes. En consecuencia, la fijación permanente o semipermanente no constituye una condición común a todos los productos revisados.

La plegabilidad tampoco constituye una característica exclusiva de la propuesta desarrollada. Felted incorpora tres paños articulados y plegables, permitiendo reducir su

extensión sin requerir una fijación permanente al escritorio. Sin embargo, dentro de la muestra revisada, no se identificó otro referente que combine esta condición con cuatro módulos articulados y una superficie lattice visualmente permeable.



Ilustración 69 Módulos plegables

En la pantalla desarrollada, los cuatro módulos pueden disponerse en configuraciones recta, en L, en C o plegada. La zona superior incorpora una estructura

lattice de TPU que permite paso de luz y una visión parcial del entorno, mientras que la zona inferior presenta una mayor opacidad. Esta condición se diferencia de los referentes incluidos en la matriz, cuyas superficies fueron registradas como opacas. La diferencia se limita a la muestra revisada y no corresponde a una medición comparativa de transmitancia visual.

Criterio	Tendencia identificada en referentes	Pantalla desarrollada
Superficie	Predominio de paneles opacos de PET, fieltro o materiales compuestos	Zona superior lattice abierta y zona inferior de mayor opacidad
Instalación	Fijaciones, soportes o soluciones autoportantes según producto	Apoyo directo sobre la mesa, sin fijación permanente
Plegabilidad	Presente de forma	Cuatro módulos

	explícita en Felted	articulados y plegables
Reconfiguración	Limitada	Configuraciones recta, L, C y plegada
Permeabilidad visual	No identificada como característica equivalente en los referentes directos revisados	Paso parcial de luz y visión difusa a través de la lattice
Modularidad	Presente de distintas formas según producto	Cuatro módulos estructurales y piezas lattice reemplazables

Tabla 77 Síntesis comparativa de características de uso y configuración

Las dimensiones de los productos revisados tampoco responden a un criterio único. La pantalla desarrollada alcanza 800 × 600 mm en estado desplegado y aproximadamente 220 × 600 × 120 mm plegada. Estas

dimensiones permiten situarla dentro de la escala de un separador personal de escritorio, pero no constituyen por sí mismas una ventaja frente a los referentes.

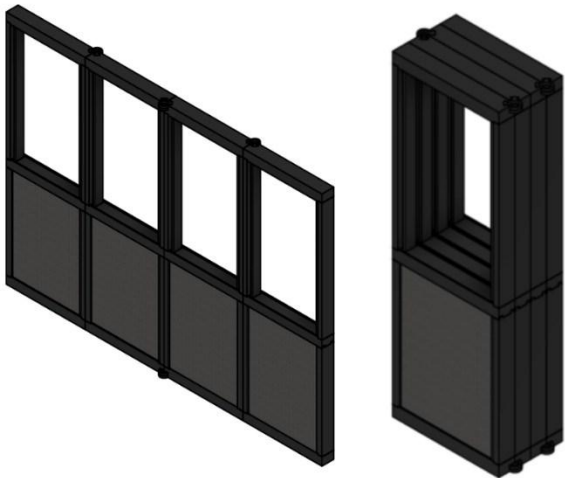


Ilustración 70 Separados desplegado y plegado

8.2.3 Comparación del desempeño acústico

Las prestaciones acústicas declaradas por los referentes no pueden compararse directamente entre sí ni con la evaluación desarrollada posteriormente sobre el prototipo. Algunos productos informan valores de NRC, otros utilizan α_w , mientras que otros únicamente describen funciones de reducción o absorción sonora sin entregar valores cuantitativos comparables.

Estos indicadores corresponden a procedimientos y magnitudes diferentes de la comparación C0–C1 utilizada en esta investigación. En consecuencia, los valores comerciales no se utilizan para establecer una comparación numérica de desempeño con la pantalla desarrollada.

Los resultados experimentales del prototipo completo se presentan en 8.5.1. Su posterior interpretación se mantiene independiente de los valores NRC o α_w de los referentes, evitando establecer equivalencias entre mediciones obtenidas mediante métodos distintos.

Por lo tanto, el benchmarking permite comparar función, configuración, materialidad y prestaciones declaradas, pero no demostrar que la propuesta posea un desempeño acústico superior o inferior al de los productos comerciales revisados.

8.2.4 Síntesis competitiva

El benchmarking muestra que la propuesta comparte con las soluciones existentes la función general de delimitar puestos y generar separación entre usuarios. Tampoco presenta una condición exclusiva de plegabilidad, debido a que esta característica se encuentra presente en al menos uno de los referentes directos revisados.

La diferencia identificada dentro de la muestra no reside, por tanto, en una única característica aislada, sino en la combinación de reconfiguración mediante cuatro módulos articulados, apoyo sin fijación permanente y una superficie superior lattice parcialmente permeable visualmente.

Esta diferencia no implica por sí misma una ventaja comercial o acústica. Su pertinencia para los usuarios debe comprobarse mediante la evaluación del prototipo desarrollada posteriormente en 8.5.

A partir del benchmarking, la oportunidad de diferenciación se formula como la posibilidad de ofrecer un resguardo personal adaptable manteniendo una relación visual parcial con el entorno, sin atribuir a la propuesta una mayor absorción acústica, menor precio o plegabilidad exclusiva.

Sin embargo, la propuesta también presenta limitaciones frente a productos comerciales. Se identificaron dificultades asociadas al transporte, ausencia de un punto de agarre definido y apertura involuntaria durante el guardado.

A partir del benchmarking, la oportunidad de diferenciación no se establece mediante una mayor absorción acústica, menor precio o una plegabilidad exclusiva. Se relaciona

principalmente con la posibilidad de proporcionar un resguardo personal adaptable manteniendo una relación visual parcial con el entorno.

8.3 Configuración técnica consolidada del producto

La configuración desarrollada durante Definir II se consolida en esta etapa como el prototipo utilizado para las evaluaciones posteriores. En esta sección no se retoma el proceso de desarrollo de cada componente, sino que se documenta la arquitectura, materialidad y sistemas de unión efectivamente incorporados.

8.3.1 Arquitectura general

El prototipo está compuesto por cuatro módulos estructurales articulados de 200 mm de ancho y 600 mm de altura. En estado desplegado presenta dimensiones nominales de 800 × 600 mm, con un espesor de 30 mm en el cuerpo principal.

La planimetría registra una profundidad máxima localizada de aproximadamente 50 mm en las zonas de articulación y una configuración plegada de aproximadamente 220 × 600 × 120 mm. La masa registrada del conjunto completo corresponde a 2.877 g.

Cada módulo se divide en dos sectores. La zona superior incorpora piezas lattice

SP10FV40A3u fabricadas en TPU 95A. La zona inferior incorpora dos tapas TP, cada una compuesta por un marco perimetral de MDF de 3 mm y una superficie de fieltro de 2 mm, con relleno interior de algodón. Este MDF corresponde únicamente a la estructura perimetral de las tapas TP y no a las placas interiores de lastre descartadas durante Definir II.

Las superficies lattice se subdividen en piezas M1 de 60 × 50 × 30 mm y M2 de 30 × 50 × 30 mm. El prototipo completo incorpora 72 M1 y 24 M2, equivalentes a 96 piezas lattice aceptadas e integradas al producto.

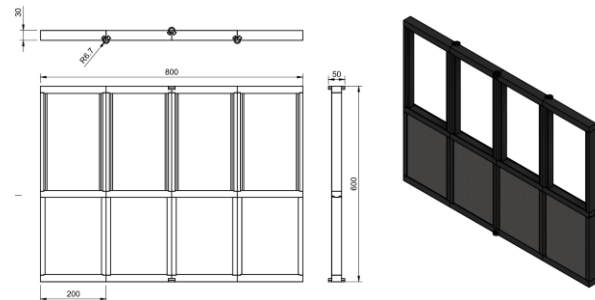


Ilustración 71 Vista general y dimensiones principales Desplegado

Las superficies lattice se subdividen en los formatos M1 y M2, definidos durante la etapa anterior para reducir el tiempo comprometido en cada impresión y facilitar el reemplazo de componentes. M1 presenta dimensiones de

60 × 50 × 30 mm y M2 de 30 × 50 × 30 mm.
Cada pantalla utiliza 72 piezas M1 y 24 piezas M2.

Componente	Función	Cantidad	Material del prototipo
PL	Perfil vertical de la zona lattice	8	eSUN PLA+ mediante FDM
PA	Perfil vertical de la zona inferior	8	eSUN PLA+ mediante FDM
SUP	Perfil horizontal superior	4	eSUN PLA+ mediante FDM
MED	Perfil divisorio entre zonas	4	eSUN PLA+ mediante FDM
INF	Perfil horizontal inferior	4	eSUN PLA+ mediante FDM
B	Articulación entre módulos	12	eSUN PLA+ mediante FDM
Eje	Unión desmontable entre bisagras	6	eSUN PLA+ mediante FDM
M1	Pieza lattice principal	72	TPU 95A mediante FDM
M2	Pieza lattice complementaria	24	TPU 95A mediante FDM
TP	Superficie de cierre de la zona inferior	8	MDF de 3 mm y fieltro de 2 mm
Relleno inferior	Material poroso de la zona inferior	—	Algodón

Tabla 78 Componentes principales del prototipo consolidado

8.3.2 Materialidad del prototipo y alternativa de continuidad

Los perfiles PL, PA, SUP, MED e INF, junto con las piezas B y los ejes de articulación, fueron

fabricados mediante FDM utilizando eSUN PLA+. Por lo tanto, los resultados de comportamiento, manipulación y estabilidad obtenidos posteriormente corresponden específicamente a esta configuración material.

Como alternativa para una etapa posterior se considera sustituir los perfiles lineales del marco por elementos de PVC-U extruido y mecanizado. Esta alternativa no forma parte del prototipo evaluado y no se asume equivalente al PLA+ utilizado durante las pruebas.

Su viabilidad técnica, adaptación geométrica, antecedentes materiales y requerimientos de fabricación se desarrollan posteriormente en 8.9.4.

Estos antecedentes permiten considerar el PVC-U como una alternativa pertinente para continuar el desarrollo del marco, pero no demuestran que la geometría actual pueda trasladarse directamente a extrusión. La definición de una sección extruible requiere revisar espesores, radios, tolerancias, uniones, mecanizados posteriores y compatibilidad con las piezas de articulación.

Por esta razón, se mantiene una distinción entre la configuración evaluada y la propuesta posterior:

8.3.3 Sistema de unión y articulación

Los cuatro módulos estructurales se vinculan mediante doce piezas de articulación B y seis ejes removibles. Las piezas B se disponen en los extremos de módulos contiguos y se vinculan mediante un eje común, permitiendo modificar el ángulo relativo entre las secciones.

El sistema posibilita configuraciones lineales, anguladas, en L, en C y plegadas. Esta capacidad constituye el mecanismo físico de reconfiguración posteriormente evaluado con usuarios.

Las piezas lattice M1 y M2 se unen mediante el encastre tipo T desarrollado durante Definir II y se incorporan entre los perfiles de la zona superior. La zona inferior se integra mediante PA, MED e INF junto con las tapas TP y el relleno de algodón.

El prototipo no incorpora un mecanismo específico destinado a bloquear los módulos en estado plegado. Esta condición adquiere relevancia posteriormente durante la evaluación de transporte y guardado, donde se observa apertura involuntaria del conjunto.



Ilustración 72 Subconjunto bisagra eje

8.4 Fabricación del prototipo

La fabricación del prototipo se realizó mediante procesos diferenciados según el tipo de componente. Las piezas lattice M1 y M2 fueron producidas externamente mediante FDM en TPU 95A; el marco, las articulaciones y los ejes se fabricaron mediante FDM en PLA+; y la zona inferior se completó mediante tapas de MDF y fieltro con relleno de algodón.

Esta sección documenta exclusivamente el proceso utilizado para obtener el prototipo posteriormente evaluado. Las alternativas de optimización productiva, materiales distintos y procesos propuestos para una etapa posterior se analizan en 8.9.

8.4.1 Fabricación externa de las piezas lattice en TPU

La fabricación de las piezas lattice M1 y M2 utilizadas en el prototipo se externalizó y quedó registrada mediante una ficha completada por el proveedor el 9 de octubre de 2026. Se utilizó una impresora Bambu Lab

P1S, con volumen útil de $256 \times 256 \times 256$ mm y boquilla de 0,4 mm. El material empleado fue TPU de 95 Shore A, marca ELEGGO (Sánchez, 2026).

Para ambos formatos se registró una altura de capa de 0,2 mm, velocidad de impresión de 30 mm/s, temperatura de boquilla de 225 °C, temperatura de cama de 35 °C y orientación vertical. El archivo de fabricación también registra un 15 % de relleno con patrón giroide.

Este último dato corresponde al patrón de relleno definido en el proceso de laminado, y debe distinguirse de la geometría lattice del producto. La configuración funcional de las piezas corresponde a SP10FV40A3u, basada en Schwarz P; por lo tanto, el registro de “giroide 15 %” no indica que se haya sustituido la topología Schwarz P seleccionada durante Definir II.

Los valores registrados por el proveedor se presentan en la Tabla 79 tal como fueron informados. La ficha permite documentar las condiciones generales de fabricación y las cantidades aceptadas y rechazadas, pero contiene diferencias internas entre número de piezas por cama, cantidad de ciclos, cantidad total fabricada y tiempos declarados. Estas discrepancias se mantienen registradas y no se corrigen mediante supuestos no documentados.

Parámetro	M1	M2
Cantidad requerida para una pantalla	72	24
Piezas registradas por cama	9	10
Tiempo registrado por cama	24 h 56 min	11 h 28 min
Ciclos registrados	9	3
Cantidad total fabricada	96	24
Piezas aceptadas	72	24
Piezas rechazadas	24	0
Tiempo total declarado	219 h 54 min	34 h 24 min
Capacidad máxima teórica por cama	21	49
Tiempo estimado a capacidad máxima	29 h 12 min	31 h 21 min

Tabla 79 Registro de fabricación de las piezas lattice M1 y M2. Fuente: elaboración a partir de Sánchez (2026)

Para el análisis del prototipo se consideran como datos comprobables de incorporación 72 piezas M1 y 24 piezas M2 aceptadas, equivalentes a las 96 piezas lattice efectivamente utilizadas en la pantalla. El

registro indica además 24 piezas M1 rechazadas, por lo que la fabricación declarada considera 120 piezas entre aceptadas y rechazadas. Los valores de ciclos y tiempos se conservan como antecedentes reportados, pero no se utilizan para recalcular una productividad exacta debido a las inconsistencias señaladas.



Ilustración 73 Piezas en cama de impresión

La configuración real de las camas no utilizó la capacidad geométrica máxima estimada. La ficha registra capacidades teóricas de 21 piezas M1 y 49 M2 por cama; estas disposiciones no fueron fabricadas físicamente, por lo que sus tiempos corresponden a estimaciones y no a ciclos comprobados.

Según el proveedor, la menor ocupación se utilizó para limitar la cantidad de material y tiempo comprometidos ante una eventual falla de impresión. Esta decisión coincide con las

restricciones identificadas previamente durante Definir II, aunque en esta etapa corresponde a una decisión del proceso productivo externo.

8.4.2 Incidencias y posprocesado

Durante la producción se registraron incidencias asociadas a stringing excesivo, detenciones de impresión, fallos de energía, desfases y uniones deficientes entre capas. La ficha informa 24 piezas M1 rechazadas y ninguna M2 rechazada. Ante determinadas irregularidades, el fabricante realizó ajustes parciales de velocidad y temperatura (Sánchez, 2026).

No todas las incidencias presentan la misma consecuencia. El stringing puede requerir una operación posterior de limpieza sin inutilizar necesariamente la pieza, mientras que un desfase, una interrupción o una unión insuficiente entre capas puede impedir su utilización y exigir una nueva fabricación.

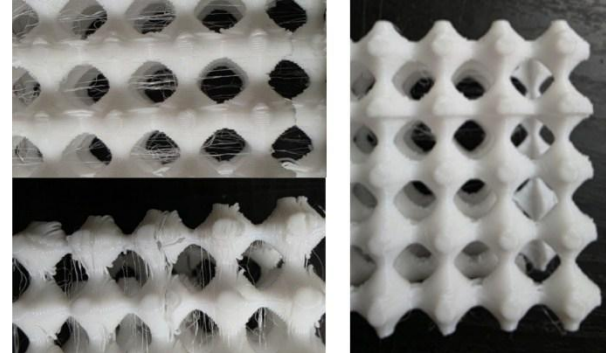


Ilustración 74 Defectos: stringing y desfase de impresión

Estas fallas tienen implicancias distintas dentro del proceso. El stringing puede requerir operaciones posteriores de terminación sin necesariamente inutilizar la pieza, mientras que una pérdida de alineación, una unión deficiente entre capas o una interrupción del proceso puede impedir su utilización y obligar a repetir la impresión.

El proceso incorporó además un posprocesado mediante aplicación de calor para retirar hilos residuales, con un tiempo registrado de 2 h 30 min para el conjunto tratado (Sánchez, 2026). Esta operación se realizó fuera del tiempo automático de impresión y, por tanto, representa una intervención adicional necesaria para alcanzar la terminación utilizada en el prototipo.

Las incidencias y el posprocesado se utilizan posteriormente en 8.9 para analizar la factibilidad productiva. En esta sección se mantienen únicamente como registro del proceso efectivamente ejecutado.

8.4.3 Fabricación del marco y componentes restantes

Los perfiles PL, PA, SUP, MED e INF, junto con las piezas de articulación B y los ejes, fueron fabricados mediante FDM en eSUN PLA+. Esta es la materialidad presente en el prototipo utilizado posteriormente en las evaluaciones acústicas y de uso.

La fabricación se organizó en lotes correspondientes a los módulos estructurales. Durante Definir II se registraron tiempos próximos a 4 h 30 min–4 h 50 min para los lotes principales del marco, mientras que determinados perfiles y ejes fueron producidos en tandas independientes.

La zona inferior se completó mediante ocho tapas TP conformadas por marco perimetral de MDF de 3 mm y fieltro de 2 mm, incorporándose algodón como relleno interior. Las placas interiores de MDF evaluadas previamente como lastre no forman parte del prototipo final.

La fabricación mediante PLA+ permitió materializar los componentes necesarios para

comprobar la arquitectura del producto. Su sustitución futura por una ruta basada en perfiles de PVC-U corresponde a una propuesta productiva posterior y se analiza en 8.9.4.

8.4.4 Ensamblaje del prototipo

El ensamblaje integró las piezas lattice, el marco rígido, las superficies inferiores y el sistema de articulación desarrollado durante Definir II. Las piezas M1 y M2 se preensamblaron mediante el encastre tipo T y posteriormente se incorporaron entre los perfiles de cada módulo estructural. La zona inferior se cerró mediante las tapas TP y el relleno de algodón.

Una vez conformados los cuatro módulos estructurales, estos se vincularon mediante las piezas B y los seis ejes removibles. El conjunto resultante permitió adoptar configuraciones lineales, anguladas, en L, en C y plegadas.

La fabricación y ensamblaje permitieron obtener un prototipo completo a escala real, que integra las funciones y subsistemas definidos durante Definir II y que constituye el objeto evaluado posteriormente en 8.5.



Ilustración 75 Prototipo funcional ensamblado

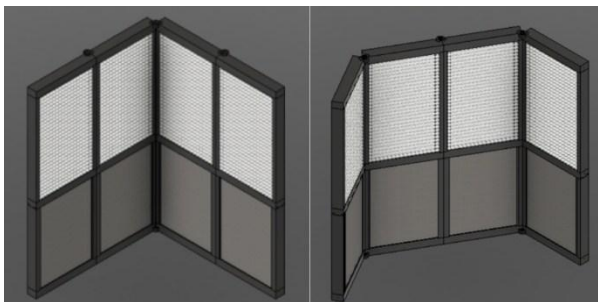


Ilustración 76 Configuraciones de uso: L y C

La fabricación permitió obtener el prototipo integrado requerido para las evaluaciones posteriores. Al mismo tiempo, el registro del proceso documentó incidencias, rechazos, tiempos prolongados y operaciones de terminación que constituyen antecedentes para analizar la factibilidad productiva en 8.7.

Por esta razón, la materialización del prototipo demuestra la factibilidad de fabricación a

escala de prototipo, pero no se interpreta como evidencia de una ruta productiva optimizada o industrial.

8.5 Evaluación acústica del prototipo

La evaluación acústica del prototipo tuvo como propósito determinar si la incorporación de la pantalla modifica el nivel sonoro registrado entre dos puestos enfrentados respecto de la misma disposición sin pantalla. A diferencia de los ensayos desarrollados durante Definir II, orientados a comparar configuraciones lattice mediante probetas independientes, esta evaluación considera el producto completo, incluyendo las superficies lattice, el marco, la zona inferior, las articulaciones y las discontinuidades propias del sistema ensamblado.

La evaluación se desarrolló mediante un procedimiento comparativo adaptado. Sus resultados permiten analizar diferencias relativas dentro del montaje utilizado, pero no corresponden a una certificación de aislamiento, absorción acústica ni reducción del tiempo de reverberación del recinto.

8.5.1 Diseño y procedimiento

Se establecieron dos condiciones experimentales. La condición C0 corresponde al montaje sin pantalla, mientras que C1

corresponde al mismo montaje con la pantalla instalada entre fuente y receptor. Para cada posición se comparó el nivel registrado entre ambas condiciones.

ISO 22955:2021 se utilizó como referencia para la evaluación de la propagación del habla entre puestos y para la consideración de distintas posiciones representativas de fuente y receptor. ISO 3382-3:2022 se empleó como referencia complementaria para las bandas de octava y la duración de los registros, mientras que ASTM E1374-18ε1 se mantuvo como antecedente para la función de las barreras interpuestas entre una fuente y un receptor (ASTM International, 2018; International Organization for Standardization [ISO], 2021, 2022).

Estas referencias se utilizaron para orientar el procedimiento, pero el ensayo no declara conformidad con los estándares mencionados. El equipamiento disponible no incorpora una fuente omnidireccional ni un sistema de medición clase 1 y las dimensiones del montaje fueron adaptadas a las referencias antropométricas utilizadas durante el desarrollo de la pantalla. En consecuencia, los resultados se interpretan exclusivamente dentro del alcance comparativo de esta investigación.

La pantalla se ubicó centrada entre dos puestos enfrentados, manteniendo una distancia aproximada de 1100 mm entre las posiciones de usuario, equivalente a aproximadamente 550 mm desde cada usuario hasta el eje central de la mesa.

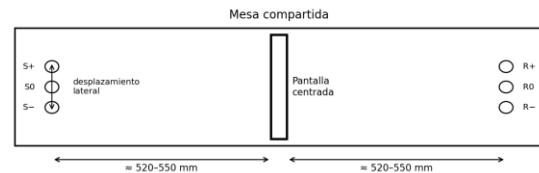


Figura 17 Vista en planta del montaje y posiciones laterales de fuente y receptor



Ilustración 77 Vista lateral montaje

Se utilizaron tres posiciones laterales de fuente, identificadas como S-, S0 y S+, y tres posiciones de receptor, R-, R0 y R+. S0 y R0 corresponden a las posiciones centrales,

mientras que las posiciones negativas y positivas representan desplazamientos laterales de ± 100 mm. La combinación genera nueve trayectorias fuente–receptor.

Fuente	R-	R0	R+
S-	S-/R-	S-/R0	S-/R+
S0	S0/R-	S0/R0	S0/R+
S+	S+/R-	S+/R0	S+/R+

Tabla 80 Trayectorias consideradas durante la evaluación acústica

La altura del centro de la fuente se mantuvo aproximadamente a 445,7 mm sobre la superficie de la mesa, correspondiente a la referencia boca–mesa establecida durante el desarrollo dimensional. El micrófono se ubicó aproximadamente a 560 mm sobre la mesa, de acuerdo con la referencia antropométrica adoptada para la posición del receptor.

Estas alturas adaptan el procedimiento a las relaciones corporales utilizadas para definir el producto y no reproducen literalmente todas las condiciones geométricas de los estándares utilizados como referencia.

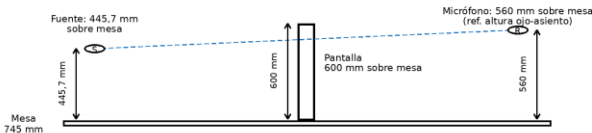


Figura 18 Vista lateral y alturas nominales del montaje

Se utilizó un parlante Sony SRS-XB100, un micrófono condensador Philco y el software Room EQ Wizard (REW). La señal empleada correspondió a ruido rosa periódico de rango completo y cada registro tuvo una duración de 15 s. Durante las mediciones se mantuvieron constantes el volumen de salida, la ganancia del micrófono, las alturas y la orientación del montaje.

Cada una de las nueve trayectorias fue registrada en las condiciones C0 y C1 durante tres rondas, obteniéndose un total de 27 comparaciones pareadas. Estas rondas corresponden a réplicas técnicas del procedimiento y no a usuarios independientes.

Para cada trayectoria se calculó la diferencia entre el nivel registrado sin pantalla y con pantalla:

$$\Delta L_{\text{pantalla}} = L_{C0} - L_{C1}$$

Un valor positivo indica que el nivel registrado fue menor al incorporar la pantalla; un valor próximo a cero indica que no se observó una modificación clara; y un valor negativo corresponde a un nivel superior durante la condición C1.

La diferencia se calculó para las bandas de 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz, además de un indicador global estimado. Este

indicador corresponde a una comparación propia de la investigación y no equivale al $D_{A,S}$ definido por ISO 22955

8.5.2 Resultados acústicos

Los resultados muestran que el comportamiento de la pantalla depende de la frecuencia. La Tabla 81 presenta la diferencia media C0–C1 obtenida para las 27 comparaciones y la cantidad de resultados positivos registrada en cada banda:

Banda	ΔL medio C0–C1	Comparaciones positivas	Interpretación
125 Hz	–0,033 dB	13/27	Sin reducción consistente
250 Hz	+1,262 dB	26/27	Tendencia positiva
500 Hz	–0,014 dB	14/27	Sin reducción consistente
1000 Hz	+1,578 dB	27/27	Reducción consistente
2000 Hz	+0,943 dB	25/27	Reducción con mayor variabilidad
4000 Hz	+1,792 dB	27/27	Reducción consistente
8000 Hz	+4,432 dB	27/27	Mayor reducción y mayor dispersión

Tabla 81 Diferencia media C0–C1 por banda de frecuencia

En 125 y 500 Hz las diferencias medias permanecieron próximas a cero y la distribución entre resultados positivos y negativos fue semejante. Por esta razón, estas bandas no presentan una reducción consistente asociada a la incorporación de la pantalla.

En cambio, 1000 y 4000 Hz registraron diferencias positivas en las 27 comparaciones. En 250 Hz se obtuvieron 26 resultados positivos y en 2000 Hz, 25. La banda de 8000 Hz presentó la mayor diferencia media, aunque también una mayor dispersión entre mediciones, por lo que su resultado no se utiliza de manera aislada para caracterizar el comportamiento general del prototipo.

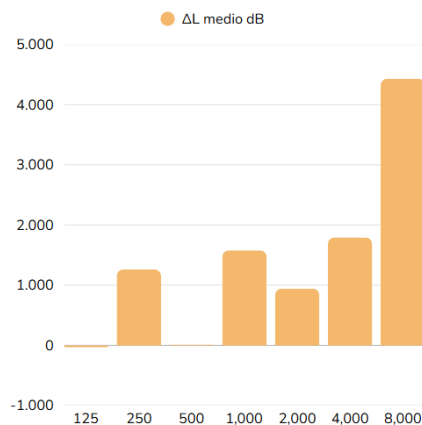


Figura 19 ΔL por banda de frecuencia

La trayectoria S0–R0 corresponde a la condición central utilizada como referencia principal durante el dimensionamiento de la pantalla. En esta posición, el indicador global estimado presentó valores de 1,576; 1,602 y 1,598 dB en las tres rondas, alcanzando una media de 1,592 dB y una desviación estándar de 0,014 dB.

La baja variación entre las rondas indica que, dentro del montaje utilizado, el resultado global de la condición central se mantuvo estable. Sin embargo, esta estabilidad global no implica un comportamiento equivalente en todas las bandas, debido a que 500 Hz se mantuvo próximo a cero mientras que 1000 y 4000 Hz presentaron diferencias positivas en las tres rondas.

Al considerar las nueve trayectorias, sus promedios globales se mantuvieron positivos, con valores comprendidos entre 1,411 y 2,370 dB. El resultado no quedó restringido, por tanto, a la alineación central y se mantuvo frente a los desplazamientos laterales de ± 100 mm considerados durante el ensayo.

Considerando las 27 comparaciones, el indicador global estimado alcanzó una media aproximada de 1,67 dB y fue positivo en todos los casos.

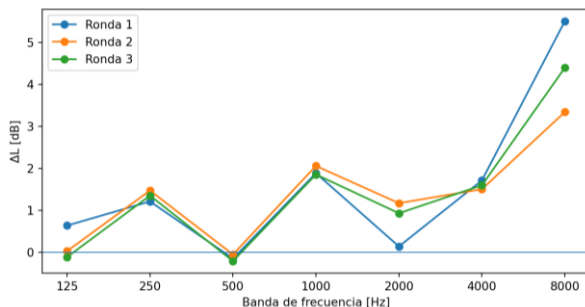


Figura 20 Indicador global estimado según trayectoria

8.5.3 Interpretación y alcance

Los resultados obtenidos durante Afilar complementan la exploración acústica desarrollada en Definir II y permiten distinguir dos niveles de evaluación. En Definir II, las probetas lattice fueron evaluadas como componentes independientes, permitiendo comparar cambios de patrón, tamaño de celda, fracción de volumen, espesor, distribución y material. En Afilar, en cambio, la evaluación corresponde al producto completo, incorporando las superficies lattice junto con el marco, la zona inferior, los bordes, las articulaciones y la interposición física entre fuente y receptor.

La diferencia global positiva registrada en las 27 comparaciones indica que, dentro del montaje utilizado, la incorporación de la pantalla se asoció a un menor nivel sonoro registrado entre los puestos evaluados. Sin

embargo, este efecto no fue uniforme por frecuencia. Mientras 1000, 4000 y 8000 Hz presentaron diferencias positivas en todas las comparaciones, 125 y 500 Hz no mostraron una reducción consistente.

La relación entre ambos niveles de experimentación muestra además que el comportamiento de las probetas lattice no puede trasladarse directamente al producto ensamblado. Durante Definir II, las configuraciones lattice abiertas presentaron diferencias positivas en 500 Hz; en cambio, la pantalla completa no mostró una reducción consistente en esta banda. Esta diferencia indica que el comportamiento final depende de la integración entre la geometría lattice y los demás componentes del producto.

Por esta razón, la evaluación C0-C1 no permite determinar qué proporción de la diferencia registrada corresponde específicamente a las estructuras lattice, a la zona inferior, al marco, a los bordes, a las articulaciones, al efecto de interposición geométrica o a fenómenos asociados a reflexión, transmisión y difracción. La prueba permite evaluar el comportamiento relativo del sistema integrado, pero no aislar la contribución de cada componente.

En relación con el principio de funcionamiento definido en 6.8.1, el ensayo representa una

transferencia fuente–pantalla–receptor entre dos puestos enfrentados. Esta condición resulta compatible con la función general de interposición planteada para reducir parcialmente la propagación del habla entre usuarios próximos.

La distinción entre función activa y función pasiva depende de cuál usuario actúe como fuente y cuál como receptor. Cuando el sonido es generado por el propio usuario y la pantalla se interpone hacia otros puestos, se reconoce la función activa; cuando la pantalla recibe sonido generado desde posiciones externas antes de que este alcance al usuario protegido corresponde a la función pasiva. Sin embargo, el procedimiento no fue diseñado como dos ensayos independientes para verificar cada condición por separado. Por esta razón, los resultados respaldan el principio general de atenuación relativa entre puestos, pero no permiten afirmar que ambas funciones hayan sido validadas experimentalmente de manera independiente.

La configuración actual tampoco se considera acústicamente optimizada. La zonificación desarrollada en 7.7 puede utilizarse como base para explorar configuraciones lattice diferenciadas según sector, pero cualquier modificación deberá comprobarse nuevamente primero a nivel de componente y posteriormente sobre el producto completo.

Esta estrategia puede orientarse especialmente hacia las bandas que presentaron una respuesta menos consistente, sin asumir que cada frecuencia se relaciona exclusivamente con una zona determinada de la pantalla.

En síntesis, la evaluación permite sostener que el prototipo produjo una atenuación sonora relativa y localizada entre los puestos evaluados bajo las condiciones del montaje utilizado.

8.6 Evaluación de usabilidad del prototipo

La evaluación de usabilidad tuvo como propósito analizar la interacción de usuarios potenciales con el prototipo funcional, considerando comprensión inicial, manipulación, reconfiguración, percepción de resguardo, relación visual, compatibilidad con la superficie de trabajo, transporte, estabilidad y situaciones de uso.

A diferencia de la evaluación acústica desarrollada en 8.5, esta sección analiza la relación entre usuario y producto. Los resultados perceptuales no se utilizan para demostrar desempeño acústico y deben interpretarse dentro del carácter exploratorio de la actividad.

8.6.1 Procedimiento de evaluación

La evaluación se realizó con diez participantes mediante interacción directa con el prototipo a escala real. La actividad incorporó una primera aproximación al producto, apertura y configuración de los módulos, utilización dentro del puesto de trabajo, adaptación respecto de otras personas, interacción con objetos sobre la mesa, traslado y guardado.

Las observaciones obtenidas durante las tareas se complementaron mediante escalas de valoración de 1 a 5 para facilidad de uso, comodidad visual, sensación de resguardo, disposición a utilizar el producto, suficiencia del espacio, estabilidad percibida, comodidad de transporte y utilidad para estudiar en grupo.

Debido al tamaño de la muestra y al carácter exploratorio de la actividad, los resultados permiten identificar tendencias, fortalezas y problemas de diseño, pero no constituyen una validación estadística de la población objetivo.

8.6.2 Resultados de usabilidad

Los resultados cuantitativos muestran valoraciones favorables en facilidad de uso, comodidad visual, sensación de resguardo, disposición a utilizar el producto y suficiencia del espacio. En cambio, comodidad de transporte y utilidad para estudiar en grupo presentan las valoraciones más bajas.

Dimensión evaluada	Promedio
Facilidad de uso	4,60
Comodidad visual	4,60
Sensación de resguardo	4,60
Disposición a utilizarla	4,50
Suficiencia del espacio	4,40
Estabilidad percibida	4,25
Comodidad de transporte	3,60
Utilidad para estudiar en grupo	3,60

Tabla 82 Resultados consolidados de la evaluación con diez usuarios

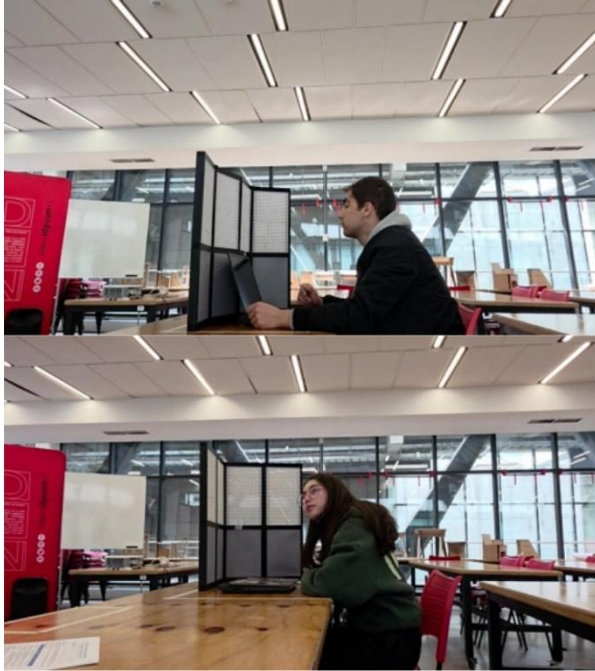


Ilustración 78 Testeo Usuarios

La sensación de resguardo alcanzó un promedio de 4,6/5 y fue evaluada con valores de 4 o 5 por los diez participantes. Durante las sesiones, el producto fue asociado principalmente con privacidad, delimitación del espacio personal y menor exposición frente a otras personas próximas.

Este resultado amplía la lectura del producto respecto de su función acústica inicial. El resguardo identificado no corresponde únicamente a la modificación del sonido, sino

a una experiencia de delimitación física y visual del puesto. Por esta razón, la percepción de resguardo se interpreta como un beneficio de uso y no como evidencia de aislamiento acústico.

La comodidad visual también alcanzó 4,6/5. La superficie lattice permitió mantener paso parcial de luz y reconocer movimientos y presencia de personas en el entorno, evitando una separación completamente opaca. Esta valoración corresponde a percepción de usuario y no a una medición óptica de la superficie.

La facilidad de uso presentó un promedio de 4,6/5. Una vez comprendida la orientación del producto, los participantes utilizaron las articulaciones para modificar el resguardo según la posición de otras personas y mantener abiertas las direcciones asociadas a interacción.

La utilización efectiva de diferentes configuraciones muestra que la reconfigurabilidad funciona como una característica de uso del producto y no únicamente como una posibilidad geométrica definida durante el diseño.

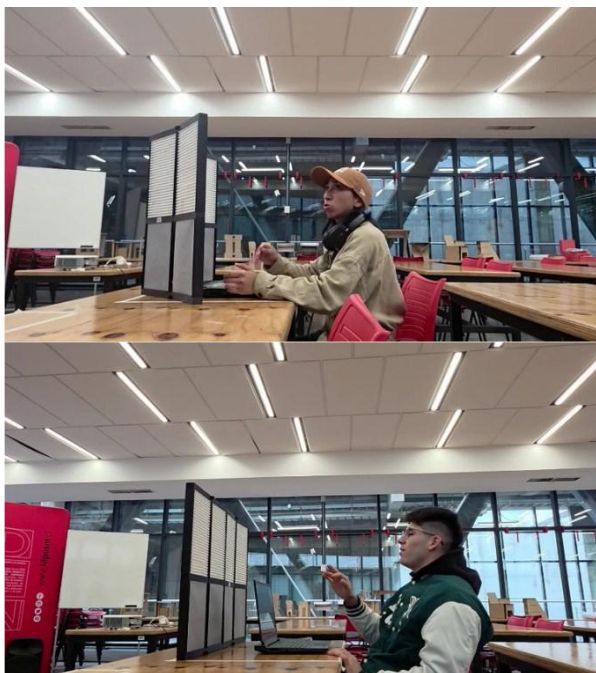


Ilustración 79 Configuraciones adoptadas durante testeo

La principal dificultad apareció durante la primera aproximación, donde algunos usuarios no reconocieron inmediatamente la orientación o función del producto.

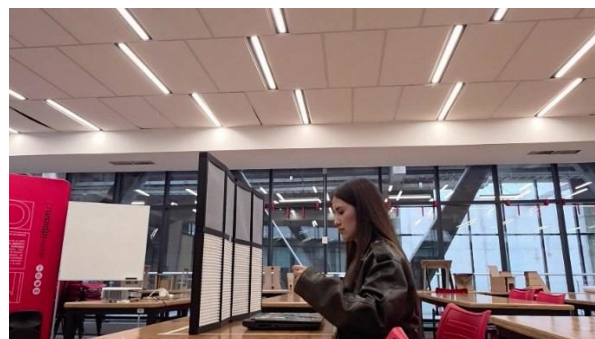


Ilustración 80 Separador instalado de cabeza

La suficiencia del espacio disponible presentó un promedio de 4,4/5, con nueve de los diez participantes evaluando esta variable con valores de 4 o 5. La pantalla permitió utilizar computador, cuaderno y otros objetos habituales manteniéndose próxima al perímetro del puesto.

No obstante, se registró una limitación durante el uso simultáneo de computador y tableta. En consecuencia, la configuración presenta una compatibilidad favorable con las actividades evaluadas, pero no permite afirmar que se adapte sin restricciones a cualquier combinación de dispositivos y objetos sobre la mesa.

La comodidad de transporte presentó uno de los valores más bajos, con un promedio de 3,6/5. Seis de los diez participantes la evaluaron con valores de 3 o inferiores.

Las dificultades observadas se relacionaron principalmente con la ausencia de un punto de agarre definido, la necesidad de utilizar ambas manos y la tendencia de los módulos a abrirse durante el traslado o guardado. La limitación no se atribuye, por tanto, únicamente a la masa del producto, sino también a la falta de una interfaz específica para transportar y mantener cerrado el conjunto plegado.

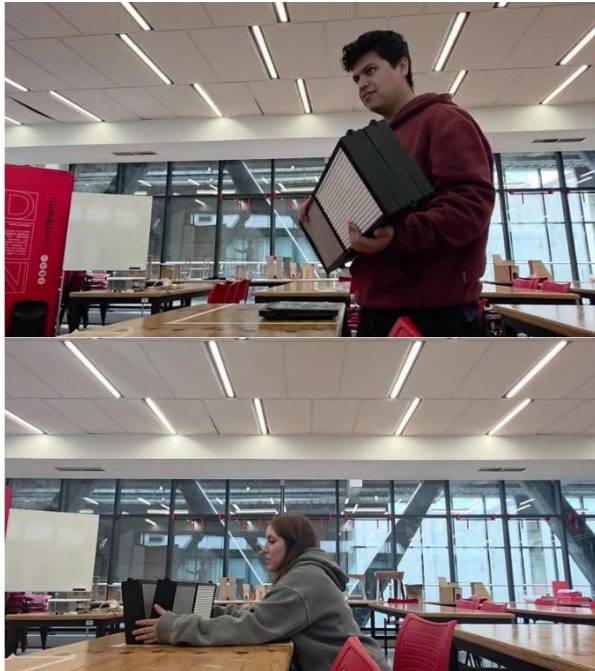


Ilustración 81 Transporte del prototipo y apertura involuntaria

La estabilidad percibida alcanzó 4,25/5. Durante las configuraciones utilizadas en las pruebas, el prototipo fue considerado estable bajo condiciones normales de uso. Las dudas se concentraron principalmente en posibles golpes sobre la mesa, tránsito cercano o perturbaciones accidentales.

Estas perturbaciones no formaron parte de las tareas de evaluación, por lo que el resultado se limita a la estabilidad observada y percibida durante las actividades realizadas.

La utilidad para estudiar en grupo obtuvo un promedio de 3,6/5 y ningún participante la evaluó con 5. El análisis cualitativo muestra que la categoría “grupo” comprende situaciones de uso diferentes.

La pantalla presentó mayor correspondencia con situaciones de estudio individual, interacción en pareja o grupos pequeños. En estas condiciones, los participantes podían mantener abierta la dirección hacia una persona con la que buscaban interactuar y orientar los módulos restantes hacia otros sectores del entorno. En grupos de mayor tamaño esta lógica pierde pertinencia debido a la interacción simultánea en múltiples direcciones.

Por esta razón, el escenario de aplicación se acota principalmente a puestos individuales,

parejas y grupos pequeños dentro de espacios compartidos.



Ilustración 82 Trabajo en pareja con separadores

8.6.3 Síntesis de hallazgos de usabilidad

La evaluación muestra que las principales fortalezas del prototipo se concentran en la facilidad de uso, percepción de resguardo, relación visual con el entorno, compatibilidad general con la superficie de trabajo y capacidad de modificar la disposición de los módulos según la situación.

La reconfiguración fue utilizada efectivamente durante las tareas, lo que permite considerarla una función del producto y no únicamente una característica formal. De igual manera, la permeabilidad visual de la zona lattice fue valorada favorablemente, reforzando la

decisión de evitar una superficie completamente opaca.

Las principales limitaciones se relacionan con el transporte y el estado plegado. La apertura involuntaria del conjunto y la ausencia de un punto de agarre definido indican que el plegado geométrico está resuelto, pero la interfaz de transporte y retención todavía requiere desarrollo.

Una siguiente iteración debería incorporar un sistema que mantenga unidos los módulos durante el traslado y un punto de agarre que reduzca la necesidad de utilizar ambas manos. Estas modificaciones corresponden a oportunidades derivadas de la evaluación y no a características validadas del prototipo actual.

También se identifica una oportunidad de mejora en la legibilidad inicial del producto, debido a que algunos usuarios no comprendieron inmediatamente su orientación. Esta condición puede abordarse mediante la geometría, indicadores de uso o una diferenciación más evidente entre parte superior, inferior y estado de despliegue.

La estabilidad fue considerada favorable durante el uso normal. Como continuidad, resulta pertinente comprobar su

comportamiento frente a perturbaciones accidentales propias del contexto de uso.

En conjunto, los resultados respaldan la configuración general y el principio de reconfiguración para situaciones de estudio individual, interacción en pareja y grupos pequeños, mientras que transporte, retención del plegado, legibilidad inicial y estabilidad frente a perturbaciones constituyen prioridades para una siguiente iteración.

8.7 Contrastación con los requerimientos de diseño

Una vez analizadas por separado las dimensiones acústicas y de usabilidad, los

resultados pueden integrarse para contrastar el prototipo con los requerimientos establecidos en 6.7. Esta revisión incorpora además antecedentes derivados de la fabricación y permite distinguir entre condiciones respaldadas durante el desarrollo, condiciones parcialmente comprobadas y aspectos que requieren una nueva etapa de evaluación.

La contrastación establece el nivel de evidencia disponible para cada condición de diseño y permite distinguir entre requerimientos respaldados por el prototipo, condiciones observadas y aspectos que requieren una siguiente iteración.

Requerimiento	Evidencia obtenida
Interrupción parcial de propagación entre puestos	C0–C1 global positivo en las 27 comparaciones; comportamiento dependiente de frecuencia
Función activa y pasiva	El ensayo verifica interposición fuente–pantalla–receptor
Control de discontinuidades	Bordes, juntas y articulaciones fueron considerados constructivamente
Evitar prometer aislamiento total	Resultados expresados como atenuación relativa y localizada
Facilidad de uso	4,6/5
Compactación y guardado	El conjunto se pliega, pero presenta apertura involuntaria

Transporte	3,6/5 y dificultades de agarre
Compatibilidad con actividades	4,4/5; limitación con computador y tableta
Reconfiguración	Los participantes modificaron los módulos según el contexto
Modularidad	Cuatro módulos estructurales y 96 piezas lattice ensambladas
Estabilidad	4,25/5 durante uso normal
Relación visual	4,6/5 y valoración favorable del paso de luz
Compatibilidad con mesas existentes	Uso mediante apoyo directo sin modificaciones permanentes

Tabla 83 Contrastación entre requerimientos de diseño y evidencia obtenida

La contrastación muestra que los requerimientos asociados a reconfiguración, modularidad, relación visual, facilidad de uso y compatibilidad con el puesto cuentan con evidencia favorable dentro del alcance de las pruebas realizadas. La evaluación acústica aporta además evidencia de una reducción relativa entre puestos, aunque su magnitud depende de la frecuencia y el procedimiento no permite aislar la contribución de cada componente.

Los principales aspectos que requieren desarrollo se concentran en transporte, retención del estado plegado, estabilidad frente a perturbaciones accidentales y optimización de la respuesta acústica por

frecuencia. Estas condiciones no invalidan el funcionamiento del prototipo, pero establecen prioridades concretas para una siguiente iteración.

En conjunto, la evidencia muestra que la configuración desarrollada puede operar como un prototipo funcional integrado: puede desplegarse, plegarse, reconfigurarse, utilizarse sobre el puesto de trabajo y producir una modificación acústica relativa entre posiciones enfrentadas. Al mismo tiempo, la evaluación permite delimitar las condiciones que aún requieren desarrollo antes de avanzar hacia una etapa de mayor madurez productiva.

8.8 Evaluación de costos de fabricación

La evaluación económica se concentra en los costos que pudieron documentarse durante la fabricación del prototipo. Debido a que no se dispone de una estructura completa de costos para todos los componentes, procesos y operaciones del producto, el análisis no busca determinar un precio de venta, rentabilidad ni viabilidad comercial definitiva.

Los antecedentes disponibles permiten evaluar principalmente la incidencia económica del subsistema lattice, comparar el valor registrado con cotizaciones alternativas y situarlo respecto de los precios observados en referentes comerciales. Esta comparación se utiliza para identificar restricciones y prioridades de optimización, considerando que los costos de fabricación del prototipo y los precios de productos terminados corresponden a magnitudes de distinta naturaleza.

8.8.1 Costo documentado de los módulos lattice

La fabricación externa de los módulos lattice registra un costo unitario de \$2.350 CLP para M1 y \$1.600 CLP para M2. Considerando las 72 piezas M1 y 24 piezas M2 requeridas para una pantalla, el monto asociado a los componentes lattice corresponde a:

$$C_{M1} = 72 \times \$2.350 = \$169.200$$

$$C_{M2} = 24 \times \$1.600 = \$38.400$$

$$C_{lattice} = \$169.200 + \$38.400 = \$207.600$$

Por lo tanto, el monto cobrado por las 96 piezas lattice necesarias para el prototipo fue de \$207.600 CLP (Sánchez, 2026).

Componente	Cantidad	Costo unitario	Costo
M1	72	\$2.350	\$169.200
M2	24	\$1.600	\$38.400
Total piezas lattice	96	—	\$207.600

Tabla 84 Costo documentado de las piezas lattice utilizadas en una pantalla. Fuente: elaboración a partir de Sánchez (2026)

El mismo encargo incorporó diez muestras destinadas al desarrollo y comprobación de tolerancias, con un costo adicional de \$12.000 CLP, alcanzando un desembolso total de \$219.600 CLP. Sin embargo, estas muestras corresponden a una actividad de desarrollo y

no forman parte de las 96 piezas requeridas para reproducir una pantalla con la configuración actual. Por esta razón, se mantienen separadas del costo recurrente documentado del subsistema lattice.

También debe distinguirse el monto cobrado por el proveedor de una estructura de costos del proceso productivo. La fabricación registró piezas rechazadas y operaciones de posprocesado, pero la documentación disponible no desglosa individualmente material, energía, uso de máquina, mano de obra ni costo de las pérdidas. En consecuencia, los \$207.600 CLP se interpretan como costo de adquisición del subsistema lattice y no como costo productivo desagregado.

8.8.2 Comparación de cotizaciones externas

Con el propósito de ampliar las referencias económicas disponibles se realizaron cotizaciones externas para las cantidades requeridas por una pantalla: 72 piezas M1 y 24 piezas M2. Se consultaron Xometry, 3D-Solutions y JLC3DP.

Los valores obtenidos presentan diferencias relevantes entre proveedores. Xometry registró valores unitarios de USD 47,28 para M1 y USD 39,99 para M2; 3D-Solutions, USD 2,35 y USD 1,61, respectivamente; y JLC3DP, USD 3,16 y USD 3,50.

Al aplicar estos valores a las cantidades requeridas para una pantalla se obtienen los montos presentados en la Tabla 85:

Fuente	M1 unitario	M2 unitario	72 M1	24 M2	Total estimado
Xometry	USD 47,28	USD 39,99	USD 3.404,16	USD 959,76	USD 4.363,92
3D-Solutions	USD 2,35	USD 1,61	USD 169,20	USD 38,64	USD 207,84
JLC3DP	USD 3,16	USD 3,50	USD 227,52	USD 84,00	USD 311,52

Tabla 85 Comparación de valores obtenidos mediante cotizaciones externas para los módulos lattice

Los montos muestran una variación considerable entre las alternativas consultadas. Dentro de los valores registrados, 3D-Solutions presenta el menor total estimado, con USD 207,84, seguido por JLC3DP con USD 311,52. Xometry alcanza USD 4.363,92 para las mismas cantidades.

Sin embargo, las diferencias no deben interpretarse únicamente como variaciones de precio entre proveedores. La cotización de Xometry corresponde a TPU 88A mediante SLS, mientras que 3D-Solutions y JLC3DP consideran TPU 95A mediante FDM, condición más próxima a la utilizada en el prototipo. Xometry representa, por tanto, una alternativa de material y proceso distinta y no una cotización directamente equivalente.

Incluso entre 3D-Solutions y JLC3DP los valores no dependen exclusivamente del volumen de cada pieza. En JLC3DP, por ejemplo, M2 presenta un valor unitario superior a M1 a pesar de sus menores dimensiones. Esto muestra que las cotizaciones incorporan criterios propios de cada proveedor y no deben utilizarse como una relación directa entre tamaño de pieza y costo.

8.8.3 Relación entre el costo de los módulos lattice y los referentes comerciales

El costo documentado del subsistema lattice puede contrastarse con los precios

observados en algunos referentes directos del benchmarking para dimensionar su incidencia económica relativa. Esta comparación presenta una diferencia fundamental de alcance: los \$207.600 CLP corresponden únicamente a las piezas lattice de una pantalla, mientras que los valores de los referentes corresponden a productos comerciales terminados.

Por esta razón, los valores no se utilizan para establecer una equivalencia directa entre costo y precio de venta ni para determinar competitividad comercial. Su función es identificar la magnitud que actualmente representa el subsistema lattice respecto de productos existentes.

Entre los referentes con valores registrados en pesos chilenos se encuentran Visual S con \$7.315 CLP, Astro 120 con valores observados de \$64.900 y \$89.900 CLP, MITTZON con \$79.990 CLP y Sillería con \$98.500 CLP más IVA, equivalente a aproximadamente \$117.215 CLP

Referencia	Valor registrado	Relación con \$207.600 CLP de módulos lattice
Visual S	\$7.315 CLP	28,4 veces menor

Astro 120, oferta fabricante	\$64.900 CLP	3,2 veces menor
MITTZON	\$79.990 CLP	2,6 veces menor
Astro 120, distribuidores	\$89.900 CLP	2,3 veces menor
Sillería, IVA incluido calculado	\$117.215 CLP	1,8 veces menor
Módulos lattice del prototipo	\$207.600 CLP	—

Tabla 86 Relación entre el costo de fabricación de las piezas lattice y los precios observados en referentes directos

La relación muestra que el costo documentado del subsistema lattice por sí solo supera los precios observados de los referentes incluidos en esta comparación. Incluso respecto del referente de mayor valor dentro de este grupo, el monto correspondiente únicamente a las piezas lattice es aproximadamente 1,8 veces superior.

Este resultado identifica el subsistema lattice como una restricción económica relevante de la configuración actual, especialmente porque el monto de \$207.600 CLP no incorpora el marco, articulaciones, tapas inferiores, relleno, ensamblaje, transporte ni otras operaciones necesarias para completar el producto.

La diferencia no permite concluir que la propuesta carezca de viabilidad comercial. Los referentes presentan distintas

dimensiones, materialidades, prestaciones, escalas de producción y condiciones comerciales, mientras que el prototipo corresponde a una fabricación de baja escala. La comparación muestra únicamente que la ruta actual de fabricación de las piezas lattice requiere una reducción significativa de su incidencia económica antes de considerar una producción repetitiva del producto completo.

8.8.4 Alcance del análisis económico

El análisis económico presenta un alcance parcial, debido a que la información disponible se concentra principalmente en las piezas lattice M1 y M2. El monto de \$207.600 CLP corresponde al servicio de fabricación de las 96 piezas aceptadas requeridas para una pantalla y no representa el costo total del producto.

No se dispone de costos documentados equivalentes para todos los perfiles rígidos,

articulaciones, ejes, tapas TP, relleno, adhesivos, operaciones de ensamblaje, terminación, embalaje, transporte u otras actividades necesarias para completar el sistema. Tampoco es posible desagregar el precio del proveedor en material, energía, uso de máquina, mano de obra y pérdidas de producción.

Las cotizaciones externas amplían las referencias disponibles, pero presentan diferencias de proveedor, proceso, material y condiciones comerciales. Por esta razón, permiten reconocer la variación existente entre alternativas, pero no establecer un costo industrial definitivo.

De igual manera, la comparación con los referentes comerciales debe interpretarse únicamente como una referencia de magnitud. Los precios registrados corresponden a productos terminados, mientras que el valor analizado corresponde solamente a uno de los subsistemas del prototipo.

Tampoco se incorpora en esta etapa un costo para la futura fabricación del marco mediante PVC-U extruido. Aunque esta alternativa se analiza posteriormente como ruta productiva, no se dispone de cotizaciones documentadas para perfiles, matrices, mecanizados ni operaciones asociadas. Asignarle un costo

implicaría incorporar supuestos no comprobados.

En consecuencia, la evaluación económica permite identificar al subsistema lattice como la principal restricción económica documentada en esta etapa y establece como prioridad reducir su costo de fabricación. No permite determinar rentabilidad, precio de venta, costo industrial total ni viabilidad comercial definitiva.

8.9 Factibilidad productiva y oportunidades de optimización

La fabricación del prototipo permitió comprobar que la arquitectura desarrollada puede materializarse mediante los procesos utilizados y ensamblarse como un sistema funcional. Sin embargo, las incidencias registradas durante la fabricación, los tiempos requeridos, el posprocesado y el costo documentado del subsistema lattice muestran que la configuración productiva actual requiere optimización antes de plantear una fabricación repetitiva de mayor escala.

En este sentido, la factibilidad productiva se analiza a partir de dos condiciones diferentes. Por una parte, existe una factibilidad de prototipado comprobada, debido a que fue posible fabricar y ensamblar los componentes necesarios para obtener el producto funcional. Por otra, la investigación no demuestra

todavía una ruta de producción optimizada, debido a que permanecen restricciones relacionadas con confiabilidad, duración, rechazo de piezas, terminación y costo.

A partir de estas condiciones se establecen oportunidades de mejora en tres ámbitos: fabricación FDM de las piezas lattice, evaluación de formulaciones alternativas de TPU y desarrollo de una ruta productiva específica para los componentes rígidos del marco.

8.9.1 Restricciones de la configuración productiva actual

Los antecedentes registrados durante la fabricación muestran que las principales restricciones productivas se concentran en la duración de los ciclos, la ocurrencia de fallas, la necesidad de posprocesado y la relación entre ocupación de cama y riesgo de pérdida.

La fabricación externa registró piezas rechazadas y problemas asociados a stringing, desfases, interrupciones del proceso y uniones deficientes entre capas. Estas incidencias pueden generar consecuencias diferentes: determinadas irregularidades superficiales requieren

operaciones posteriores de terminación, mientras que un desfase o una interrupción puede inutilizar completamente las piezas afectadas.

La duración de las impresiones aumenta la relevancia de estas fallas. Cuando varias piezas se producen simultáneamente, una interrupción puede comprometer una mayor cantidad de tiempo y material. Por esta razón, aumentar el número de componentes por cama no constituye por sí solo una mejora productiva.

La capacidad geométrica máxima estimada de la impresora fue superior a la ocupación realmente utilizada durante la fabricación, pero dichas configuraciones máximas no fueron impresas físicamente. En consecuencia, no existe evidencia suficiente para afirmar que completar la cama permitiría disminuir el costo o el tiempo por pieza sin aumentar de manera relevante el riesgo de pérdida.

La optimización debe buscar, por tanto, un equilibrio entre cantidad de piezas por lote, duración del ciclo, confiabilidad de la impresión y cantidad de material comprometido ante una falla.

Restricción observada	Implicancia	Criterio para una siguiente iteración
Ciclos prolongados	Mayor tiempo y material comprometidos ante una falla	Reducir duración por lote o aumentar confiabilidad antes de incrementar ocupación
Piezas rechazadas	Repetición de impresiones y consumo adicional de recursos	Identificar causas recurrentes y comprobar ajustes de proceso
Stringing	Requiere terminación posterior	Evaluar secado, temperatura, retracción y desplazamientos
Desfase o interrupción	Puede inutilizar varias piezas simultáneamente	Controlar confiabilidad y tamaño del lote
Ocupación parcial de cama	Menor cantidad de piezas por ciclo	Evaluar incrementos progresivos mediante lotes de prueba
Posprocesado manual	Aumenta tiempo fuera de máquina	Reducir defectos desde la etapa de impresión
Variación de terminación entre lotes	Reduce uniformidad visual del conjunto	Mantener condiciones de material y proceso más consistentes

Tabla 87 Restricciones productivas observadas y oportunidades de optimización

Estas restricciones muestran que la mejora del proceso no debe medirse únicamente mediante velocidad de impresión o cantidad de piezas por cama. Una alternativa productiva resulta pertinente solo si permite reducir tiempos o costos sin aumentar la frecuencia de fallas, deteriorar la terminación o modificar de manera no controlada las características de las piezas

8.9.2 Alternativas de material para las piezas lattice

El TPU 95A utilizado en el prototipo permitió fabricar las probetas y las piezas lattice requeridas para el producto. Sin embargo, las incidencias y tiempos registrados justifican explorar formulaciones alternativas que permitan evaluar cambios en procesabilidad, flexibilidad, rigidez y capacidad de fabricación.

Esta revisión tiene un alcance prospectivo. Los materiales identificados no fueron fabricados ni evaluados acústicamente dentro

de esta investigación y, por lo tanto, no pueden considerarse sustitutos validados del TPU 95A utilizado en el prototipo.

La dureza Shore tampoco se utiliza como indicador directo de desempeño acústico. Las escalas Shore A y Shore D responden a condiciones de medición diferentes y no deben interpretarse como una única escala

numérica continua cuando se comparan materiales registrados bajo procedimientos distintos (International Organization for Standardization [ISO], 2010).

A partir de las fichas técnicas revisadas se identificaron cuatro referencias de interés para una etapa posterior: Filaflex 60A, F3 TPU 98A, Ultrafuse TPU 64D y Bambu TPU 95A HF.

Material	Dureza informada	Condición de fabricación documentada	Interés para una futura prueba
Filaflex 60A	60A nominal; 63 Shore A a 3 s	MVS 2,0 mm ³ /s con boquilla 0,4 mm; hasta 30,30 mm/s en relleno	Explorar una configuración de mayor flexibilidad
TPU 95A utilizado	95 Shore A	30 mm/s en la fabricación realizada	Condición de referencia
F3 TPU 98A	98 Shore A	30 mm/s recomendado	Explorar mayor dureza dentro de escala A
Ultrafuse TPU 64D	58 Shore D a 15 s	30–60 mm/s recomendado	Explorar una condición considerablemente más rígida
Bambu TPU 95A HF	95 Shore A	Formulación orientada a impresión de mayor velocidad	Evaluar reducción de tiempo manteniendo dureza próxima a la actual

Tabla 88 Materiales candidatos para una evaluación posterior de las piezas lattice

Las alternativas revisadas cubren condiciones de flexibilidad, rigidez y procesabilidad

distintas respecto del TPU 95A utilizado. La información de fabricante no permite anticipar

su comportamiento dentro de SP10FV40A3u ni comparar directamente valores registrados en escalas Shore diferentes; por ello, se consideran materiales candidatos para una evaluación posterior y no sustitutos validados del material empleado en el prototipo.

8.9.3 Optimización del proceso FDM

Independientemente del material seleccionado, los problemas observados durante la fabricación muestran que una nueva serie de piezas debe abordar de forma controlada las variables asociadas a estabilidad de extrusión, terminación y organización del lote.

La optimización no debería realizarse modificando simultáneamente todos los parámetros, debido a que ello impediría identificar qué cambio produce una mejora o deterioro del proceso. Se propone utilizar SP10FV40A3u como geometría de referencia y modificar progresivamente las variables productivas, registrando tiempo de fabricación, piezas completadas, fallas, terminación y necesidad de posprocesado.

Los principales parámetros de interés se presentan en la Tabla 89.

Variable	Propósito
Secado y almacenamiento del TPU	Reducir irregularidades de flujo y <i>stringing</i>
Temperatura de extrusión	Mantener continuidad sin aumentar acumulación de material
Caudal volumétrico	Determinar el límite estable del material y hotend
Retracción y desplazamientos	Disminuir <i>stringing</i> entre celdas
Cantidad de piezas por cama	Aumentar productividad sin concentrar excesivamente el riesgo
Orientación	Mantener estabilidad y calidad de los encastrés
Tamaño del lote	Limitar material y tiempo comprometidos ante una falla

Tabla 89 Variables propuestas para la optimización de la fabricación FDM

Para comparar alternativas, cada serie debería registrar como mínimo el tiempo total, número de piezas aceptadas y rechazadas, causas de falla, material utilizado y necesidad de posprocesado. Esto permitiría evaluar productividad mediante evidencia del proceso y no únicamente mediante la capacidad geométrica de la cama o la velocidad nominal configurada.

La ocupación de la cama debería incrementarse progresivamente una vez estabilizado el proceso. La máxima cantidad geométricamente posible no se considera un objetivo por sí misma, debido a que un lote mayor también incrementa las consecuencias de una falla que afecte simultáneamente a varias piezas

8.9.4 Ruta productiva propuesta para el marco

Los componentes rígidos del prototipo fueron fabricados mediante FDM en PLA+. Este proceso permitió desarrollar, iterar y evaluar la arquitectura de la pantalla, pero los perfiles PL, PA, SUP/INF y MED presentan geometrías predominantemente lineales que justifican estudiar una ruta de fabricación diferente para una producción repetitiva.

Como alternativa posterior se propone evaluar PVC-U extruido para estos componentes, complementando la extrusión con operaciones de corte y mecanizado

destinadas a generar espigas, ranuras, perforaciones y alojamientos necesarios para el ensamblaje.

Esta propuesta no implica que la geometría actualmente impresa pueda trasladarse directamente a extrusión. El desarrollo de una sección específica para este proceso requiere revisar, entre otros aspectos, espesores de pared, radios, tolerancias, estabilidad dimensional, mecanizados posteriores, encuentro con las tapas TP, compatibilidad con las piezas lattice y relación con el sistema de articulación.

La propuesta tampoco incluye automáticamente las piezas B ni los ejes dentro del proceso de extrusión, debido a que su geometría y función difieren de los componentes lineales del marco. Su material y proceso deberán evaluarse de manera independiente.

Elemento	Prototipo evaluado	Alternativa de desarrollo
Perfiles PL, PA, SUP, MED e INF	PLA+ mediante FDM	PVC-U extruido y mecanizado
Bisagras B	PLA+ mediante FDM	Material y proceso por verificar
Ejes	PLA+ mediante FDM	Material y proceso por verificar
M1 y M2	TPU 95A mediante FDM	Mantenición de FDM
Zona inferior	MDF, fieltro y algodón	Mantenición preliminar de la solución

Tabla 90 Materialidad del prototipo y alternativas productivas

La viabilidad del PVC-U como alternativa de estudio cuenta con antecedentes documentales de procesamiento. La ficha Geon Vinyl Rigid Extrusion L0189 identifica la extrusión como método de procesamiento y los perfiles entre sus aplicaciones, informando valores típicos de módulo de tracción de 2.700 MPa, resistencia a cedencia de 50,1 MPa y módulo de flexión de 2.680 MPa (PolyOne Corporation, s. f.).

También se identificaron antecedentes de PVC y uPVC utilizados como elementos estructurales o perimetrales en sistemas acústicos. Corcraft documenta soluciones autoportantes que incorporan componentes de PVC, mientras que TelaScapes utiliza perfiles perimetrales de uPVC reciclado y

perfiles intermedios de PVC o uPVC (Corcraft, s. f.; Primacoustic, s. f.).

Estos antecedentes demuestran que el material y el proceso poseen aplicaciones compatibles con perfiles y sistemas de paneles, pero no validan la geometría específica de la pantalla desarrollada ni garantizan su comportamiento estructural, acústico o económico. La alternativa debe comprobarse mediante perfiles de prueba antes de incorporarse como sustitución del marco actual.



Ilustración 83 Perfiles uPVC utilizados en el sistema TelaScapes de Primacoustic

En conjunto, la fabricación demuestra una factibilidad suficiente para obtener y ensamblar prototipos funcionales mediante los procesos actuales, pero también identifica restricciones que dificultan trasladar directamente esta ruta hacia una fabricación repetitiva. Las prioridades se concentran en estabilizar el proceso FDM de las piezas lattice, reducir fallas y posprocesado, evaluar materiales alternativos sin perder el control sobre el comportamiento acústico y desarrollar una ruta específica para los componentes lineales del marco.

Las alternativas presentadas en esta sección constituyen rutas de optimización y no soluciones productivas validadas. Su incorporación requiere nuevas pruebas antes de atribuirles reducciones de tiempo, costo o mejoras de desempeño.

8.10 Evaluación integrada de viabilidad

La evaluación integrada de viabilidad relaciona los resultados obtenidos durante el desarrollo técnico, la fabricación, la evaluación acústica, la evaluación de usabilidad, el benchmarking y el análisis económico. Su propósito no es determinar una viabilidad comercial definitiva, sino establecer el nivel de desarrollo alcanzado por la propuesta, identificar las dimensiones que cuentan con evidencia suficiente para mantener las decisiones adoptadas y delimitar aquellas que requieren una nueva iteración.

La evidencia disponible presenta distintos niveles de comprobación. Algunas características fueron evaluadas directamente sobre el prototipo funcional, como la reconfiguración, la interacción con el puesto y el comportamiento acústico relativo; otras fueron observadas durante la fabricación; mientras que alternativas como nuevos grados de TPU, perfiles extruidos de PVC-U y mejoras de transporte permanecen como propuestas que todavía deben comprobarse.

En consecuencia, la viabilidad se analiza diferenciando el funcionamiento de la propuesta, sus condiciones productivas y económicas, el nivel de madurez tecnológica

alcanzado y las condiciones requeridas para continuar su desarrollo.

8.10.1 Viabilidad funcional y acústica

El prototipo permitió comprobar a escala real el despliegue, plegado, reconfiguración e integración de sus principales subsistemas. La evaluación con usuarios respaldó la facilidad de uso, el resguardo, la comodidad visual y la utilización efectiva de la reconfiguración, con mayor pertinencia para estudio individual, interacción en pareja y grupos pequeños.

En el ámbito acústico, Definir II aportó evidencia comparativa a nivel de probetas y Afilar evaluó el producto ensamblado. La comparación C0–C1 presentó resultados globales positivos en las 27 trayectorias, aunque dependientes de la frecuencia y asociados al sistema completo, por lo que la configuración se considera funcionalmente viable dentro del alcance evaluado y todavía susceptible de optimización.

8.10.2 Viabilidad productiva y económica

La fabricación permitió obtener e integrar todos los componentes del prototipo mediante FDM en TPU y PLA+, demostrando factibilidad a escala de prototipado. Al mismo tiempo, las impresiones prolongadas, piezas rechazadas, stringing, interrupciones, variaciones de terminación y posprocesado

muestran que la ruta actual requiere optimización antes de una fabricación repetitiva de mayor escala.

En términos económicos, los \$207.600 CLP documentados corresponden únicamente a las 96 piezas lattice y permiten identificar este subsistema como la principal restricción económica registrada, sin constituir el costo total del producto. Las cotizaciones y alternativas de material o proceso amplían las posibilidades de optimización, pero deben comprobarse antes de considerarse sustituciones validadas o de establecer una viabilidad comercial.

8.10.3 Nivel de madurez tecnológica alcanzado

El objetivo específico 3 planteó desarrollar un prototipo funcional de la aplicación seleccionada y validarlo experimentalmente con usuarios potenciales, alcanzando un nivel de madurez tecnológica aproximado de TRL 5–6. A partir del desarrollo realizado, la propuesta puede situarse en TRL 6 dentro del criterio de madurez utilizado en esta memoria.

Esta clasificación se fundamenta en que el proyecto avanzó desde la evaluación aislada de componentes hacia un prototipo integrado a escala real, compuesto por los cuatro módulos estructurales, superficies lattice, zona inferior, marco y sistema de articulación. El conjunto pudo fabricarse, ensamblarse y

ejecutar las funciones previstas de despliegue, plegado y reconfiguración.

El prototipo también fue sometido a evaluaciones funcionales posteriores a su integración. La prueba acústica permitió analizar el comportamiento relativo de la pantalla completa frente a una condición sin pantalla, mientras que la evaluación con diez usuarios permitió observar comprensión, manipulación, reconfiguración, relación visual, resguardo, compatibilidad con la superficie de trabajo, transporte y estabilidad percibida.

Por lo tanto, el desarrollo supera una comprobación exclusiva de componentes aislados y alcanza una condición de prototipo funcional completo evaluado en condiciones representativas de la aplicación prevista. Esta situación es consistente con la clasificación TRL 6 adoptada para el proyecto.

El nivel alcanzado no implica que el producto se encuentre industrializado o listo para comercialización. La evaluación con usuarios

mantiene un carácter exploratorio y la ruta productiva definitiva permanece sin validar, por lo que estas condiciones delimitan el avance hacia niveles de madurez posteriores.

Dentro de estas delimitaciones, se considera que el objetivo específico 3 se alcanza, debido a que se desarrolló un prototipo funcional integrado, se evaluó experimentalmente su comportamiento y se realizaron pruebas con usuarios potenciales. Las limitaciones identificadas condicionan la continuidad del desarrollo, pero no reducen por sí mismas el nivel de integración demostrado por el prototipo.

8.10.4 Condiciones para continuar el desarrollo

El nivel de desarrollo alcanzado permite mantener varias decisiones de la configuración actual, pero también identifica aspectos que deben resolverse antes de avanzar hacia una siguiente iteración. Estas condiciones se sintetizan en la Tabla 91.

Dimensión	Evidencia alcanzada	Condición para continuar
Configuración general	Cuatro módulos funcionales y reconfigurables	Mantener principio modular
Uso	Facilidad, resguardo y comodidad visual favorables	Mantener reconfiguración y permeabilidad visual

Acústica de componente	Diferencias entre configuraciones comprobadas mediante probetas	Explorar nuevas configuraciones de manera controlada
Acústica del producto	C0-C1 global positivo en las 27 comparaciones	Optimizar respuesta por frecuencia y repetir evaluación del conjunto
Transporte	Dificultades de agarre y apertura involuntaria	Incorporar sistema de retención y punto de transporte
Estabilidad	Favorable en uso normal	Comprobar estabilidad frente a perturbaciones accidentales
TPU/FDM	Piezas fabricadas e integradas	Reducir fallas, tiempo y posprocesado
Material lattice	TPU 95A evaluado	Comparar otros TPU manteniendo geometría controlada
Marco	PLA+ funcional en prototipo	Desarrollar y probar perfiles alternativos antes de sustituirlo
Costo	Subsistema lattice cuantificado	Reducir incidencia y completar estructura de costos
Diferenciación	Reconfiguración + permeabilidad visual identificadas dentro del benchmarking	Mantener la diferenciación limitada a la muestra revisada

Tabla 91 Condiciones para continuar el desarrollo de la propuesta

Las condiciones identificadas pueden agruparse en tres prioridades principales. La primera corresponde a la optimización acústica, relacionando los resultados obtenidos con probetas y con el producto completo. La zonificación definida durante el desarrollo puede utilizarse para explorar nuevas distribuciones geométricas, manteniendo siempre la necesidad de comprobar posteriormente su efecto sobre el sistema ensamblado.

La segunda prioridad corresponde a la interacción física con el producto. La evaluación de usabilidad identifica principalmente la necesidad de controlar el estado plegado, facilitar el transporte y comprobar la estabilidad frente a perturbaciones accidentales. El desarrollo de estas mejoras debe mantener la reconfiguración y permeabilidad visual, debido a que ambas características presentaron evidencia favorable durante la evaluación.

La tercera prioridad se relaciona con fabricación y costo. Antes de incrementar la

escala de producción resulta necesario reducir fallas, estabilizar el proceso FDM, disminuir el posprocesado y evaluar progresivamente materiales y tamaños de lote. Las alternativas de TPU y la posible ruta de PVC-U deben comprobarse mediante muestras antes de incorporarse como modificaciones definitivas.



Ilustración 84 Propuesta conceptual de sistema de confinamiento y transporte

La propuesta ilustrada responde a las dificultades observadas durante la evaluación de usabilidad mediante la incorporación de un elemento que mantenga los módulos confinados durante el plegado y permita trasladar el conjunto. Esta solución corresponde a una propuesta de desarrollo

posterior y no fue evaluada dentro del testeo descrito en 8.6.

En conjunto, la evidencia obtenida justifica la continuidad de la aplicación y delimita tres prioridades para una siguiente iteración: optimización acústica, mejora del transporte y estabilidad, y optimización productiva y económica.

8.11 Propuesta de valor

La propuesta de valor se formula a partir de la relación entre las necesidades identificadas durante Definir y la evidencia obtenida posteriormente mediante el desarrollo, fabricación y evaluación del prototipo. Su formulación no depende únicamente de las características técnicas de la pantalla, sino de los beneficios que estas permiten generar dentro de las situaciones de uso evaluadas.

La necesidad abordada no corresponde a obtener silencio absoluto ni a aislar completamente al usuario. El problema se relaciona con la falta de control sobre el entorno inmediato en espacios de estudio compartidos, especialmente frente a conversaciones e interferencias próximas, junto con la necesidad de mantener interacción con otras personas cuando la actividad lo requiere.

A partir de esta condición, el producto busca generar un resguardo personal adaptable que permita modificar el grado y la dirección de separación sin transformar el puesto en un espacio completamente cerrado.



Ilustración 85 Resguardo puesto de trabajo

8.11.1 Beneficios respaldados por la evaluación

La evaluación muestra que el valor de la propuesta no depende exclusivamente de su función acústica. Los resultados obtenidos permiten identificar una combinación de resguardo, control del entorno, reconfiguración, relación visual y compatibilidad con el puesto de trabajo.

La sensación de resguardo presentó una valoración promedio de 4,6/5, al igual que la comodidad visual y la facilidad de uso. Estos resultados muestran que la pantalla puede generar una delimitación perceptible del puesto sin eliminar completamente el contacto visual ni el paso de luz hacia el entorno.

La reconfiguración también constituye un beneficio respaldado por la evaluación. Los participantes modificaron la disposición de los cuatro módulos para aumentar el resguardo hacia determinados sectores y mantener abiertos aquellos asociados a una interacción deseada. De esta manera, el producto permite adaptar la separación a cambios de actividad y ocupación sin requerir retirar completamente la pantalla.

La compatibilidad con la superficie de trabajo obtuvo una valoración de 4,4/5, aunque se identificaron restricciones cuando se utilizaron simultáneamente varios dispositivos. Por esta razón, el beneficio se limita a los escenarios evaluados y no se generaliza a cualquier configuración de escritorio.

Desde el punto de vista acústico, el beneficio se formula como atenuación o resguardo sonoro parcial. La evaluación del producto completo registró una diferencia global C0–C1 positiva en las 27 comparaciones, con un comportamiento dependiente de la frecuencia.

Finalmente, la evaluación permitió acotar el contexto donde la configuración presenta mayor pertinencia. El producto mostró mayor correspondencia con situaciones de estudio

individual, interacción en pareja y grupos pequeños, mientras que su utilidad disminuye cuando la actividad requiere comunicación simultánea en múltiples direcciones.

Necesidad identificada	Respuesta del producto	Evidencia obtenida
Reducir interferencias sonoras próximas	Pantalla interpuesta entre puestos con superficie lattice	C0–C1 global positivo en las 27 comparaciones
Aumentar resguardo personal	Superficie próxima al usuario	Resguardo percibido 4,6/5
Adaptar la separación según contexto	Cuatro módulos articulados	Reconfiguración utilizada durante las tareas
Mantener relación con el entorno	Zona lattice visualmente permeable	Comodidad visual 4,6/5
Mantener espacio de trabajo disponible	Configuración perimetral sobre la mesa	Suficiencia del espacio 4,4/5
Reducir presencia cuando no se utiliza	Estado plegado	El producto puede plegarse

Tabla 92 Relación entre necesidades, respuesta desarrollada y evidencia disponible

8.11.2 Diferenciación de la propuesta

El benchmarking desarrollado en 8.2 muestra que las características individuales de la propuesta no son necesariamente exclusivas. Existen referentes plegables, autoportantes, destinados a separar puestos y fabricados con materiales orientados al acondicionamiento

acústico. Por esta razón, la diferenciación no se plantea a partir de una única característica ni como una superioridad general frente a los productos revisados.

Dentro de la muestra analizada, la principal diferencia se encuentra en la combinación de

cuatro módulos articulados, reconfiguración espacial y una superficie lattice que mantiene permeabilidad visual y paso parcial de luz. Esta arquitectura permite modificar la relación del usuario con su entorno sin recurrir a una separación completamente fija u opaca.

El beneficio principal puede entenderse como control adaptable del entorno inmediato. El usuario puede aumentar el resguardo hacia determinadas fuentes o personas y mantener apertura hacia aquellas direcciones donde desea conservar interacción.

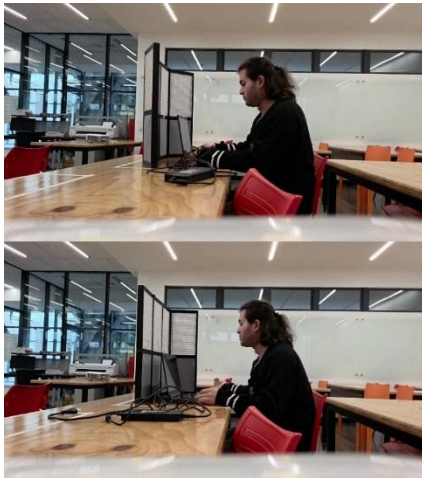


Ilustración 86 Variación del resguardo

Un segundo beneficio corresponde al equilibrio entre resguardo y conexión con el entorno. La pantalla genera una delimitación

perceptible del puesto, pero la zona lattice mantiene información visual parcial y paso de luz. Esta condición es coherente con espacios donde concentración e interacción pueden alternarse durante una misma sesión.



Ilustración 87 Punto de vista al usar

Un tercer beneficio corresponde a la capacidad de alternar entre distintas situaciones de uso. La misma pantalla puede responder a momentos de trabajo individual y posteriormente permitir interacción con una persona o grupo pequeño mediante la modificación de sus módulos, sin requerir cambiar de puesto o retirar completamente el producto.



Ilustración 88 Distintos niveles de cobertura

Finalmente, la propuesta incorpora un potencial de reducción parcial de las interferencias sonoras próximas, respaldado por evidencia experimental exploratoria a nivel de probetas y del producto integrado y formulado como atenuación relativa.

Beneficio	Aporte para el usuario	Evidencia que lo respalda
Control adaptable del entorno	Permite modificar dirección y grado de resguardo según la situación	Reconfiguración observada durante el testeo
Resguardo sin aislamiento completo	Genera delimitación manteniendo paso de luz y relación visual parcial	Resguardo y comodidad visual 4,6/5
Alternancia entre concentración e interacción	Permite cambiar entre trabajo individual e interacción con una o pocas personas	Configuraciones utilizadas durante la evaluación
Reducción parcial de interferencias próximas	Puede disminuir relativamente el nivel sonoro entre puestos	Evaluación C0-C1 del prototipo completo

Tabla 93 Beneficios que sustentan la diferenciación de la propuesta

8.11.3 Formulación y alcance de la propuesta de valor

A partir de la relación entre las necesidades identificadas, los beneficios observados durante el uso, la evaluación acústica y la diferenciación identificada mediante benchmarking, la propuesta de valor se formula de la siguiente manera

“Pantalla acústica reconfigurable para puestos de estudio compartidos que permite generar un resguardo personal adaptable frente a conversaciones e interferencias cercanas, manteniendo luz y contacto visual parcial con el entorno. Sus cuatro módulos permiten modificar la dirección y el grado de separación según la actividad, facilitando alternar entre

concentración individual e interacción con una persona o grupo pequeño sin abandonar el espacio compartido.”



Ilustración 89 Prototipo funcional en uso

La formulación corresponde al nivel de evidencia alcanzado durante la investigación. Los beneficios asociados a resguardo, reconfiguración, facilidad de uso, relación visual y compatibilidad general con el puesto presentan respaldo en la evaluación exploratoria con usuarios, mientras que la dimensión acústica cuenta con evidencia experimental comparativa tanto a nivel de componentes como del producto completo.

La propuesta no implica que el producto se encuentre industrializado o comercialmente validado. Permanecen pendientes la optimización de la respuesta por frecuencia, el desarrollo del sistema de transporte y retención del estado plegado, la comprobación de estabilidad frente a perturbaciones y la optimización de la fabricación y costo del subsistema lattice.

En consecuencia, la propuesta de valor describe los beneficios respaldados y el potencial funcional del prototipo en su nivel actual de desarrollo, evitando atribuirle prestaciones que no fueron comprobadas durante la investigación.

8 CONCLUSIONES

La investigación tuvo como propósito determinar una aplicación de estructuras lattice con potencial para el desarrollo de productos mediante la implementación sistemática del framework Technology Application Selection. El proceso comenzó desde una lógica technology push, en la que la tecnología se encontraba definida, pero no existía inicialmente una aplicación específica, y avanzó mediante etapas sucesivas de caracterización, exploración, selección, definición, desarrollo y evaluación.

La aplicación del TAS permitió reducir progresivamente el espacio de posibilidades a partir de criterios técnicos, de usuario, contexto y fabricación. Este proceso condujo desde la caracterización general de las estructuras lattice hacia la selección de una pantalla reconfigurable para mesas compartidas y posteriormente hacia el desarrollo de un prototipo funcional a escala real. La propuesta resultante integra cuatro módulos articulados, superficies lattice en TPU, una zona inferior de fieltro y algodón, un marco rígido y un sistema de articulación que permite modificar la configuración del conjunto según la situación de uso.

Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis planteada en la investigación. La reducción de incertidumbre no se produjo mediante una única decisión, sino a través de

filtros y evaluaciones sucesivas que permitieron descartar campos incompatibles con los recursos disponibles, seleccionar una oportunidad de aplicación, definir requerimientos, comparar configuraciones lattice y evaluar posteriormente el producto integrado. No obstante, este resultado debe entenderse dentro del alcance del proyecto y no como una demostración de que el TAS garantiza por sí mismo el éxito técnico o comercial de una aplicación.

9.1 Conclusiones en relación con los objetivos específicos

En relación con el objetivo específico 1, se caracterizaron las funciones técnicas de las estructuras lattice considerando su geometría, materialidad, procesos de fabricación, propiedades mecánicas, térmicas, acústicas y biológicas, junto con las principales restricciones asociadas a su implementación. Esta caracterización permitió identificar campos de aplicación y posteriormente aplicar un filtro de viabilidad en función de los recursos y capacidades disponibles para la investigación.

A partir de esta base se generó un catálogo de oportunidades mediante el Wall of Ideas, relacionando propiedades lattice con posibles productos, situaciones de uso y beneficios. El proceso permitió reconocer que el valor de

estas estructuras no depende únicamente de su complejidad geométrica, sino de situaciones donde el control de porosidad, distribución del material, apertura, deformación o geometría interna pueda producir una función relevante para la aplicación. En este sentido, el objetivo se considera alcanzado dentro del alcance de la memoria. Sin embargo, el concepto de valor superior frente a materiales convencionales no se interpreta como una superioridad general demostrada para todas las aplicaciones del catálogo, sino como la identificación de contextos donde las capacidades de la estructura lattice presentan potencial para aportar una respuesta funcional diferenciada.

En relación con el objetivo específico 2, se definió una aplicación de producto y una configuración lattice pertinente a partir de la relación entre propiedades funcionales, factibilidad de fabricación y potencial de diferenciación. La alternativa seleccionada corresponde a una pantalla reconfigurable para mesas compartidas, destinada a generar un resguardo parcial frente a interferencias próximas sin aislar completamente al usuario.

La configuración lattice adoptada corresponde a SP10FV40A3u, fabricada en TPU, con topología Schwarz P, tamaño de celda de 10 mm, fracción de volumen de 40 %, espesor de

30 mm y distribución uniforme. Su selección no corresponde al resultado de maximizar un único indicador acústico, sino a un balance entre comportamiento experimental, repetibilidad, material utilizado, tiempo de fabricación, fallos observados e integración dentro del producto. La definición final incorporó además criterios antropométricos y espaciales, estableciendo una pantalla de 800 × 600 mm en estado desplegado, dividida en cuatro módulos estructurales de 200 × 600 mm.

Este resultado permite concluir que, dentro de las variables analizadas, la pertinencia de una configuración lattice no puede establecerse únicamente desde su desempeño aislado. La relación con el proceso de fabricación y con el sistema de producto condicionó decisiones como el tamaño de celda, la subdivisión de las piezas M1 y M2, la disposición uniforme y la integración de materiales convencionales en aquellos sectores donde la estructura lattice no presentaba una justificación suficiente.

En relación con el objetivo específico 3, se desarrolló un prototipo funcional integrado a escala real y se realizaron evaluaciones sobre su comportamiento acústico y su interacción con usuarios potenciales. El prototipo permitió comprobar las funciones de despliegue, plegado y reconfiguración, además de integrar

los principales subsistemas definidos durante el desarrollo.

La evaluación acústica del producto completo registró una diferencia global estimada C0–C1 de aproximadamente 1,67 dB considerando las 27 comparaciones efectuadas. El comportamiento dependió de la frecuencia: 1000 y 4000 Hz presentaron diferencias positivas en todas las comparaciones, mientras que 125 y 500 Hz permanecieron próximas a cero. El resultado respalda una modificación acústica relativa asociada al sistema completo.

La evaluación con diez usuarios complementó esta evidencia desde la interacción con el producto. La facilidad de uso, comodidad visual y sensación de resguardo alcanzaron promedios de 4,6 sobre 5, mientras que la disposición a utilizar la pantalla alcanzó 4,5 y la suficiencia del espacio disponible 4,4. El transporte obtuvo una valoración de 3,6, identificándose como uno de los principales aspectos a mejorar. Los resultados corresponden a una evaluación exploratoria y permiten identificar tendencias de uso y problemas de diseño, pero no representan una validación estadística de la población objetivo.

Dentro del criterio de madurez utilizado en la memoria, el resultado alcanzado se sitúa en

TRL 6. La solución supera la evaluación de componentes aislados al disponer de un prototipo integrado y evaluado en condiciones representativas de la aplicación prevista. Esta clasificación no implica certificación, industrialización ni preparación para comercialización, pero permite considerar alcanzado el tercer objetivo dentro de las condiciones establecidas por la investigación.

En conjunto, el cumplimiento de los tres objetivos específicos permite responder al objetivo general. Se determinó una aplicación para estructuras lattice mediante un proceso sistemático que relacionó tecnología, usuario, contexto y fabricación, y dicha aplicación avanzó hasta una propuesta de producto materializada y evaluada. El resultado no corresponde únicamente a la selección conceptual de una oportunidad, sino a una aplicación cuyo desarrollo permitió comprobar sus principales funciones y delimitar las condiciones necesarias para continuarla.

9.2 Principales hallazgos del proyecto

Uno de los principales hallazgos corresponde a la necesidad de evaluar las estructuras lattice como parte de un sistema de producto y no únicamente como una geometría independiente. Durante las primeras etapas, el análisis se concentró en las propiedades

que podían modificarse mediante topología, porosidad, tamaño de celda o distribución del material. Sin embargo, a medida que la propuesta avanzó, variables como tiempo de fabricación, repetibilidad, integración con otros componentes, interacción con el usuario y costo adquirieron una incidencia equivalente en la toma de decisiones.

La experimentación acústica permitió observar esta relación a dos escalas. En Definir II las probetas permitieron comparar configuraciones bajo un mismo procedimiento y orientar la selección de la estructura lattice. En Afilar, la evaluación del prototipo mostró que el comportamiento del sistema completo no puede deducirse directamente del comportamiento de una probeta independiente. La pantalla incorpora simultáneamente superficies lattice, marco, zona inferior, bordes, articulaciones, discontinuidades y un efecto de interposición entre fuente y receptor. Por esta razón, el comportamiento acústico final corresponde al conjunto y no puede atribuirse a un único componente.

Esta diferencia entre escalas también permitió precisar la función acústica de la propuesta. La pantalla no constituye una solución destinada a obtener silencio ni reemplazar el acondicionamiento general de un recinto. Su función se sitúa en una escala local y busca

producir un resguardo sonoro parcial frente a fuentes próximas. La interpretación activa y pasiva definida durante el desarrollo describe la dirección en que el sonido puede interactuar con la pantalla, pero la evaluación realizada no permite considerar ambas condiciones como funciones verificadas mediante ensayos independientes.

Otro hallazgo se relaciona con el valor percibido por los usuarios. La propuesta se originó desde una problemática acústica, pero la evaluación mostró que su aporte no depende exclusivamente de la modificación del sonido. La percepción de resguardo, la posibilidad de mantener contacto visual parcial, el paso de luz y la capacidad de modificar la dirección de la separación fueron aspectos valorados durante las sesiones. En consecuencia, la propuesta evolucionó desde una lectura centrada en una pantalla acústica hacia una solución orientada al control adaptable del entorno inmediato, donde el usuario puede modificar el grado de separación según la actividad.

La reconfigurabilidad adquirió así una función concreta. Los cuatro módulos fueron utilizados para aumentar el resguardo hacia determinadas direcciones y mantener apertura hacia otras personas cuando se requería interacción. Esta condición resulta especialmente pertinente en situaciones de

estudio individual, trabajo en pareja y grupos pequeños. Su utilidad disminuye cuando la actividad depende de comunicación simultánea en varias direcciones, lo que permite delimitar el contexto donde la configuración actual presenta mayor correspondencia.

Desde la fabricación, la investigación mostró que la manufactura aditiva mediante FDM permitió materializar la propuesta y realizar las iteraciones necesarias, pero no constituye todavía una ruta productiva optimizada. La fabricación de TPU presentó fallas, stringing, interrupciones y necesidad de posprocesado, mientras que los tiempos prolongados aumentaron el material y las horas comprometidas ante una falla. La subdivisión de la superficie lattice en piezas M1 y M2 respondió en parte a estas condiciones y muestra cómo una restricción productiva puede modificar directamente la arquitectura del producto.

El análisis económico refuerza esta conclusión. El costo documentado de \$207.600 CLP corresponde únicamente a las 96 piezas lattice incorporadas en una pantalla y no representa el costo total del producto. Aunque no permite determinar rentabilidad ni precio de venta, su magnitud identifica al subsistema lattice como la principal restricción económica documentada y establece la

necesidad de optimizar el proceso antes de considerar una fabricación repetitiva de mayor escala.

9.3 Limitaciones del estudio

Las evaluaciones acústicas presentan un alcance comparativo. En Definir II, el TD20 y el IDR permitieron distinguir configuraciones de probetas dentro del montaje utilizado; en Afilar, la comparación C0–C1 permitió analizar la modificación relativa producida por el producto completo. Estos procedimientos no corresponden a una caracterización acústica normalizada y, en el caso del prototipo, tampoco permiten aislar la contribución individual de la superficie lattice, la zona inferior, el marco, los bordes o las articulaciones. En consecuencia, los resultados describen el comportamiento relativo observado bajo las condiciones experimentales establecidas.

La evaluación de usabilidad se desarrolló con diez participantes y tuvo un carácter exploratorio. Sus resultados permiten identificar tendencias, fortalezas y problemas de interacción, pero no pueden generalizarse estadísticamente a la población objetivo. Tampoco se evaluó el uso prolongado del producto dentro de una dinámica cotidiana sostenida, por lo que aspectos como adaptación a largo plazo, frecuencia real de

reconfiguración o permanencia de la percepción de resguardo requieren estudios posteriores.

En cuanto a la estabilidad, el prototipo se mantuvo estable durante las tareas y configuraciones evaluadas, alcanzando una valoración promedio de 4,25/5. Esta evidencia corresponde a condiciones normales de interacción con el producto, por lo que una siguiente iteración deberá comprobar específicamente su respuesta frente a perturbaciones accidentales propias del contexto de uso.

La fabricación presenta además restricciones de repetibilidad y documentación. El registro de producción externa permite confirmar las piezas aceptadas e incorporadas al prototipo, pero contiene inconsistencias entre cantidades por cama, ciclos y tiempos declarados, razón por la cual estos valores no permiten establecer una productividad exacta. La investigación mantiene dichos datos como antecedentes del proceso reportado sin reconstruir resultados mediante supuestos no documentados.

Finalmente, la evaluación económica se limita principalmente al subsistema lattice y a cotizaciones de fabricación alternativas. No se dispone de una estructura completa de costos que incorpore materiales, mano de obra,

ensamblaje, componentes restantes, logística, margen o producción seriada. Por la misma razón, la memoria no permite establecer un precio de venta, rentabilidad ni viabilidad comercial definitiva.

9.4 Siguientes pasos

La continuidad del proyecto debería concentrarse inicialmente en la optimización acústica del sistema. La zonificación desarrollada durante Definir proporciona una base para explorar variaciones geométricas por sector, pero cualquier modificación debe evaluarse primero mediante probetas bajo condiciones controladas y posteriormente sobre el producto completo. Esta secuencia permitiría determinar si una mejora observada a nivel de componente se conserva después de integrar marco, bordes, articulaciones y demás elementos de la pantalla. Una etapa posterior debería utilizar procedimientos y equipamiento normalizados para caracterizar el desempeño acústico con magnitudes comparables externamente.

La segunda línea de desarrollo corresponde a la interacción física con el producto. La evaluación identificó principalmente la necesidad de incorporar un sistema que mantenga confinados los módulos en estado plegado y un punto definido de transporte. Estas modificaciones deberían desarrollarse

sin eliminar la reconfigurabilidad ni aumentar de manera significativa el volumen del conjunto. Asimismo, deberá comprobarse la estabilidad de la pantalla frente a perturbaciones accidentales propias del contexto de uso.

Desde la fabricación, resulta necesario estabilizar el proceso FDM del TPU antes de incrementar la escala de producción. Esto implica evaluar de manera controlada parámetros como velocidad, temperatura, caudal, retracción, orientación y cantidad de piezas por cama, registrando piezas aceptadas, rechazadas, tiempo, material y necesidad de posprocesado. La comparación de otros grados de TPU debe mantener constante la geometría lattice para evitar atribuir a un material diferencias originadas simultáneamente por cambios geométricos.

Para el marco, la posible utilización de perfiles de PVC-U extruido constituye una alternativa de desarrollo y no una sustitución validada. Una siguiente etapa deberá diseñar secciones compatibles con extrusión, fabricar muestras y comprobar tolerancias, estabilidad, mecanizados, uniones con las piezas lattice y relación con las articulaciones antes de reemplazar los componentes actuales de PLA+.

Finalmente, una vez estabilizada la configuración técnica, será necesario ampliar la evaluación con usuarios y completar la estructura de costos. Las pruebas posteriores deberían incorporar una muestra mayor, períodos de uso más prolongados y situaciones reales de estudio compartido. Solo después de disponer de estas evidencias será posible avanzar hacia comparaciones comerciales equivalentes, definición de una ruta productiva y evaluación de viabilidad de mercado.

9.5 Cierre final

La investigación permite responder la pregunta planteada al inicio de la memoria: la selección sistemática de aplicaciones para estructuras lattice desde una lógica technology push puede estructurarse mediante un proceso que reduzca progresivamente el espacio de posibilidades y relacione las capacidades de la tecnología con criterios de fabricación, usuario y contexto. En este proyecto, el TAS permitió pasar desde una tecnología sin aplicación definida hacia una pantalla reconfigurable desarrollada hasta un prototipo funcional integrado.

Los resultados respaldan la hipótesis de que esta integración de criterios permite reducir la incertidumbre inicial y orientar la tecnología

hacia una aplicación donde su geometría cumple una función verificable. Sin embargo, el proceso también muestra que la presencia de una estructura lattice no constituye por sí misma una ventaja. Su utilización debe justificarse dentro del producto y mantenerse sujeta a comparación con materiales y procesos más simples cuando estos puedan resolver la misma función.

La propuesta desarrollada alcanza un nivel de integración consistente con TRL 6, pero no corresponde a un producto terminado. La evidencia disponible permite mantener el principio modular, la reconfiguración, la permeabilidad visual y el uso de una superficie lattice como parte de la configuración, mientras identifica como principales áreas de continuidad la optimización acústica, el transporte, la estabilidad, la fabricación y el costo.

En este sentido, el resultado de la memoria no se limita al prototipo construido. También establece un recorrido de decisión que vincula tecnología, experimentación y desarrollo de producto, y permite delimitar con evidencia qué características pueden mantenerse, cuáles requieren modificación y qué aspectos deben ser comprobados antes de avanzar hacia una etapa de mayor madurez.

REFERENCIAS

Adidas Chile. (s. f.). Zapatillas 4DFWD [Página de producto]. Recuperado el 29 de junio de 2026, de <https://www.adidas.cl/zapatillas-4dfwd/IG8993.html>

ArchDaily Team. (2016, 26 de mayo). Mimbres como material autoportante: Taller Paracrafting / gt2P + Rodrigo Díaz. ArchDaily en Español. <https://www.archdaily.cl/cl/785358/mimbres-como-material-autoportante-taller-paracrafting-gt2p-plus-rodrigo-diaz>

ASTM International. (2018). ASTM E1374-18: Standard guide for office acoustics and applicable ASTM standards. ASTM International.

BASF 3D Printing Solutions BV. (2022). Ultrafuse TPU 64D: Technical data sheet (versión 2.0) [Ficha técnica]

Belcher, T., & Schunk, G. (2019, 26–30 de agosto). Thermal characterization of 3D printed lattice structures [Presentación de conferencia]. Thermal & Fluids Analysis Workshop (TFAWS 2019), NASA Langley Research Center, Hampton, Virginia, Estados Unidos.

Bellows, S. D. (2019). Analysis of directivity factors and indices of human speech [Senior thesis, Brigham Young University]. Brigham Young University.

Berg, M. R., & Green, T. (s. f.). ISO 22955: Calidad acústica de oficinas abiertas [Folleto técnico]. Ecophon Saint-Gobain.

Betanzo Cisterna, P. I. (2024). Diseño y optimización de estructuras reticulares en paneles celulares para la reducción de vibraciones [Memoria de título, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile.

Castellucci, I., Viviani, C., & Martínez, M. (s. f.). Tablas de antropometría de la población trabajadora chilena. Universidad de Valparaíso, Universidad de Playa Ancha & Mutual de Seguridad CChC.

Catchpole-Smith, S., Sélo, R. R. J., Davis, A. W., Ashcroft, I. A., Tuck, C. J., & Clare, A. (2019). Thermal conductivity of TPMS lattice structures manufactured via laser powder bed fusion. Additive Manufacturing, 30, Article 100846. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2019.100846>

Comercializadora Sonoflex Chile SpA. (s. f.-a). High 16: Paneles acústicos de la alta decoración [Ficha técnica]. Sonoflex Chile.

Comercializadora Sonoflex Chile SpA. (s. f.-b). Nubes Acústicas: Acondicionamiento acústico para recintos de grandes volúmenes [Ficha técnica]. Sonoflex Chile.

Comercializadora Sonoflex Chile SpA. (s. f.-c). Panel acústico Modular SPM: Aislante y absorbente acústico [Ficha técnica]. Sonoflex Chile.

Comercializadora Sonoflex Chile SpA. (s. f.-d). Texturado: Placas fonoabsorbentes con microcuñas [Ficha técnica]. Sonoflex Chile.

Contreras Salazar, K. (2024). Optimización topológica de celosías: Evaluación de la resistencia a compresión de la celosía Cesta de Flores de Venus impresa en 3D con arcilla [Memoria de título]. Universidad Católica de Chile.

Corcraft. (s.f.). Freestanding acoustic panels [Catálogo técnico de producto].

Creality. (s. f.). Creality Ender-3 V3 Plus [Página de producto]. Recuperado el 29 de junio de 2026, de <https://www.creality.com/es/products/creality-ender-3-v3-plus>

Davoodi, E., Montazerian, H., Mirhakimi, A. S., Zhianmanesh, M., Ibadode, O., Shahabad, S. I., Esmailizadeh, R., Sarikhani, E., Toorandaz, S., Sarabi, S. A., Nasiri, R., Zhu,

Y., Kadmehdounpour, J., Li, B., Khademhosseini, A., & Toyserkani, E. (2021). Additively manufactured metallic biomaterials. Bioactive Materials

Decathlon Chile. (s. f.). Casco bicicleta MTB EXPL 100 azul [Página de producto]. Recuperado el 29 de junio de 2026, de <https://www.decathlon.cl/p/323802-65044-casco-bicicleta-mtb-expl-100-azul.html>

Den Otter, N., & Haefele, M. (2023, 12 de septiembre). 3D printed lattice insoles: An end-2-end solution. LutraCAD. <https://www.lutracad.com/articles/3d-printed-lattice-insoles-with-mjf-tpu>

Design Council. (2007). Eleven lessons: managing design in eleven global brands: A study of the design process [Informe de investigación]. Design Council.

DiAcustic. (s. f.-a). DiAcustic Alpha P20, P50 & P100 [Ficha técnica]. DiAcustic.

DiAcustic. (s. f.-b). DiAcustic Ecofoam [Ficha técnica]. DiAcustic.

DiAcustic. (s. f.-c). Difusores Reflex [Ficha técnica]. DiAcustic.

Ebest. (s. f.). Jofa Protector de Pecho Leatt 1.5 [Página de producto]. Recuperado el 29 de junio de 2026, de <https://www.ebest.cl/jofa-protector-de-pecho-leatt-1-5.html>

Ejeh, C. J., Barsoum, I., Abou-Ali, A. M., & Abu Al-Rub, R. K. (2023). Combining multiple lattice-topology functional grading strategies for enhancing the dynamic compressive behavior of TPMS-based metamaterials. *Journal of Materials Research and Technology*, 27, 6076–6093. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.10.247>

Elisava. (s. f.). ERT Lattices – casco [Proyecto académico]. Recuperado el 29 de junio de 2026, de <https://www.elisava.net/proyectos/ert-lattices-casco/>

Faucon Bikes. (s. f.). Casco Bicicleta Flight Sport [Página de producto]. Recuperado el 29 de junio de 2026, de <https://www.fauconbikes.cl/products/casco-bicicleta-flight-sport-negro-fox>

Fiberthree GmbH. (2024). F3 TPU 98A black / F3 TPU 98A red / F3 TPU 98A yellow: Technical datasheet [Ficha técnica]

Guan, X., Deckers, E., Dong, H., Hornikx, M., & Yang, J. (2025). Optimization of graded porous acoustic absorbers based on triply periodic minimal surfaces. *Materials & Design*, 253, 113852. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2025.113852>

Ideatec. (s. f.). Microacoustic [Ficha técnica]. Sonoflex Chile.

INGMAC. (s. f.). INGMAC [Sitio web]. Recuperado el 29 de junio de 2026, de <https://www.ingmac.cl/>

International Organization for Standardization. (1997a). Acoustics — Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters (ISO 3382:1997)..

International Organization for Standardization. (1997b). Acoustics — Sound absorbers for use in buildings — Rating of sound absorption (ISO 11654:1997)..

International Organization for Standardization. (2003). Acoustics — Measurement of sound absorption in a reverberation room (ISO 354:2003)..

International Organization for Standardization. (2021). Acoustics — Acoustic quality of open office spaces (ISO Standard No. 22955:2021)..

International Organization for Standardization. (2022). Acoustics — Measurement of room acoustic parameters — Part 3: Open plan offices (ISO Standard No. 3382-3:2022)..

ISO/ASTM International. (2018). Additive manufacturing — Design — Requirements, guidelines and recommendations (ISO/ASTM 52910:2018). <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist>

[/b2490e38-e865-4a6d-b6eb-488b261eca43/iso-astm-52910-2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/488b261eca43/iso-astm-52910-2018)

ISO/ASTM International. (2021). Additive manufacturing — General principles — Terminology (ISO/ASTM 52900:2021). <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/482823e1-57b2-481f-87e7-11da730ba16f/iso-astm-52900-2021>

Kechagias, S., Munford, M. J., Masure, F. C. H., van Arkel, R. J., & Oosterbeek, R. N. (2025). Lattice structures for bone replacement: The intersection of bone biomechanics, lattice design, and additive manufacturing. *Advanced Materials Technologies*, 2501885. <https://doi.org/10.1002/admt.202501885>

Li, X., Chua, J. W., Yu, X., Li, Z., Zhao, M., Wang, Z., & Zhai, W. (2024). 3D-printed lattice structures for sound absorption: Current progress, mechanisms and models, structural-property relationships, and future outlook. *Advanced Science*, 11(4), 2305232. <https://doi.org/10.1002/advs.202305232>

Liu, R., Chen, W., & Zhao, J. (2024). A review on factors affecting the mechanical properties of additively-manufactured lattice structures. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 33(10), 4687–4713. <https://doi.org/10.1007/s11665-023-08423-1>

Manthey, S. (s. f.). TAS manual: Technology Application Selection Framework [Manual]. Karlsruhe Institute of Technology.

Manthey, S. I., Terzidis, O., & Tittel, A. (s. f.). Technology Application Selection – the TAS Framework: Finding promising applications for new and emerging technologies. Karlsruhe Institute of Technology.

Pan, C., Han, Y., & Lu, J. (2020). Design and optimization of lattice structures: A review. *Applied Sciences*, 10(18), 6374. <https://doi.org/10.3390/app10186374>

Pelanconi, M., Zavattoni, S., Cornolti, L., Puragliesi, R., Arrivabeni, E., Ferrari, L., Gianella, S., Barbato, M., & Ortona, A. (2021). Application of ceramic lattice structures to design compact, high temperature heat exchangers: Material and architecture selection. *Materials*, 14(12), Article 3225. <https://doi.org/10.3390/ma14123225>

Polo, S., Garcia-Dominguez, A., Rubio, E. M., & Claver, J. (2025). Lattice structures in additive manufacturing for biomedical applications: A systematic review. *Polymers*, 17(17), 2285. <https://doi.org/10.3390/polym17172285>

PolyOne Corporation. (s.f.). Geon™ vinyl rigid extrusion L0189: Rigid polyvinyl chloride [Ficha técnica de material].

Primacoustic. (s. f.). TelaScapes: Stretch fabric system [Catálogo técnico de producto].

Raiz, K., Chval, Z., & Pereira, M. (2024). Lattice structures—Mechanical description with respect to additive manufacturing. *Materials*, 17(21), 5298. <https://doi.org/10.3390/ma17215298>

Recreus Industries S. L. (2025). Filaflex 60A: Technical data sheet [Ficha técnica].

Salvo M., C. (2017). Desarrollo de espumas metálicas base Titanio mediante la ruta pulvimetalúrgica [Tesis de doctorado, Universidad Técnica Federico Santa María]. Repositorio UTFSM.

Sánchez, N. R. (2026). Ficha de registro de fabricación: Módulos impresos en TPU

Silentium. (2017a). Atenuador de ruido ADR-M: Atenuador de ruido tipo splitter [Ficha técnica]. Silentium Ingeniería del Silencio.

Silentium. (2017b). Panel PAC-SG50-MCH: Panel de sectorización ACH [Ficha técnica]. Silentium Ingeniería del Silencio.

Silentium. (2024). Celosías acústicas CAC-300: Celosías acústicas de alto rendimiento [Ficha técnica]. Silentium Ingeniería del Silencio.

Silentium. (s. f.). Silentium Ingeniería del Silencio [Sitio web]. Recuperado el 29 de junio de 2026, de <https://www.silentium.cl/>

Sonoflex Chile. (s. f.). Sonoflex Chile [Sitio web]. Recuperado el 29 de junio de 2026, de <https://www.sonoflex.cl/contacto/>

Sparta. (s. f.). Set 4 protecciones unisex GPR azul [Página de producto]. Recuperado el 29 de junio de 2026, de <https://sparta.cl/set-4-protecciones-unisex-gpr-azul-09900gprset4bk2517.html>

TodoToner. (s. f.). Hyper TPU alta velocidad 1 kg blanco [Página de producto]. Recuperado el 29 de junio de 2026, de <https://www.todotoner.cl/impresoras/impresoras-3d/filamentos/hyper-tpu-alta-velocidad-1kg-blanco-todotoner>

Trailstore. (s. f.). Casco Bicicleta Proframe RS Negro Mate Fox [Página de producto]. Recuperado el 29 de junio de 2026, de <https://trailstore.cl/products/casco-bicicleta-proframe-rs-negro-matte-fox-1>

Xie, Z., Fu, X., Zhang, Q., Liu, L., Zhu, X., Ren, Y., & Chen, W. (2025). Ballistic performance of additive manufacturing metal lattice structures. *Thin-Walled Structures*, 208, 112763. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2024.112763>

Yang, W., An, J., Chua, C. K., & Zhou, K. (2020). Acoustic absorptions of multifunctional polymeric cellular structures based on triply periodic minimal surfaces fabricated by stereolithography. *Virtual and Physical Prototyping*, 15(2), 242–249. <https://doi.org/10.1080/17452759.2020.1740747>

Yepes Piqueras, V. (2018, 27 de noviembre). Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP). El blog de Víctor Yepes. Universitat Politècnica de València. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>

ANEXO A – Resultados de encuesta a usuarios

Este anexo reúne los resultados completos de la encuesta aplicada a usuarios de espacios de estudio, bibliotecas, universidades, coworkings y otros espacios compartidos. La información fue utilizada como insumo para identificar fuentes de ruido, actividades afectadas, estrategias actuales de los usuarios y disposición frente a una posible solución acústica local.

Los resultados de este anexo respaldan principalmente la sección 4.3, donde se desarrolla la lectura del problema desde usuarios y contexto.

[Resultados encuesta usuarios](#)

ANEXO B – Entrevistas y transcripciones

Este anexo contiene las entrevistas realizadas durante la etapa de levantamiento de información, junto con sus respectivas transcripciones. Estas entrevistas permitieron complementar los resultados de la encuesta y profundizar en la forma en que las personas

perciben el ruido, la concentración y el uso de espacios compartidos.

[Totalidad de entrevistas](#)

Entrevista 1 – NOAC

Lugar: NOAC

Tipo de espacio: Sala de estudio

Entrevistador: Matías Gallardo

Entrevistados: Alejandro y Sebastián

Carrera: Informática

Nivel: Quinto año

Duración aproximada: 8 minutos

Entrevistador: Bueno, muchas gracias por aceptar la entrevista. Yo me llamo Matías Gallardo, soy estudiante de Ingeniería en Diseño de Productos y estoy desarrollando mi memoria de título. Esta se centra en estudiar cómo el ruido ambiente afecta la concentración en salas de estudio o espacios donde la gente va a trabajar. Primero, ¿sus nombres?

Entrevistado 1: Alejandro.

Entrevistado 2: Sebastián.

Entrevistador: ¿En qué año están?

Entrevistado 1: Los dos en quinto.

Entrevistador: ¿De qué carrera?

Entrevistado 1: Informática.

Entrevistador: Lo primero es: ¿qué tan seguido suelen usar salas de estudio, como las de la biblioteca o acá mismo en el NOAC?

Entrevistado 1: Siempre. O sea, por lo menos yo creo que unas cuatro horas en promedio diario.

Entrevistador: ¿Diario?

Entrevistado 1: Sí, igual quizás un poquito más. Por lo menos el NOAC es como todo el día.

Entrevistador: ¿Y siempre vienen en grupo o también vienen solos?

Entrevistado 1: La mayoría de las veces vengo con alguien más, pero igual algunas veces llego a venir solo.

Entrevistador: ¿Existe algo que les incomode cuando vienen a estudiar acá?

Entrevistado 1: Más que nada el ruido y que a veces los enchufes no alcanzan.

Entrevistador: Ya. Con respecto al ruido, ¿qué me pueden comentar de manera más específica?

Entrevistado 2: De repente hay gente que grita mucho. Entonces dificulta concentrarse cuando uno está en modo estudio.

Entrevistado 1: Sí, porque igual, por lo menos aquí en el NOAC, no es como una zona full de estudio oficialmente. Entonces algunos vienen solo a descansar o a hacer otras cosas, y eso igual choca un poco con los que estamos haciendo trabajos o actividades de ese estilo. Por eso yo intento estar siempre con audífonos, porque me aíslan un poco y puedo concentrarme mejor.

Entrevistador: ¿Y cuando están en grupo utilizan audífonos?

Entrevistado 2: Ahí depende. Si estamos como full estudio, usamos audífonos. Pero si no, no tanto.

Entrevistado 1: Claro, si estamos estudiando lo mismo, quizás no, porque nos vamos retroalimentando entre todos. Pero si es un grupo muy grande, quizás sí sirve estar con audífonos, para que cada uno estudie lo suyo.

Entrevistador: Y cuando están sin audífonos, interactuando entre ustedes, ¿hay momentos en que les cueste escucharse o mantener la conversación?

Entrevistado 1: Sí, en ciertas horas sí. En la mañana quizás no tanto, porque no hay tantas

personas. Pero a esta hora, que ya pasó el almuerzo y todos están un poco más cansados, se empieza a hablar y el ruido es mucho mayor.

Entrevistador: Cuando el ruido es alto, ¿qué situaciones se vuelven más complicadas para ustedes en esta dinámica de estudio o trabajo?

Entrevistado 2: A mí me cuesta leer. A veces nos piden leer papers y eso me cuesta mucho.

Entrevistado 1: Sí. O muchas veces me cuesta empezar a trabajar. Como escucho ruido, me pongo a hacer otras cosas o a ver el celular. Como que no entro en el momento de concentración.

Entrevistador: ¿Sienten que el problema es el volumen del ruido como tal o que el ruido genera eco, reverberación o rebote dentro del espacio?

Entrevistado 2: Yo creo que el eco. Si fuera como una sala más compacta, quizás sería distinto.

Entrevistado 1: No sé. Como tal, no siento que el sonido se repita o que lo escuche varias veces. Más bien se escucha mucho murmullo. No llego a saber qué están hablando, pero sé que están hablando. Escucho palabras al azar.

Entrevistado 1: Sí, es como eso. No es ruido blanco, sino como lo contrario.

Entrevistador: ¿Qué suelen hacer para mitigar ese ruido?

Entrevistado 1: Yo creo que, primero, después de cierto lapso de tiempo uno se acostumbra y ya puede empezar a trabajar. Y segundo, los audífonos, que es lo más rápido.

Entrevistador: Y cuando están con audífonos, ¿hay algo que les siga molestando?

Entrevistado 1: O sea, hoy día en la mañana yo estaba muerto de frío por el aire acondicionado, pero eso es otra cosa, no tiene que ver con el ruido.

Entrevistador: ¿Y con la comunicación con otras personas?

Entrevistado 1: Claro, igual de repente nos cuesta y tenemos que estar repitiéndonos las cosas por el ruido. Eso, tener que repetir.

Entrevistador: Más relacionado con el espacio, en la mesa o escritorio donde trabajan, ¿se les suele sobrecargar o sienten que queda cierto espacio extra?

Entrevistado 1: Yo siento que el espacio en general, por lo menos en el NOAC, está bien. Siento que alcanza para el computador. Como que cuatro personas podrían estar en esta

mesa, incluso hasta un tercero a nuestro lado, y aun así uno está bien.

Entrevistador: Por ejemplo, la existencia de las pizarras que se pueden desplazar, ¿creen que reduce espacio, genera alguna incomodidad o, por el contrario, lo encuentran totalmente beneficioso?

Entrevistado 1: Siento que es un beneficio total. Pero claro, igual de repente molesta el paso. Cuando están ahí, sobre todo, cuesta pasar.

Entrevistador: Si existiera alguna forma de mejorar el ambiente sonoro de esta sala, ¿qué creen que sería importante para que ustedes la ocuparan? ¿Qué característica debería tener?

Entrevistado 2: A mí me gusta hablar, porque igual se puede interactuar con otras personas. Entonces, claro, podríamos estar todos callados, pero se perdería un poco el brillo de la biblioteca. Igual es importante tener la oportunidad de poder hablar y comunicarse.

Entrevistado 1: Pero sí, de alguna forma, no sé si es posible reducir el murmullo de quizás cuatro mesas más atrás, que siento que no me suma nada. Como, de alguna forma, aislar cada grupo de mesa o algo por el estilo.

Entrevistador: Si hubiese algo que pudiese mitigar el ruido, ¿preferirían que estuviese fijo en la sala en ciertas ubicaciones o que ustedes lo pudieran desplazar, como las pizarras, y acomodarlo a su gusto?

Entrevistado 1: Quizás sería más cómodo acomodarlo al gusto. Porque igual de repente somos grupos grandes y ocupamos toda la mesa, y quizás ahí no me interesa tanto estar aislado. Pero claro, en este caso que somos dos, algo así nos serviría hartito. Para esta mesa más chica nos sirve bastante.

Entrevistador: Ya, eso sería. Muchas gracias.

Síntesis de hallazgos de la entrevista

Tema	Hallazgo
Frecuencia de uso	Los entrevistados utilizan salas de estudio con alta frecuencia, aproximadamente varias horas al día
Uso individual y grupal	El espacio se usa tanto en grupo como individualmente, aunque predomina el uso acompañado

Fuente principal de molestia	El ruido proviene principalmente de conversaciones, gritos, murmullo y usuarios que utilizan el espacio para descansar o hacer otras actividades
Estrategia actual	Los audífonos aparecen como la estrategia más inmediata para aislarse y concentrarse
Efecto del ruido	El ruido dificulta comenzar a trabajar, leer y entrar en un estado de concentración
Comunicación en grupo	En ciertos momentos deben repetirse las cosas por el ruido ambiente
Lectura del espacio	El espacio de mesa se percibe como suficiente, pero las pizarras móviles pueden dificultar la circulación
Preferencia de solución	Se valora una solución móvil o ajustable, que pueda acomodarse según el tamaño del grupo o la necesidad de aislamiento

Implicancia para el diseño	La pantalla debería reducir murmullo e interferencias entre grupos, sin impedir la comunicación dentro del propio grupo
----------------------------	---

Entrevista 2

Lugar: Mall Plaza Vespucio

Tipo de espacio: Centro comercial / espacio de trabajo informal

Entrevistador: Matías Gallardo

Entrevistado: Rolando Villo

Rol del entrevistado: Supervisor de una marca de retail

Duración aproximada: 3 minutos

Entrevistador: Primero, muchas gracias nuevamente. Yo soy Matías, estudiante de Ingeniería en Diseño de Productos, y estoy haciendo mi memoria con respecto al ruido ambiente y la experiencia de las personas. Primero, ¿cuál es tu nombre?

Entrevistado: Rolando Villo.

Entrevistador: Rolando, ¿con qué frecuencia vienes a trabajar a espacios como este?

Entrevistado: Todos los días.

Entrevistador: ¿Cuántas horas al día? ¿Toda la jornada?

Entrevistado: Pasaré unas cuatro o cinco horas en los malls.

Entrevistador: ¿Y cómo es normalmente un día de trabajo para ti en este espacio?

Entrevistado: Yo hago rutas en distintos malls de Santiago. Soy supervisor de una marca de retail, por lo cual tengo que ir viendo promotores que están regularmente en las tiendas. De repente tengo espacios o tiempos en los que me tengo que sentar con el computador y poder trabajar en archivos, correos, etcétera.

Entrevistador: Y cuando trabajas en el computador en estos espacios, ¿qué destaca especialmente?

Entrevistado: La verdad es que en los malls que son Mall Plaza, como este mall, no hay un ambiente grato para poder trabajar. No así en otros malls, como los Cencosud, por ejemplo Costanera Center o Florida Center, que tienen espacios donde tú puedes trabajar y estar un poquito más tranquilo. Está más ambientado

para poder tener un trabajo, sobre todo de oficina.

Entrevistador: ¿Qué tipos de ruido suelen aparecer más cuando trabajas acá o en otros espacios similares?

Entrevistado: Música constante, vocería interna del mall anunciando ofertas, promociones, etcétera. Y mucho ruido ambiente en general, por la misma gente que transita dentro.

Entrevistador: ¿Hay tareas que se te compliquen por el ruido ambiente?

Entrevistado: Claro. Sobre todo yo, que trabajo mucho en mall, tengo que hacer videollamadas. Entonces el ruido ambiente me complica para el tema del audio, para escuchar y para que me escuchen a mí. Muchas veces tengo que andar buscando rincones o derechamente irme al estacionamiento del auto para poder tomar la reunión.

Entrevistador: ¿Hay algo que, a pesar de desplazarte para buscar un espacio más adecuado, sientas que no te satisface desde el punto de vista del ruido o de tu experiencia?

Entrevistado: Sí, hay varias cosas que no me satisfacen. Yo creo que el mall, sabiendo que hay mucha gente que trabaja como yo o que

viene mucho al mall y trabaja directamente en este tipo de establecimientos, debería tener un espacio adecuado. Sería ideal tener algo un poquito menos ruidoso, quizás más alejado de las tiendas, o en el exterior, algo adecuado para poder trabajar de manera gratuita.

Entrevistador: Y si existiera alguna forma de reducir el ruido en tu espacio particularmente, ¿qué características crees que debería tener para que tú consideraras usarla?

Entrevistado: Al menos que sea cerrado. Que sea un espacio cerrado, no importa si es transparente, pero ojalá cerrado, cosa que el ruido ambiente se reduzca un poco dentro del interior. Ahora, si fueran cabinas individuales sería mucho mejor, pero ahí es mucho más difícil.

Entrevistador: Ah, ok. Eso sería. Muchas gracias, te pasaste.

Entrevistado: Dale, que estés bien. Cuídate. Ojalá te haya servido.

Entrevistador: Sí, gracias.

Síntesis de hallazgos de la entrevista

Tema	Hallazgo
Frecuencia de uso	El entrevistado trabaja en centros comerciales todos

	los días, aproximadamente cuatro o cinco horas
Tipo de usuario	Supervisor de retail que se desplaza entre distintos malls y necesita trabajar con computador en tiempos intermedios
Condición del espacio	El entrevistado percibe que algunos malls no tienen espacios adecuados para trabajar de manera tranquila
Fuentes principales de ruido	Música ambiental, vocería interna, promociones, tránsito de personas y ruido general del centro comercial
Actividades afectadas	Las videollamadas se ven especialmente afectadas porque dificultan escuchar y ser escuchado
Estrategia actual	Busca rincones más tranquilos o se traslada al estacionamiento del auto para tomar reuniones
Necesidad declarada	Se valora un espacio menos ruidoso, alejado de tiendas o diseñado específicamente para trabajar

Preferencia de solución	El entrevistado preferiría un espacio cerrado o cabinas individuales, idealmente transparentes
Implicancia para el diseño	En centros comerciales el problema acústico depende del funcionamiento general del recinto, por lo que una pantalla local de mesa puede ser menos pertinente que en salas de estudio

Entrevista 3 – Vitacura

Lugar: Vitacura

Tipo de espacio: Sala de estudio

Entrevistador: Matías Gallardo

Entrevistados: Nicolás Torre, Nicolás Catalán y Sebastián

Carrera: Aviación Comercial

Nivel: Primer año

Duración aproximada: 4 minutos

Entrevistador: Yo me llamo Matías, estoy en quinto año de Ingeniería en Diseño de Productos y estoy haciendo mi memoria con

relación al ruido ambiente y cómo afecta la experiencia de las personas cuando se quieren concentrar. Primero, ¿sus nombres?

Entrevistado 1: Nicolás Torre.

Entrevistado 2: Nicolás Catalán.

Entrevistado 3: Sebastián.

Entrevistador: ¿De qué carrera son?

Entrevistados: Aviación Comercial.

Entrevistador: ¿Los tres?

Entrevistados: Sí.

Entrevistador: ¿En qué año están?

Entrevistados: Primero.

Entrevistador: ¿Qué tan seguido utilizan salas de estudio o espacios como este?

Entrevistado 1: Todos los días.

Entrevistado 2: Sí, todos los días.

Entrevistador: ¿Todos los días? ¿Y como cuántas horas al día?

Entrevistado 1: Yo creo que cuatro.

Entrevistado 2: Sí, yo creo.

Entrevistado 3: Mínimo dos horas.

Entrevistador: ¿Existe algo que les incomode cuando vienen a estudiar acá?

Entrevistado 1: Al menos acá cuesta más porque hay más ruido, pero igual.

Entrevistado 2: Yo me voy a la biblioteca porque hay ruido, pero no es tanto y es como mejor para estudiar.

Entrevistador: ¿Les molesta el ruido que generan otros grupos al estudiar?

Entrevistado 1: Depende igual del espacio. Por ejemplo, acá uno ya tiene la conciencia de que va a haber ruido, entonces tampoco podemos hacerlos callar. Pero, en cambio, en la biblioteca hay más respeto. Ahí sí incomoda.

Entrevistado 2: Uno ya viene pensando que acá va a haber más ruido que en otros lados.

Entrevistador: ¿Hay momentos donde se vuelve difícil entenderse entre ustedes por el ruido?

Entrevistado 1: No sé. Depende de cada persona.

Entrevistado 2: Sí, depende, pero en general no.

Entrevistado 3: En general no es tanto el ruido como para no lograrlo.

Entrevistador: Y cuando el ruido les genera molestia, ¿sienten que es por el volumen del ruido o por el mismo espacio, como que el ruido rebota?

Entrevistado 1: Yo creo que aquí pueden ser los dos, porque aquí está todo cerrado. El ruido como que se encierra un poquito más, y también está el volumen.

Entrevistado 2: Igual aquí es como se da no más.

Entrevistador: Me dijeron que sí había momentos donde el ruido les molestaba. Cuando ocurre eso, ¿qué suelen hacer para mitigar el ruido?

Entrevistado 1: Buscar otro lado.

Entrevistado 2: Yo creo que buscamos otro lado. Evitamos peleas o conflictos, entonces buscamos otro lugar.

Entrevistado 3: O ver si hay espacio en otra sala.

Entrevistador: Y si existiera alguna forma de reducir el ruido ambiente, ¿qué características creen que serían importantes para que ustedes sientan que es beneficioso?

Entrevistado 1: Reducir el rebote del ruido.

Entrevistado 2: Y que sean, tal vez, espacios más abiertos. Porque, por ejemplo, acá están todos súper juntos.

Entrevistado 3: Y en la biblioteca igual, al menos en el segundo piso, las mesas están al lado.

Entrevistado 2: Sí. Por ejemplo, en la biblioteca quizás hay algún tipo de espuma o algo en las paredes.

Entrevistado 1: Las paredes son similares a las de acá. Lo que pasa es que en la biblioteca de por sí se mantiene más silencio.

Entrevistado 2: En las salas de estudio uno habla un poco más fuerte igual. Pero las paredes, que yo me acuerde, no las he visto distintas.

Entrevistador: Ah, entonces sería más por el tema de cultura en la biblioteca.

Entrevistado 1: Sí, es más por eso.

Entrevistador: Eso sería. Muchas gracias.

Entrevistados: Gracias.

Síntesis de hallazgos de la entrevista

Tema	Hallazgo
Frecuencia de uso	Los entrevistados utilizan salas de estudio todos los

	días, entre dos y cuatro horas aproximadamente
Tipo de usuario	Estudiantes de primer año de Aviación Comercial
Comparación entre espacios	La sala de estudio se percibe como más ruidosa que la biblioteca
Expectativa de ruido	Los usuarios asumen que en salas de estudio habrá más ruido, mientras que en biblioteca existe mayor expectativa de silencio
Fuente de molestia	El ruido de otros grupos puede incomodar, pero depende del tipo de espacio
Comunicación en grupo	En general, el ruido no impide entenderse entre ellos
Percepción acústica	La molestia se asocia tanto al volumen como al rebote del ruido en un espacio cerrado
Estrategia actual	Cuando el ruido molesta, buscan otro lugar o revisan si hay disponibilidad en otra sala

Necesidad declarada	Se menciona reducir el rebote del ruido y evitar que los usuarios estén demasiado juntos
Implicancia para el diseño	La solución debe considerar no solo la reducción del ruido, sino también la percepción de separación entre grupos y la cultura de uso del espacio

ANEXO C – Observaciones de espacios compartidos

Este anexo reúne el registro de observación realizado en un espacio compartido de estudio, con el objetivo de complementar la definición de la pantalla reconfigurable para mesas compartidas. La observación permitió identificar dinámicas de ocupación, distribución de usuarios, objetos presentes sobre la mesa, fuentes de ruido, comportamiento frente al ruido y restricciones físicas relevantes para el diseño.

El registro respalda principalmente las secciones 4.3, 6.4, 6.6 y 6.7 de la memoria, relacionadas con la lectura del problema desde usuarios y contexto, el contexto físico

de uso, los escenarios de uso y los requerimientos finales de diseño.

C.1 Ficha general de observación

Ítem	Registro
Lugar observado	NOAC
Tipo de espacio	Sala de estudio
Fecha	09/06/26
Hora	12:33 am
Duración de la observación	20 minutos
Observador	Matías Gallardo
Nivel de ocupación estimado	Medio
Nivel de ruido percibido	Medio
Objetivo de la observación	Identificar cómo se da la dinámica entre grupos y cómo los usuarios hacen uso del espacio, tanto de manera individual como grupal

Tabla 94 Identificación general del contexto observado





Durante la observación se identificaron múltiples grupos distribuidos en la sala. Algunos usuarios se encontraban concentrados en libros o computadores, mientras otros trabajaban utilizando pizarras. La separación entre grupos se evidenciaba mediante puestos vacíos o espacios libres entre usuarios, lo que indica una tendencia

espontánea a generar distancia física cuando existen grupos distintos dentro de la misma sala.

C.2 Actores y dinámica de ocupación

Aspecto observado	Registro
Usuarios observados	Estudiantes universitarios en sala de estudio y usuarios de espacio de concentración
Relación entre usuarios	Usuarios solos, en duplas y en grupos de tres personas
Organización en duplas	Las duplas tienden a sentarse una al lado de la otra
Organización en grupos de tres o más	Los usuarios comienzan a sentarse enfrentados
Separación entre grupos	Los grupos distintos dejan un puesto de separación, ya sea lateral o frontalmente

Tabla 95 Dinámica de usuarios observada en el espacio



La distribución observada muestra que la mesa compartida no se utiliza de manera completamente homogénea. Los usuarios tienden a organizarse según su relación con otros integrantes del grupo. Cuando hay dos personas, se sientan una al lado de la otra; cuando el grupo aumenta, aparece el uso enfrente de la mesa. Además, entre grupos distintos se deja un espacio libre, lo que sugiere una necesidad espontánea de

separación física y social dentro del espacio compartido.

C.3 Uso de la mesa y actividades observadas

Aspecto observado	Registro
Tipo de mesa	Compartida, larga y rectangular
Cantidad de puestos de la mesa medida	6 puestos
Ocupación observada en otras mesas	Variable, desde una persona hasta grupos de cuatro
Existencia de puestos vacíos entre usuarios	Sí
Actividades principales	Estudio individual, trabajo en computador, lectura, trabajo en dupla y trabajo grupal
Cambio de actividad durante la observación	Sí

Descripción del cambio	Los usuarios alternan entre momentos de concentración en el computador y conversaciones con el grupo
------------------------	--

Tabla 96 Uso de la mesa y actividades realizadas

La mesa funciona como soporte para actividades individuales y grupales. La actividad no se mantiene fija durante toda la observación, ya que los usuarios alternan entre momentos de concentración y momentos de conversación. Esta condición refuerza la necesidad de una pantalla reconfigurable, capaz de adaptarse a estados de uso variables sin imponer una separación permanente.



C.4 Objetos presentes sobre la mesa

Objeto observado	Presencia
Notebook	Sí
Cuaderno	Sí
Libro	Sí
Estuche	Sí
Botella o vaso	Sí
Celular	Sí

Cargador o cables	Sí
Tablet	Sí
Mochila	No observada sobre el puesto
Audífonos	No observados como objeto principal sobre la mesa

Tabla 97 Objetos observados sobre los puestos de trabajo

El computador o tablet aparece como el objeto protagonista del puesto. También se observan cargadores conectados a enchufes ubicados en el centro de las mesas. Esto genera una restricción importante para el diseño: la pantalla no debe bloquear el acceso a enchufes ni impedir el paso de cables.

En relación con las áreas libres de la mesa, se observó que el espacio detrás del computador tiende a quedar disponible. Esta zona puede considerarse como una posible área de instalación o apoyo, siempre que no interfiera con la postura del usuario ni con la apertura del computador.



C.5 Comportamiento frente al ruido

Fuente de ruido observada	Presencia
Conversaciones cercanas	Sí
Conversaciones lejanas	Sí
Murmullo general	Sí
Movimiento de sillas	Sí
Tránsito de personas	Sí
Teclado o mouse	No registrado como fuente principal
Música ambiental	No observada
Ruido exterior	No observado

Tabla 98 Fuentes de ruido presentes en el entorno

La molestia frente al ruido se observó de manera parcial. En general, los usuarios que

se encuentran en grupo se adaptan al ruido e incluso contribuyen al murmullo general del espacio. En cambio, los usuarios que están solos tienden a utilizar audífonos como estrategia de adaptación.

Señal observable	Registro
Uso de audífonos	Sí
Cambio de postura	No observado
Miradas hacia la fuente de ruido	No observado
Cambio de puesto	No observado
Interrupción de tarea	No observada
Conversación sobre el ruido	No observada
Búsqueda de mayor privacidad	No observada explícitamente

Tabla 99 Señales observables de adaptación frente al ruido

Este comportamiento confirma que el ruido en espacios compartidos no siempre se manifiesta como una queja directa, sino como una condición a la que los usuarios se adaptan. La pantalla, por lo tanto, no debe plantearse como una solución para eliminar por completo el ruido, sino como un recurso

para entregar mayor control sobre el entorno inmediato.

C.6 Medición del mobiliario y del espacio

Medida de la mesa	Valor registrado
Largo total de la mesa	254 cm
Ancho o profundidad total	110,5 cm
Altura de la mesa	74,5 cm
Espesor del tablero	3 cm
Área útil aproximada por usuario	55 × 80 cm
Distancia entre puestos contiguos	4 cm
Distancia entre puestos enfrentados	55 cm
Distancia desde el usuario al borde opuesto	110,5 cm

Tabla 100 Dimensiones de la mesa observada

La mesa cuenta con enchufes ubicados en el centro, aproximadamente a 49 cm × 112 cm desde el borde. Esta condición es relevante porque cualquier sistema apoyado o desplegado en la mesa debe permitir el

acceso a conexiones eléctricas y el paso de cables.

C.7 Medición del puesto de trabajo

Elemento medido	Valor registrado
Ancho del notebook	36,4 cm
Profundidad del notebook abierto	26,4 cm
Altura del notebook abierto	25 cm
Distancia del usuario al borde de la mesa	0 cm
Altura aproximada de la boca respecto a la mesa	40 cm
Altura aproximada del oído respecto a la mesa	46 cm

Tabla 101 Medidas del puesto de trabajo y relación usuario-mesa

Las alturas de boca y oído entregan referencias relevantes para estimar la altura funcional de la pantalla. Una pantalla de mesa debe considerar la trayectoria del habla y la zona auditiva del usuario, sin transformarse necesariamente en una barrera visual total.

C.8 Viabilidad de instalación de la pantalla

Aspecto evaluado	Registro
Existencia de espacio suficiente para instalar una pantalla	Sí
Ubicación más factible	Entre usuarios y lateral del usuario
Comentario principal	La pantalla debe dejar espacio inferior para el paso de cables de carga
Existencia de espacio para estado plegado	Sí
Ubicación más adecuada del estado plegado	Entre puestos
Medida disponible para estado plegado	80 cm de ancho × 46 cm de profundidad

Tabla 102 Viabilidad de instalación y estado plegado

La ubicación más factible corresponde a zonas entre usuarios o laterales del puesto. Sin embargo, el producto debe considerar el paso de cables, especialmente por la

presencia de enchufes centrales. Esto implica que el sistema de apoyo no debería bloquear completamente la superficie ni impedir conexiones eléctricas.

C.9 Estado desplegado y posibles interferencias

Aspecto evaluado	Registro
Configuración más adecuada observada	Para 1 usuario
Posible interferencia con otros usuarios	No
Posible interferencia con objetos sobre la mesa	Sí
Objeto o zona afectada	Área útil del usuario al desplegarse de forma radial

Tabla 103 Estado desplegado e interferencias observadas

La observación indica que una configuración radial podría pasar sobre el área útil del usuario. Por esta razón, el despliegue debe controlarse para no invadir el espacio destinado a computador, cuadernos, libros u otros objetos de trabajo. Esta condición refuerza la importancia de diseñar estados de

apertura claros, con límites definidos y compatibles con la superficie disponible.

C.10 Sistema de fijación

Aspecto evaluado	Registro
Compatibilidad aparente con ventosas	Sí
Material o superficie de la mesa	Madera
Textura, porosidad o irregularidades que afecten ventosas	No observadas

Tabla 104 Condiciones de fijación observadas

La superficie de la mesa parece compatible con un sistema de fijación mediante ventosas. Sin embargo, esta alternativa debería validarse posteriormente mediante prototipos, ya que la estabilidad dependerá del peso de la pantalla, el tipo de movimiento durante el despliegue y la fuerza aplicada por el usuario.

C.11 Implicancias generales para el diseño

Observación principal	Implicancia para el diseño
Los grupos dejan espacios libres entre sí	La pantalla puede reforzar una separación que los usuarios ya

	generan espontáneamente
Las actividades alternan entre concentración y conversación	El producto debe ser reconfigurable y no permanecer siempre cerrado
El computador o tablet domina el puesto	La pantalla debe dejar libre la zona principal de trabajo
Existen enchufes y cables en el centro de la mesa	El sistema debe permitir paso de cables y acceso a conexiones
Usuarios solos tienden a usar audífonos	La pantalla puede complementar estrategias individuales de concentración
La altura boca-mesa es de 40 cm y oído-mesa de 46 cm	La pantalla debe considerar una altura funcional cercana a ese rango
El estado plegado disponible es de 80 × 46 cm	El producto debe compactarse dentro de esa área aproximada
El despliegue radial puede invadir área útil	La apertura debe controlarse para no

	interferir con objetos de trabajo
La superficie de madera parece compatible con ventosas	Se puede explorar fijación removible, pero debe validarse en prototipo

Tabla 105 Síntesis de implicancias de diseño derivadas de la observación

En síntesis, la observación confirma que la pantalla debe insertarse en un contexto de uso variable, donde los usuarios alternan entre concentración individual y trabajo grupal. La solución debe permitir separación parcial sin ocupar excesivamente la mesa, mantener paso para cables, evitar interferir con objetos de trabajo y adaptarse a la forma en que los usuarios ya organizan espontáneamente el espacio.

ANEXO D – Evaluación AHP y matrices de decisión

Este anexo contiene el archivo Excel utilizado para realizar la ponderación de criterios mediante AHP y la evaluación ponderada de alternativas. El material respalda la fase Decidir, donde se compararon las alternativas priorizadas y se seleccionó la pantalla

reconfigurable para mesas compartidas como aplicación principal del proyecto.

El archivo incluye la matriz de comparación por pares, los pesos relativos de los criterios y la evaluación de las alternativas A1, A3 y A4.

[Evaluación AHP](#)

ANEXO E – Registro fotográfico de probetas experimentales

Este anexo reúne el registro fotográfico de las probetas desarrolladas durante la experimentación acústica, incluyendo las configuraciones lattice impresas en TPU y la muestra de espuma utilizada como referencia comparativa.

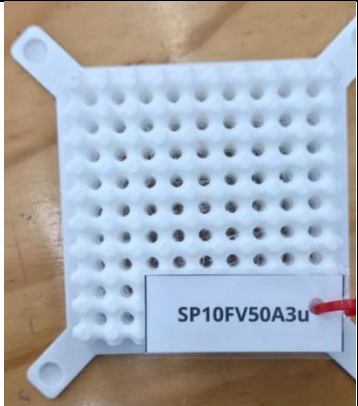
El objetivo de este anexo es respaldar visualmente las configuraciones evaluadas, permitiendo observar diferencias de patrón, tamaño de celda, fracción de volumen, espesor, distribución interna y condición de fabricación. Además, permite documentar la materialidad y terminación de las probetas utilizadas en el montaje experimental.

Las imágenes de este anexo respaldan principalmente las secciones 6.10, 6.11, 6.12 y 6.13, relacionadas con el diseño experimental, la fabricación de probetas, los

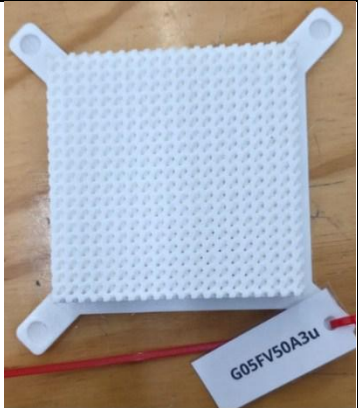
indicadores de análisis y los resultados experimentales.

Código de probeta	Descripción	Registro fotográfico
Espuma	Muestra de espuma utilizada como referencia comparativa	

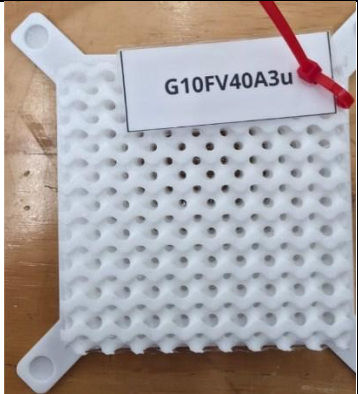
G10FV50A3u	Probeta base Gyroide, celda 10 mm, fracción de volumen 50%, altura 3 cm, distribución uniforme	
------------	--	---

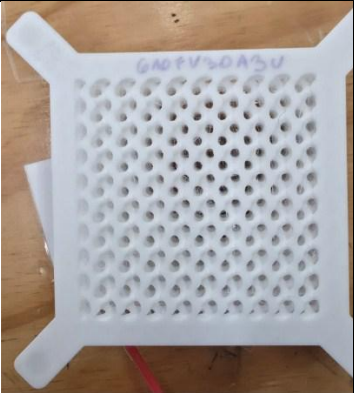
SP10FV50A3u	Probeta Schwarz P, celda 10 mm, fracción de volumen 50%, altura 3 cm, distribución uniforme	
-------------	---	---

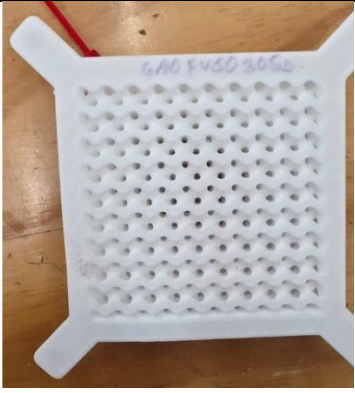
SD10FV50A3u	Probeta Schwarz D, celda 10 mm, fracción de volumen 50%, altura 3 cm, distribución uniforme	
-------------	---	---

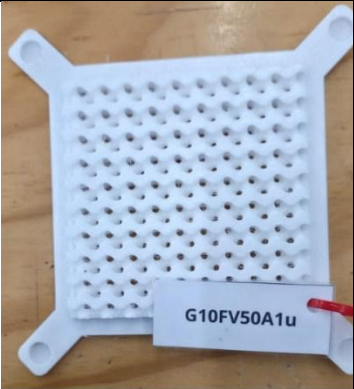
G05FV50A3u	Probeta Gyroide, celda 5 mm, fracción de volumen 50%, altura 3 cm, distribución uniforme	
------------	--	---

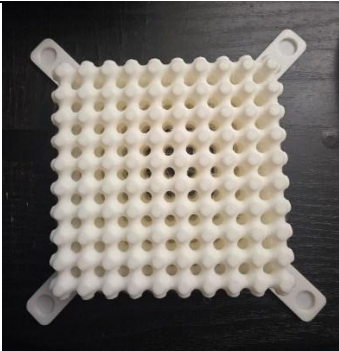
G03FV 50A3u	Prob eta Gyro ide, celd a 3 mm, fracc ión de volu men 50%, altur a 3 cm, distri buci ón unifo rme	
----------------	---	---

G10FV 40A3u	Prob eta Gyro ide, celd a 10 mm, fracc ión de volu men 40%, altur a 3 cm, distri buci ón unifo rme	
----------------	--	---

G10FV 30A3u	Prob eta Gyro ide, celd a 10 mm, fracc ión de volu men 30%, altur a 3 cm, distri buci ón unifo rme	
----------------	--	---

G10FV 503050 A3g	Prob eta Gyro ide grad ada con varia ción de fracc ión de volu men, altur a 3 cm	
G10FV 305030 A3g	Prob eta Gyro ide grad ada con varia ción de fracc ión de	

	volu men, altur a 3 cm	
G10FV 50A1u	Prob eta Gyro ide, celd a 10 mm, fracc ión de volu men 50%, altur a 1 cm, distri buci ón unifo rme	

G10FV 50A5u	Prob eta Gyro ide, celd a 10 mm, fracc ión de volu men 50%, altur a 5 cm, distri buci ón unifo rme	
SP10F V30A3 u PLA	Prob eta hech a en PLA	

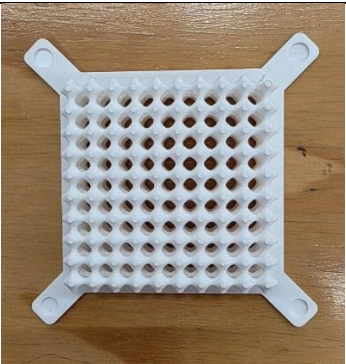
SP10F V40A3 u	Probeta Schwarz P, celda 10 mm, fracción de volu- men 40%, altura 3 cm, distribución uniforme	
---------------------	--	---

Tabla 106 Registro fotográfico de probetas experimentales

ANEXO F – Toma y análisis de datos acústicos

Este anexo reúne el archivo Excel utilizado para registrar, organizar y analizar los datos obtenidos durante la experimentación acústica con probetas. El archivo contiene los registros de medición, el procesamiento de los valores de TD20, el cálculo del Índice de Decaimiento Relativo (IDR) y del coeficiente de variabilidad, además de las tablas comparativas y gráficos empleados para analizar el comportamiento relativo de las distintas configuraciones evaluadas.

El registro incluye tanto las probetas lattice como las configuraciones correspondientes a la zona inferior de la pantalla, permitiendo conservar la trazabilidad entre las mediciones realizadas, los indicadores calculados y los resultados posteriormente utilizados para orientar las decisiones de diseño.

Este material respalda principalmente las secciones 7.3 Montaje experimental, equipos y procedimiento, 7.4 Indicadores de análisis, 7.5 Resultados experimentales y 7.7 Zonificación acústica y configuración de superficies, especialmente la evaluación de materiales correspondiente a la zona inferior. Su incorporación como anexo permite

consultar los datos completos y los cálculos utilizados sin trasladar al cuerpo principal de la memoria la totalidad de los registros experimentales.

[Toma de datos](#)

ANEXO G – Código de procesamiento de datos acústicos

Este anexo contiene el código utilizado para procesar los datos acústicos obtenidos durante la experimentación. El programa permitió ordenar los archivos de medición, calcular el tiempo de decaimiento de 20 dB y generar resultados comparables entre probetas y bandas de frecuencia.

El código se incluye como respaldo del procedimiento de análisis, permitiendo revisar cómo fueron tratados los datos experimentales utilizados en la memoria.

[Código](#)

ANEXO H – Testeo Acústico Separador **H1 Código**

Este anexo reúne los antecedentes complementarios correspondientes a la

evaluación acústica realizada sobre el prototipo completo de la pantalla. Incluye el código utilizado para organizar y procesar los registros experimentales, los resultados obtenidos durante las mediciones y los elementos de soporte empleados para mantener las posiciones de la fuente y del receptor durante el montaje.

El material permite complementar la trazabilidad del procedimiento descrito en la sección 8.5, donde se compara la condición sin pantalla con la condición de que incorpora el prototipo mediante distintas posiciones relativas de fuente y receptor. Su inclusión permite consultar los datos y recursos utilizados durante la evaluación sin incorporar al cuerpo principal de la memoria la totalidad de los registros experimentales.

[Código](#)

H2 Resultados

[Link resultados](#)

H3 Soportes

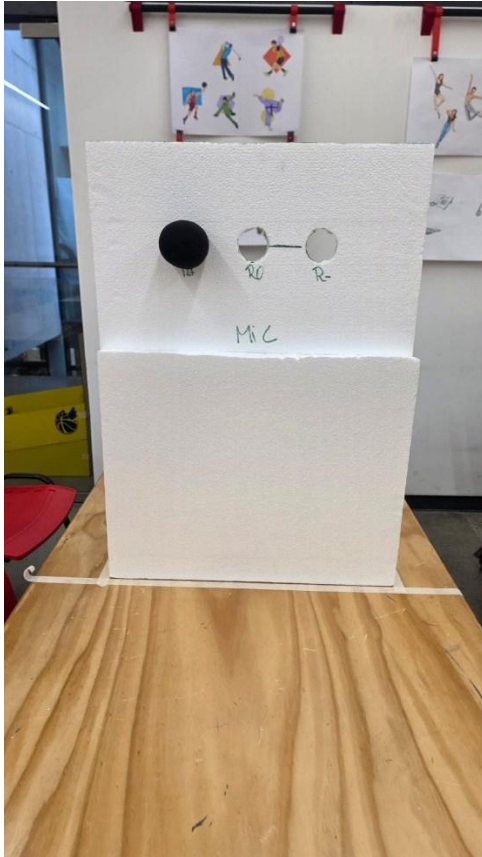


Ilustración 90 Soporte micrófono/Receptor

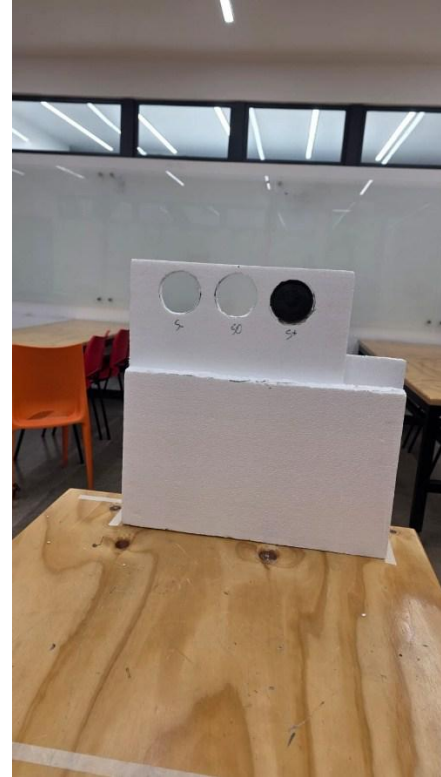


Ilustración 91 Soporte parlante/Fuente

ANEXO I – Ficha de fabricación Lattice y cotización

Este anexo reúne la documentación asociada a la fabricación externa de las piezas lattice M1 y M2 utilizadas en el prototipo funcional. Incluye la ficha de registro del proceso de fabricación, donde se documentan el equipo, material, parámetros utilizados, cantidad de

piezas, distribución en la cama de impresión, tiempos, incidencias y operaciones de posprocesado, junto con los antecedentes económicos y cotizaciones recopilados durante el proyecto.

La información respalda principalmente las secciones 8.4, 8.8 y 8.9 de la memoria, relacionadas con la fabricación del prototipo, los costos documentados del subsistema lattice y el análisis de factibilidad productiva. Los registros se mantienen como antecedentes del proceso efectivamente realizado y permiten distinguir los datos de fabricación observados de las alternativas productivas planteadas para etapas posteriores.

I1 Ficha fabricación

1. Identificación

Campo	Registro
Fecha de fabricación	09/ 10 / 2026
Fabricante / proveedor	Nikolay Roman Sanchez
Responsable del registro	Nikolay Roman Sanchez

Módulo fabricado	☐ M1 grande ☐ M2 pequeño ☒ Ambos
Cantidad solicitada	M1: 72 unidades M2: 24 unidades

2. Equipo utilizado

Campo	Registro
Impresora (marca y modelo)	Bambulab P1s
Área útil de impresión	256 × 256 × 256 mm
Diámetro de boquilla	0.4 mm

3. Material

Campo	Registro
Materia l	TPU
Dureza	95 Shore A
Marca / fabrica nte	ELEGGO

Lote u otra identific ación (si aplica)	
--	-------------

4. Parámetros de impresión utilizados

Parámetro	M1 grande	M2 pequeño
Altura de capa	0.2 mm	0,2 mm
Velocidad de impresión	30 mm/s	30 mm/s
Temperatura de boquilla	225° C	225° C
Temperatura de cama	35° C	35° C
Relleno	15%	15%
Patrón de relleno	Giroide	Giroide
Orientación de la pieza	Vertical	Vertical

5. Producción real

Completar con los valores efectivamente utilizados durante la fabricación de las piezas.

Dato real	M1 grande	M2 pequeño
Costo unitario	2.350 clp	1.600 clp
Cantidad real de módulos por cama	9 unidades	10 unidades
Tiempo real de impresión por cama	24 h 56 min	11 h 28 min
N.º real de ciclos / camas realizados	9	3
Cantidad total fabricada	96 unidades	24 unidades
Piezas fabricadas correctamente	72 unidades	24 unidades
Piezas defectuosas / rechazadas	24 unidades	0 unidades
Tiempo total real de impresión	219 h 54 min	34 h 24 min

6. Capacidad máxima teórica

Completar con la capacidad estimada de la cama de impresión. Estos valores no representan necesariamente una configuración que haya sido impresa físicamente.

Dato teórico	M1 grande	M2 pequeño
Cantidad máxima teórica de módulos por cama	21 unidades	49 unidades
Tiempo estimado para una cama al máximo teórico	29 h 12 min	31 h 21 min
Criterio utilizado para estimar el máximo	Llenado de la cama completa	Llenado de la cama completa

7. Diferencia entre configuración real y máximo teórico

Campo	Registro
¿Se utilizó el máximo teórico de la cama?	☐ Sí ☒ No

Si no se utilizó, indicar motivo	☐ Distribución recomendada por el fabricante ☒ Reducción del riesgo de fallo ☐ Limitación del proceso o equipo ☐ Tiempo disponible ☐ Otro: _____ _____
Observación sobre la disposición utilizada	No se utilizo nunca la cama completa ya que eran muchas horas y evitar tiempo y material perdido mas propenso a fallos

8. Incidencias durante la fabricación

Campo	Registro
¿Se presentaron incidencias?	☐ No ☒ Sí
Tipo de incidencia	☐ Atasco de extrusor ☐ Subextrusión ☐ Desprendimiento ☒ Stringing excesivo ☐ Deformación ☒ Impresión detenida ☐ Otro: Fallo con la energía

Cantidad de impresiones afectadas	24 unidades
Descripción / acción realizada	Algunas piezas mal unidas en las capas se organizó bajando un poco la velocidad y temperature y otras piezas fallaron por un fallo en la energia

9. Postprocesado

Campo	Registro
¿Se realizó postprocesado?	☐ No ☒ Sí
Procedimiento realizado	Aplicar calor para eliminar Stringin
Tiempo requerido	2 h 30 min

12 Cotización

10 und Muestras para tolerancia 3x3x3 a \$1200 c/u
Total \$12.000

24 und piezas 3x3x5cm a \$1600 c/u
Total \$ 38.400

72 und piezas 6x5x3 cm a \$2350 c/u
Total \$169.200

Total \$ 219.600
Abono de \$58.320

Total restante \$ 161.280

ANEXO J – Protocolos de testeo, consentimiento informado y registro de testeos

Este anexo reúne la documentación utilizada durante la evaluación de usabilidad del prototipo funcional con usuarios. Se incluyen el protocolo de testeo, los consentimientos informados utilizados durante las sesiones y los registros obtenidos a partir de la observación de las tareas, respuestas de los participantes y escalas de valoración aplicadas.

El material respalda principalmente la sección 8.6 de la memoria, donde se analizan aspectos como comprensión inicial, facilidad

de uso, reconfiguración, percepción de resguardo, comodidad visual, compatibilidad con el espacio de trabajo, estabilidad, transporte y situaciones de uso. Los registros completos se presentan en este anexo para mantener la trazabilidad entre el procedimiento aplicado, las observaciones realizadas y los resultados sintetizados en el cuerpo principal de la investigación.

J1Protocolo

Participante: Matías Retamal	Código: _____	Fecha: 08/10/26	Sesión: 1
Evaluador/a: Matías Gallardo	Lugar: _____		

1. Objetivo y alcance

Objetivo. Evaluar la experiencia de uso del prototipo funcional, identificando atributos valorados, molestias, dificultades de interacción, percepción de resguardo y apertura, y aspectos de manipulación que requieran mejora para orientar decisiones de diseño y fundamentar la propuesta de valor.

Alcance. Testeo exploratorio centrado en interacción y percepción. No reemplaza una

medición acústica objetiva ni busca demostrar desempeño acústico normalizado.

2. Aspectos a evaluar

Eje	Qué se busca conocer
Resguardo y relación visual	Paso de luz y visibilidad; sensación de resguardo o encierro; privacidad; percepción subjetiva de concentración.
Uso físico y manipulación	Instalación y reconfiguración; estabilidad; peso; agarres; comprensión del sistema; comportamiento de las uniones.
Espacio y trabajo compartido	Suficiencia del espacio; objetos y cables; interacción con el grupo frente a ruido cercano; plegado y guardado.
Valor de uso	Atributos valorados, molestias, mejoras, situaciones de uso y beneficios que podrían sostener la propuesta de valor.

3. Participantes

Usuarios potenciales de espacios de estudio o trabajo compartidos, familiarizados con actividades de notebook, lectura, escritura o trabajo colaborativo. Registrar mediante código de participante y evitar datos personales innecesarios.

4. Condiciones y preparación

Entorno constante: Misma mesa, silla y disposición general. Mantener iluminación similar entre sesiones.	Puesto de trabajo: Notebook, cuaderno o libro, celular, botella y cargador/cable.
---	--

Situación compartida: Segunda persona frente o al costado. Pantalla inicialmente fuera de la posición de uso.	Intervención del evaluador: No explicar mecanismo ni atributos (luz, peso, privacidad, beneficios) antes de la interacción. Intervenir solo por seguridad; registrar respuestas y observaciones por separado. Si hay autorización, grabar video.
---	--

5. Secuencia de testeo

Aplicar las tareas en el orden indicado. Las preguntas breves se realizan al finalizar cada acción para no dirigir el comportamiento durante la interacción.

Tarea e instrucción	Observar / registrar	Preguntas breves	Foco
5.1 Primera aproximación “Observa este producto. Cuéntame qué crees que hace y cómo lo utilizarías.”	Interpretación sin explicación; primer contacto; agarres; dudas; si intenta abrir, mover o reorientar.	¿Qué crees que permite hacer? ¿Hay algo que no entiendas a primera vista?	Comprensión inicial
5.2 Trabajo individual “Ubica la pantalla de la forma que te resulte más adecuada para trabajar individualmente en esta mesa.”	Reajustes; configuración elegida; estabilidad; objetos; proximidad al cuerpo; movimientos no deseados entre módulos.	¿Qué tan fácil fue dejarla como querías? ¿Hay algo de esta posición que cambiarías?	Instalación / reconfiguración

Tarea e instrucción	Observar / registrar	Preguntas breves	Foco
5.3 Uso breve en contexto “Realiza una actividad de estudio como lo harías normalmente. Puedes usar el computador, escribir o leer.”	Postura; distancia; objetos; miradas a través del patrón; cambios espontáneos; señales de distracción o incomodidad.	¿Cómo te sentiste trabajando con la pantalla? ¿Hubo algo que te ayudara o molestara?	Experiencia de uso
5.4 Estudio en grupo frente a ruido cercano “Imagina que estás estudiando con esta persona y quieres seguir interactuando con ella, pero hay conversaciones o ruido cercano que dificulta concentrarte. Ajusta la pantalla como te resulte más útil.”	Sectores abiertos/cerrados; contacto visual y comunicación con el grupo; resguardo; estabilidad; cambios para equilibrar concentración e interacción.	¿Te permitiría seguir estudiando con tu grupo sin alisarte para concentrarte? ¿Por qué? ¿Qué cambiarías para mantener el contacto con tu grupo y reducir la interferencia?	Concentración + pertenencia al grupo
5.5 Tomarla para llevársela “Toma la pantalla como si quisieras llevártela contigo.” No indicar cómo ni desde dónde tomarla.	Número de manos; puntos/cambios de agarre; esfuerzo; control del conjunto; movimientos involuntarios; comentarios sobre peso.	¿Cómo te resultó tomarla para llevártela? ¿Qué cambiarías para que fuera más cómoda de llevar?	Peso / agarre

Tarea e instrucción	Observar / registrar	Preguntas breves	Foco
5.6 Plegado y guardado “Pliega la pantalla y déjala donde naturalmente la guardarías mientras continúas trabajando.”	Posición elegida; superficie ocupada; estabilidad; esfuerzo; necesidad de retirar objetos; lugar de guardado.	¿Qué tan fácil fue guardarla? ¿Dónde la dejarías normalmente e cuando no la estás usando?	Guardado / estabilidad

6. Entrevista posterior

Realizar al final. Si una pregunta ya fue respondida espontáneamente y con claridad durante las acciones, no es necesario repetirla.

Tema	Preguntas certeras
Luz y visibilidad	¿Cómo te sentiste respecto de poder ver a través de la pantalla? ¿Preferirías ver más, menos o aproximadamente lo mismo? ¿Ver movimiento al otro lado te mantiene conectado, te da lo mismo o te distrae?
Resguardo y privacidad	¿Sentiste suficiente separación o que puede dar privacidad respecto de personas cercanas? ¿Ese nivel de separación te permitió seguir sintiéndote parte del espacio o del grupo, o te sentiste encerrado?
Estabilidad y confianza	¿Te sentiste seguro al manipularla y dejarla en las posiciones que elegiste? ¿Temiste que se moviera, cayera o se dañara?

Tema	Preguntas certeras
Valor principal	Después de usarla, ¿qué aspecto conservarías sí o sí? ¿Por qué?
Situaciones de uso	¿En qué situaciones reales la usarías y en cuáles preferirías no usarla?
Propuesta de valor	Si tuvieras que explicarle a otra persona para qué sirve esta pantalla y qué ventaja te aporta, ¿qué le dirías?

7. Escalas de evaluación

Aplicar al final de la sesión. Marcar 1 a 5.

Variable	1	2	3	4	5
Facilidad general de uso	☐	☐	☐	☒	☐
Comodidad visual	☐	☐	☐	☐	☒
Sensación de resguardo	☐	☐	☐	☐	☒
Comodidad al tomarla por su peso	☐	☐	☒	☐	☐
Estabilidad percibida	☐	☐	☐	☒	☐
Suficiencia del espacio disponible	☐	☐	☐	☐	☒
Utilidad para seguir estudiando en grupo frente a ruido	☐	☐	☒	☐	☐
Disposición a utilizarla	☐	☐	☐	☐	☒

8. Registro integrado durante la sesión

Una sola tabla reúne observación general, manipulación y estabilidad para evitar registros duplicados. En “Manipulación / estabilidad” anotar, cuando corresponda, zona de agarre,

número de manos, movimientos no deseados, holguras o desplazamientos entre componentes.

Tarea	Hallazgo observado	Problema / dificultad	Aspecto valorado	Manipulación / estabilidad
5.1 Aproximación	Identifica el producto como un separador de ambiente. Explora su forma plegada antes de comprender la orientación de uso.	No reconoce de inmediato qué lado debe quedar arriba/abajo; requiere explicación de la orientación.	La función general de separar o delimitar el espacio se comprende desde el primer contacto.	Manipula el conjunto apoyado sobre la mesa y lo gira/observa antes de desplegarlo.

Tarea	Hallazgo observado	Problema / dificultad	Aspecto valorado	Manipulación / estabilidad
5.2 Individual	Logra configurarlo para trabajo individual y describe la acción como fácil.	El tamaño le exige desplazarse para alcanzar y ajustar el conjunto; observa que la parte superior tiende a abrirse/moverse.	Puede dejar la pantalla en una posición que considere adecuada para trabajar.	Ajusta los módulos con ambas manos y los deja angulados alrededor del puesto.

Tarea	Hallazgo observado	Problema / dificultad	Aspecto valorado	Manipulación / estabilidad
5.3 Uso breve	Se siente cómodo o trabajando y señala que dispone de espacio suficiente.	El acceso al enchufe ubicado detrás del computador obliga a mover el equipo.	La pantalla no impide trabajar con computador y cuade rno en la configuración elegida.	Durante el uso no se observan pérdidas de estabilidad relevantes.

Tarea	Hallazgo observado	Problema / dificultad	Aspecto valorado	Manipulación / estabilidad
5.4 Grupo + ruido	Reconfigura la pantalla para mantener apertura hacia la persona del costado y considera posible trabajar normalmente con ella.	La utilidad disminuye al pensar en grupos mayores; distingue entre trabajo en pareja y trabajo grupal.	Valora poder aislarse parcialmente sin cortar la interacción lateral.	Abre/cierra módulos para orientar el resguardo hacia el exterior y dejar libre el vínculo con el compañero.

Tarea	Hallazgo observado	Problema / dificultad	Aspecto valorado	Manipulación / estabilidad
5.5 Espacio/objetos	Considera suficiente el espacio disponible cuando la pantalla está bien acomodada.	El cableado y la ubicación del enchufe pueden generar interferencias según la posición del equipo.	Evalúa con nota 5 la suficiencia del espacio de trabajo.	Reubica computador/cables para mantener la zona operativa.

Tarea	Hallazgo observado	Problema / dificultad	Aspecto valorado	Manipulación / estabilidad
5.6 Llevarla	La pliega y la toma con ambas manos para simular el traslado.	La considera poco cómoda de transportar: el conjunto tiende a abrirse y el peso aumenta la inseguridad durante la manipulación.	El plegado reduce el volumen respecto del estado desplegado.	La sostiene cerca del cuerpo con ambas manos; aparecen aperturas involuntarias durante el traslado.

ANEXO L – Selección de la morfología de los módulos

Este anexo reúne la documentación correspondiente a la evaluación exploratoria realizada para definir la cantidad y disposición de los módulos estructurales de la pantalla. Incluye los protocolos utilizados durante las pruebas y los registros obtenidos al comparar las configuraciones compuestas por dos y cuatro módulos, considerando aspectos como reconfiguración, interacción con la superficie de trabajo, relación con objetos presentes sobre la mesa y condición de guardado.

El material respalda principalmente la sección 7.8 de la memoria, donde se fundamenta la selección de una configuración de cuatro módulos estructurales de 200 × 600 mm. Los registros permiten conservar la trazabilidad de esta decisión de diseño y distinguirla de la evaluación posterior realizada con el prototipo funcional completo, considerando que esta actividad tuvo un carácter exploratorio y se desarrolló con tres participantes.

L1 Protocolos

[Link](#)

L2 Registro

[Link](#)

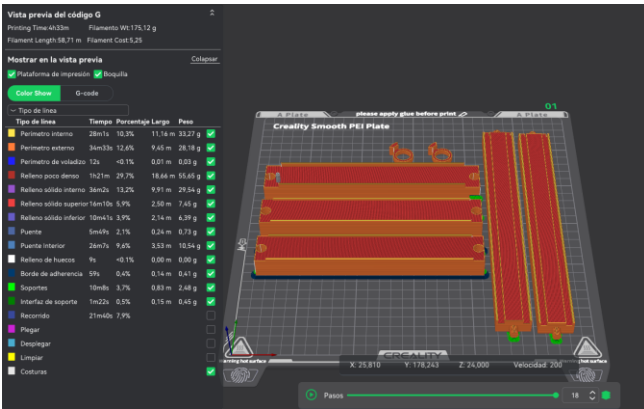
ANEXO M – Tiempo de producción marco prototipo

Este anexo reúne los registros utilizados para documentar los tiempos de fabricación de los componentes rígidos que conforman el marco del prototipo. Se incluyen imágenes de los archivos de código G y de las estimaciones de tiempo asociadas a las distintas tandas de impresión utilizadas para fabricar los perfiles, articulaciones y demás piezas desarrolladas mediante FDM en PLA+.

Los registros permiten respaldar los tiempos de fabricación considerados durante el desarrollo, incluyendo los lotes correspondientes a los módulos estructurales y aquellas piezas producidas en impresiones independientes. Esta información complementa el análisis del proceso de prototipado y permite conservar la trazabilidad entre los archivos utilizados para fabricación y los tiempos posteriormente informados en la memoria.

El material respalda principalmente las secciones 7.10.4 Observaciones de fabricación durante el desarrollo y 8.4.3

Fabricación del marco y componentes restantes, donde se describen la organización de la fabricación y los tiempos asociados a la materialización del marco del prototipo. Estos antecedentes corresponden al proceso de prototipado realizado y no se interpretan como tiempos de una ruta productiva optimizada o industrial.



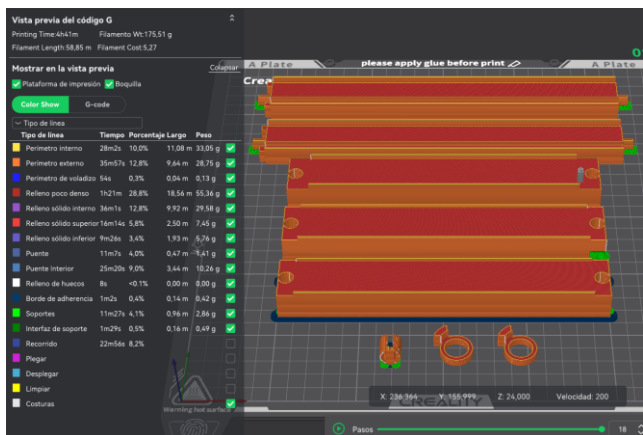
MODE1/ 4h33min



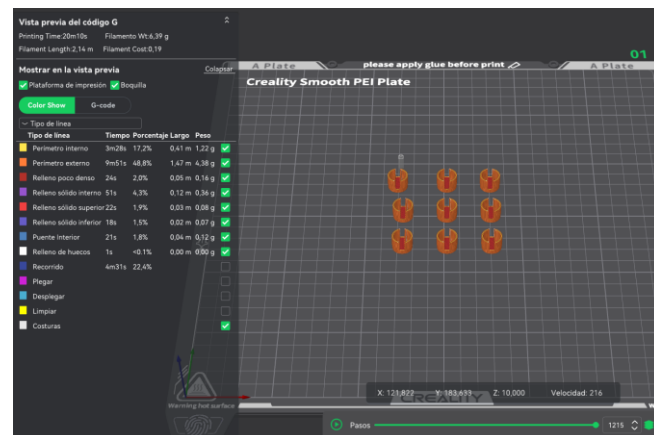
MODE2/ 4h48min



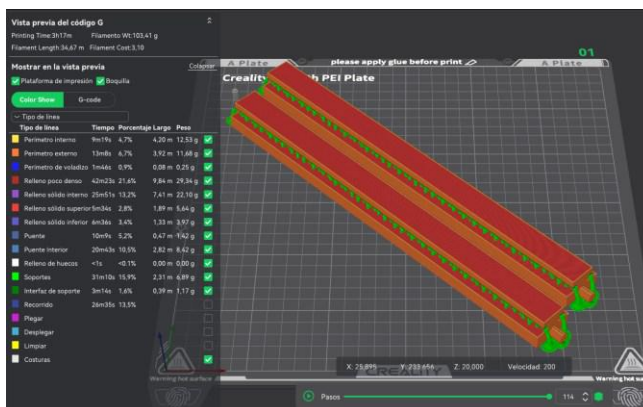
MODE3/ 4h49min



MODE4/ 4h41min



Ejes/ 20min



SUP x 4/ 3h17min