





# ACÚSTICA Y ARQUITECTURA

ANTEPROYECTO DE NORMA ACÚSTICA  
EN OBRAS DE ARQUITECTURA PARA  
ESPACIOS DE DOCENCIA

CASO DE ESTUDIO

ARQUITECTURA EDUCACIONAL FACULTAD  
DE ARQUITECTURA Y URBANISMO UNIVERSIDAD  
DE CHILE MEJORAMIENTO ACÚSTICO RECINTO  
SALA DE CLASES Y DE EXÁMENES DE TÍTULO  
BLOQUE G SALA G14

PROFESOR GUÍA: WALTER BREHME HIDALGO  
ALUMNO: CRISTÓBAL OLIVARES GONZÁLEZ



# ÍNDICE

---

## CAPÍTULO I

PRESENTACIÓN.....	8
1.1 INTRODUCCIÓN.....	9
1.2 MOTIVACIÓN.....	10
1.3 PROBLEMÁTICA.....	11
1.4 OBJETIVOS.....	12
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
1.4.1 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	13

## CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 ACÚSTICA EN LA ARQUITECTURA.....	17
2.1.1 ROL HISTÓRICO DE LA ACÚSTICA EN LA ARQUITECTURA.....	17
2.1.2 IMPORTANCIA DEL FENÓMENO ACÚSTICO EN EL CONFORT HUMANO.....	18
2.2 DISEÑO ACÚSTICO.....	21
2.1 COMODIDAD ACÚSTICA.....	21
2.3 ACÚSTICA EN LA DOCENCIA.....	23
2.4 NORMATIVA.....	25
2.4.1 NORMATIVA NACIONAL.....	25
2.4.1.1 OGUC.....	25
2.4.1.2 DS 38 / 2011 MMA.....	26
2.4.1.3 INSTRUMENTOS DE PLANIFICACION TERRITORIAL.....	28
2.4.1.4 LISTADO OFICIAL DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO.....	28
2.4.2 SITUACIÓN EDUCACIONAL NACIONAL.....	28

---

## **CAPÍTULO III**

METODOLOGÍA.....	32
------------------	----

3.1 OBJETO DE ESTUDIO.....	33
----------------------------	----

3.2 RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES.....	34
--------------------------------------	----

3.2.1 NORMATIVAS REFERENCIALES INTERNACIONALES.....	34
---	----

3.2.1.1 INGLATERRA.....	34
-------------------------	----

3.2.1.2 E.E.U.U.....	34
----------------------	----

3.3 PROPUESTA.....	36
--------------------	----

3.3.1 OBJETIVO.....	36
---------------------	----

3.3.2 ÁREA DE COBERTURA.....	36
------------------------------	----

3.3.3 AISLACIÓN.....	36
----------------------	----

3.3.4 ABSORCIÓN.....	37
----------------------	----

## **CAPÍTULO IV**

CASO DE ESTUDIO.....	40
----------------------	----

4.1 CASO DE ESTUDIO.....	41
--------------------------	----

4.1.1 SALA DE ESTUDIO.....	41
----------------------------	----

4.1.2 SITUACIÓN PRE-INTERVENCIÓN.....	43
---------------------------------------	----

4.1.3 MATERIALIDADES.....	48
---------------------------	----

4.1.4 ANÁLISIS TEÓRICO.....	49
-----------------------------	----

4.1.5 PROPUESTA DE REFERENCIA.....	50
------------------------------------	----

## **CAPÍTULO V**

CONCLUSIÓN.....	58
-----------------	----

5.1 CONCLUSIÓN.....	59
---------------------	----

5.2 BIBLIOGRAFÍA.....	60
-----------------------	----





CAPÍTULO I  
**PRESENTACIÓN**

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Probablemente rara vez nos preguntamos qué tan a gusto o cuán comfortable nos sentimos dentro de nuestra propia casa, el gimnasio, la escuela, o la universidad.

¿Hay ciertas cosas del edificio que son incómodas?, ¿Algunas actividades básicas que no se pueden realizar dentro?.

Ciertamente existen variables que pueden condicionar nuestro actuar o sentir dentro de un espacio en particular. Sin embargo la problemática crece si esta exposición es durante muchas horas a la semana o durante tu periodo de educación y formación, como es el caso de los espacios educativos, jardines, escuelas, universidades, institutos, etc.

La variable acústica es justamente una problemática presente, que tiene consecuencias a corto y largo plazo, que concurre en la mayoría de los espacios educacionales en nuestro país.

Hoy, los requerimientos que se le exigen a las aulas, consensúan todos en generar una buena educación para la comunidad estudiantil, lo que es positivo bajo cualquier punto de vista. Pero para ello es necesario valores bajos de ruido intrusivo y reverberación para conseguir una buena inteligibilidad de la palabra. También será necesario mejorar el aislamiento de las aulas para descalificar injerencias entre discursos adyacentes y distracciones innecesarias.

En promedio vivimos 15 años de nuestras vidas expuestos a las condiciones que nuestros establecimientos educacionales nos otorgan, tiempo suficiente para hacernos un criterio, y preguntarnos (más allá de la propuesta educativa o valórica), sobre si realmente nuestra educación fue buena.

Este seminario pretende ser un aporte al mundo de los arquitectos y proyectistas en general, pretende explorar un poco más acerca de un campo de la variable proyectual emergente y poco abordada, pretende reflexionar sobre cómo desde el mundo de la arquitectura también se puede aportar a la educación chilena.

## 1.2 MOTIVACIÓN

Cuando comencé a trabajar en seminario, tenía claro con qué tema quería trabajar (Acústica y Arquitectura), sin embargo no poseía un modo de abordar este tema, no tenía una idea clara de cómo acotarlo y finalmente como darle título al trabajo. Sabía que quería trabajar con el sonido pero no conocía cómo aproximarse a él.

Siempre me gustó la música, comencé a tocar guitarra a los 15 años, y por lo mismo siempre me agradó la física del sonido, y su importancia dentro de mi día a día: en un concierto, en el hogar, en la universidad, en la iglesia. Entender cómo se produce, cómo se propaga, lo que produce y todos fenómenos asociados a él, etc. Una vez que comencé a estudiar arquitectura y a entenderla como tal, empecé a descubrir la multifacética tarea que tiene el arquitecto para con su disciplina, a descubrir las innumerables variables que hacen de un espacio un lugar habitable.

Las posibilidades que tenemos los arquitectos son infinitas, el espectro de eventos y oportunidades a las que nos vemos enfrentados cuando se toma un lápiz y se plasma una idea en un papel son incontables. Las herramientas que se disponen hoy, en favor de la proyección arquitectónica es gigantesca. Así, sólo se limita a imaginación del proyectista, está en las manos de cada uno el poder otorgar un espacio cómodo y acorde a las solicitudes con las que un espacio arquitectónico es concebido.

Hoy es un área mayoritariamente dominada por la ingeniería, sin embargo la arquitectura también forma parte importante de la ecuación. La cooperación y el trabajo en conjunto de ambas disciplinas logran establecer un estándar de confort y habitabilidad enorme, pero se hace necesario establecer parámetros, tener normas que nos ayuden a enfrentar mejor esta problemática que muchas veces es soslayada y menospreciada ante otras variantes.

Me encantaría poder aprender a proyectar espacios acústicamente eficientes, lograr a través de este seminario acercar, familiarizar y aportar un poco más a la acústica arquitectónica y aprender personalmente de todo ello.

### 1.3 PROBLEMÁTICA

Conocemos y entendemos la arquitectura como una herramienta, un instrumento para crear espacios y condiciones de habitabilidad óptimas (o al menos mínimas) para el confort humano, una forma de arte habitable. Múltiples calificativos que podrían describir la intención y el objetivo de esta.

Y es justamente el resultado final, ese edificio o espacio habitable, el objeto arquitectónico en sí mismo como resultado o producto, el que en la mayoría de los casos desde el punto de vista del habitante o usuario se percibe, se conoce como “La arquitectura”. Un objeto arquitectónico que muchas veces, legítimamente sólo es apreciado y juzgado por su valor estético, obviando muchas veces los procesos, soslayando el desarrollo y los tratamientos que permiten llegar al producto final resultante.

Es finalmente acá, donde pareciera establecerse una singularidad. Y es que incluso los proyectistas y diseñadores de estos espacios, profesionales y entendidos de la materia, apartan obviando muchas veces importantes procesos que impactan directamente en el buen habitar, en las normas y consensos de confort básico del habitante.

Entendamos bien, “obviar” no en el sentido de pasar por alto u olvidar aquel proceso; tampoco en el sentido de no querer abordarlo. Sino, pensar que este proceso viene implícito en la arquitectura, en las formas y técnicas constructivas clásicas, pensar que en la mayoría de los casos ni siquiera requieren ser abordados porque no representan ni solucionan directamente el objetivo y la función principal por el que fue creado dicho espacio.

El acondicionamiento acústico forma parte de este conjunto de propuestas que deben ser parte del desarrollo proyectual y de diseño. Puesto que hoy, esta variable se ha transformado en una problemática existente, pero sigilosa, remediada con soluciones en su mayoría pre constructivas y no realmente efectivas.

La participación de la envolvente acústica dentro de los espacios públicos, y particularmente en espacios docentes como veremos, es un tema poco abordado y hoy en día de gran importancia; tanto desde un punto de vista funcional, estético e incluso médico, sobre todo a edades tempranas del aprendizaje.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Cuando diseñamos o proyectamos alguna solución u obra arquitectónica determinada, muchas veces nos enfocamos en resolver a través de ella sólo el propósito por la cual fue concebida. Y claro, ciertos problemas, requieren ciertas soluciones. Pero pareciera hacer mucho sentido preguntarse también, si está bien solucionar y responder sólo a la problemática u objetivo principal.

Sobre todo hoy, cuando la evolución de los materiales ha tomado un rol importante, haciendo que responder a la totalidad las demandas de confort habitacional se hace cada vez más accesible para los proyectistas.

Comúnmente definimos conceptualmente la arquitectura en tres grandes variables: función, forma, y estructura (llamémosla clasificación arquitectónica). Cada una de estas variables trabajan simbióticamente y contribuyen a una arquitectura íntegra y bien lograda.

Sin embargo hoy, gracias a la disponibilidad de las nuevas tecnologías en el ámbito arquitectónico-constructivo es posible salir de estos cánones, y conseguir nuevas formas de solucionar problemáticas y de potenciar la expresión arquitectónica.

Disponemos hoy de materialidades, herramientas y técnicas que no poseen una clara orientación y definición en cuanto a su clasificación arquitectónica, es decir, un mismo material puede servir como función, forma y estructura a la vez. Así, este estado de indefinición les da la cualidad de polifuncionalidad, donde su propósito dentro del ente arquitectónico no es singular, sino que le da la oportunidad a ese material o técnica de aportar y manifestarse en múltiples aspectos de esta clasificación arquitectónica, e incluso en sus subclasificaciones.

Así las posibilidades y las facilidades que tenemos disponibles hoy como proyectistas de obtener una solución ante un problema como el acondicionamiento acústico, son cada vez más accesibles y fáciles de aplicar.

La misión entonces es evaluar el rol que tiene esta arista constructiva en los espacios, a través de un caso de estudio y de los datos obtenidos a través de bibliografía y expertos a fin al tema, generar conocimiento e incentivar el abordaje de la variable acústica en el diseño como una problemática importante dentro del gran espectro de variables.

## 1.4.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

Para lograr obtener resultados y hacer frente a la problemática que se expone, se plantea una propuesta de norma acústica, para espacios donde se practique la docencia, que ayude tanto a la concepción como a la estandarización de estos lugares, por parte de las personas o entidades que los proyecten.

El objetivo de esta norma es proporcionar un conjunto mínimo de requisitos, basados en las referencias internacionales, la evidencia de datos y tecnologías disponibles.

La factibilidad de la implementación de una normativa de esta naturaleza en Chile, requiere de la referencia de normativas internacional y de la consultoría a la normativa vigente chilena, adecuándose a la realidad actual.





CAPÍTULO II  
**MARCO TEÓRICO**

## 2.1 ACÚSTICA EN LA ARQUITECTURA

### 2.1.1 ROL HISTÓRICO DE LA ACÚSTICA EN LA ARQUITECTURA

La experiencia desde el punto de vista del usuario en un espacio específico, está determinada por una serie de factores y determinantes que modifican la curva de habitabilidad de dicha zona espacial.

La acústica espacial, pertenece sin duda a esta categoría de factores, soslayada muchas veces, pero que sin embargo se hace un componente fundamental para el confort y la intencionalidad espacial, y así ha sido demostrado a través de la historia.

La acústica en la arquitectura ha sido un tema tratado desde hace ya miles de años, sin embargo nunca con la misma intención y sesgo procedimental.

Se reconoce además, la predominancia de la intervención acústica en edificios de carácter público masivo, donde la intención espacial buscaba que altas concentraciones de gente, fueran inmersas en una experiencia específica, intencional y arquitectónica.

En cuanto a la aplicación como tal, no se tiene certeza de cuál es el primer edificio o año específico en que podríamos reconocer la intención clara de ejercer acústica arquitectónica como tal. Sin embargo se logra reconocer a través del análisis histórico, a la antigua Grecia como actual pionero en la materia, dentro de lo que fue el marco teatral en sus ciudades. Aunque en su origen los teatro griegos no tenían mayor relevancia dentro del conjunto arquitectónico de la ciudad, no muy tarde ya en el tiempo de Temístocles, cada ciudad tenía su teatro, destacándose el construido en Atenas (480 años a. de J.C), en la vertiente de la Acrópolis, con una capacidad de 30.000 espectadores.

Y es justamente en esta tipología donde es posible encontrar uno de los primeros intentos por generar una propuesta acústica dentro de un edificio. El lugar donde se emplaza y la forma, venían condicionadas en gran parte por la variante acústica.

Su posicionamiento en las laderas de las colinas, permitía no sólo tener una mejor visual al lugar de la escena, si no también, aislar el edificio de las fuentes de sonido adyacentes y evitar o reducir las sombras acústicas del sonido directo entre los espectadores.

Probablemente el adelanto constructivo más importante en esta tipología, es sin duda la introducción de la pared de fondo sobre la cávea. Una pared de geometría cóncava situada en la parte posterior del área de escenas, que además de disminuir la inmisión de ruidos exteriores y vistas innecesarias, hacía que el sonido que procedía de los actores rebotara en ella y lo amplificara hacia el público.

Los teatros romanos por su parte gozaban de una grandeza y suntuosidad superior a los griegos, sin embargo estos no contaban con grandes diferencias en cuanto a sus estrategias acústicas respecto de sus antecesores.

Se destaca además, que la afinidad por generar teatros de esta manera se debe a las grandes contribuciones que hizo vitruvio en sus diez libros de arquitectura, en los que se clasifica los teatros en relación a sus particularidades acústica, y entregaba recomendaciones (entre otras) respecto a cómo se debía proceder en relación a esta variable.

*“Una recomendación de Vitruvio era la de colocar vasos de bronce (o barro cuando el presupuesto lo impedía) en los teatros construidos en piedra o már mol. Estos elementos se disponían, en consonancia con la magnitud del teatro y con arreglo a las leyes de la ciencia armónica, en nichos abiertos entre los asientos de las gradas, de tal forma que dejasen un espacio suficiente alrededor y no tocasen las paredes de los mismos. El objeto de tal medida era el que actuasen como resonadores.” (A.L.Leon, 1998)*

En general la situación arquitectónica en el momento no requería mayores solicitaciones, sin embargo la situación cambió cuando la arquitectura desde el último cuarto del siglo V, comenzó a desarrollarse desde otras formas del habitar. (El tránsito de los espacios abiertos a los cerrados), El traspaso de las artes escénicas desde el teatro al aire libre, a edificios teatrales y la aparición de las iglesias, desarrolló nuevos desafíos acústicos. La dificultad de desarrollar actividades masivas en un espacio confinado entre paredes obligó a los arquitectos e ingenieros a preguntarse por qué sucedía y cómo se podía solucionar. Y pese a que la mueblería y los artilugios arquitectónicos aportan en gran cantidad a solucionar problemas de reverberación en teatros y salas; las grandes naves de las iglesias por su parte maximizaban el problema, provocando las grandes reverberaciones que más tarde, junto a la gran cantidad de adornos y artículos arquitectónicos, se convirtieron en las grandes particularidades por las que incluso hoy se caracterizan las grandes iglesias y catedrales. Claramente con el paso del tiempo estos problemas acústicos no se solucionaron, mas bien, se convirtieron en un rasgo de identidad para la tipología; es decir, un eco intencionado.

La ausencia de criterios científicos que determinasen la calidad acústica de los espacios arquitectónicos, hacía que todos los proyectos de espectáculos, se basasen en aproximaciones, tanteos y pura intuición (ensayo y error). Pese a que aunque los primeros estudios científicos sobre el sonido tuvieron su origen en los siglos XVII y XVIII, las grandes aportaciones de la Revolución Industrial del XIX, no se materializaron en la obtención de unas buenas condiciones sonoras en muchos de los edificios que se construyeron en ese período.

## 2.1.2 IMPORTANCIA DEL FENÓMENO ACÚSTICO EN EL CONFORT HUMANO

Dentro de las problemáticas de contingencia mundial, la degradación de nuestro planeta quizás es una de las más evidentes, o al menos uno de los problemas que más preocupados nos tiene como humanidad. Degradación que como consecuencia, afecta y modifica nuestras formas de vivir y de proyectarnos como habitantes.

Día a día el contexto en el que nos desenvolvemos cambia y muta. El crecimiento económico la expansión demográfica y las grandes concentraciones urbanas, crean una serie de condiciones que afectan en mayor o menor cuantía la calidad de este contexto. Y no sólo la calidad, la forma en que habitamos también se ve afectada para bien o para mal, al ritmo que crecemos como sociedad. Nos vemos obligados a buscar y dar soluciones a problemas del habitar que antes no existían, soluciones a situaciones cotidianas que afectan nuestro buen vivir.

El Ruido es uno de estos contaminantes a los que se ha prestado menos atención. Esta situación se ve motivada principalmente por el hecho de que, en general, sus patologías no son inmediatas. Y claro, salvo situaciones excepcionales, el ruido al que estamos expuestos hoy en día no contempla un gran riesgo para nuestra salud inmediata.

A veces normalizado, el ruido para la gente que vive en las ciudades, se ha convertido en un elemento cotidiano y un potencial enemigo silencioso.

En cualquier caso la gente entiende y relaciona, este tipo de ruido como cotidiano, como un problema normalizado, un factor medioambiental que se escapa de su control. Por supuesto los niveles de percepción del ruido en sí son totalmente diferentes de acuerdo al caso, y a las condiciones contextuales con el que se relacione.

Si intentamos, entender qué es ruido, encontramos que “se define como un sonido indeseado” o como “una sensación auditiva desagradable o molesta”. Es acá donde podemos comprobar que incluso en su definición la palabra ruido tiene un carácter impreciso, que por definición el concepto trae implícito la subjetividad. Entonces ¿De qué manera podemos comprender y “parametrizar” el concepto ruido en pos de nuestro confort y bienestar?.

Desde el punto de vista físico, el sonido en esencia son movimientos ondulatorios producidos por un aporte de energía, capaz de hacer vibrar un medio determinado (sólido, líquido o gas). Bajo esta definición entonces se hace posible establecer parámetros de evaluación que permitan obtener datos en relación a lo que sucede con el sonido, y de esta manera, en su forma más básica, podemos evaluar el sonido bajo diferentes características:

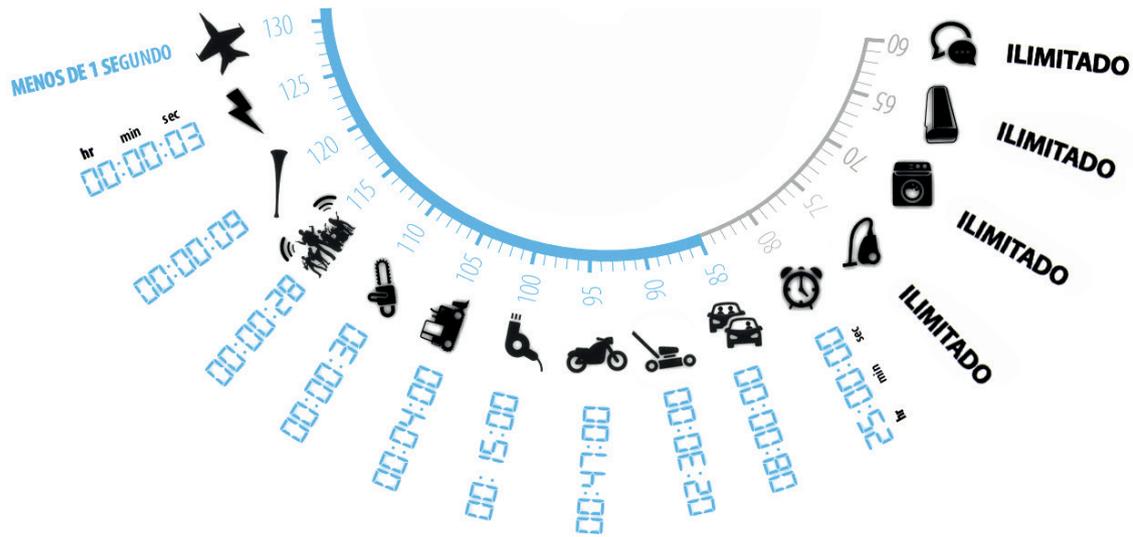


Fig 1: Gráfico esquemático de rangos y tiempos de tolerancia auditivas humanas. Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

Nivel de intensidad, frecuencia, variaciones bruscas, etc. De esta manera entonces se logra establecer estándares que no están gobernados por la variante subjetiva y de esta forma generar datos duros que nos ayudan a comprenderlo mejor.

*“Las referencias históricas o literarias acerca de la relación entre el ruido y la actividad del hombre son tan abundantes como variadas. En Sibaris en la Magna Grecia, seiscientos años antes de Cristo, se prohibía tener gallos que perturbaran el proceso nocturno de los ciudadanos; y los artesanos que “trabajaban con martillo” o ejercían oficios especialmente ruidosos estaban obligados a residir fuera de la ciudad.” (A. García, 1988).*

Actualmente (y al igual que hace miles de años) entendemos la necesidad de ocuparnos del fenómeno ruido; pero como se mencionó antes, abordando desde el punto de vista de nuestra situación contextual actual. Nuevas demandas requieren nuevas estrategias de solución.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) asegura que la duración de la exposición al ruido es uno de los principales factores que contribuyen al nivel total de energía acústica y a sus peligros asociados. Para que esté exenta de riesgos, la duración admisible de la exposición a un sonido disminuye a medida que aumenta el volumen del sonido.

También establece rangos para establecer la exposición diaria admisible a distintos niveles sonoros (en decibelios). (Fig 1)

Se proporcionan ejemplos de diversos niveles sonoros producidos por distintos objetos, y se indica cuál es la duración máxima de la exposición en horas, minutos y segundos por cada nivel sonoro en decibelios para una audición segura. El volumen recomendado de cualquier sonido está por debajo de los 85 dB para una duración máxima de ocho horas al día.

En Chile, el D.S. N° 594/00, del MINSAL, establece que la exposición ocupacional a ruido debe ser controlada de modo que para una jornada de 8 horas diarias, ningún trabajador pueda estar expuesto a un nivel de presión sonora continuo equivalente a 85 dB, medidos en la posición del oído del trabajador, estando el empleador obligado a tomar todas las medidas necesarias para mantener el nivel de ruido dentro de los rangos permisibles y proteger así eficazmente la vida y salud de los trabajadores, como lo dispone el artículo 184 del Código del Trabajo.

Desde fines de 2011, Chile cuenta con el “Protocolo de Exposición Ocupacional a Ruido” (PREXOR), el cual estandariza los procedimientos para prevenir y evaluar los daños en la salud auditiva de los trabajadores, al indicar cuándo es necesario que un trabajador ingrese a un programa de vigilancia de salud y estableciendo también criterios de acción.

En efecto, desde el punto de vista médico y estadístico; las investigaciones y los datos duros respecto al tema abundan. Es correcto (necesario) que a través de estos datos podemos sacar conclusiones, propuestas o políticas públicas que aporten directamente en favor de nuestro “buen vivir”. Sin embargo al parecer muchas veces no logramos dimensionar lo importante que es la forma en que habitamos nuestros espacios diarios, y cómo los estamos proyectando.

Es de suma importancia tener presente que nuestros edificios también nos enferman; pero es de más importancia aún saber entender que estos mismos y la forma en que proyectamos nuestros espacios pueden solucionar el problema.

Según el Servicio Nacional de Discapacidad (Senadis), del Ministerio de Desarrollo Social y Familia, los resultados del Censo 2012, en materia de discapacidad, revelan que en Chile la población con una o más discapacidades auditivas es de 2.119.316 personas, lo que equivale al 12,7% del total de habitantes del país.

**a) La “fatiga auditiva”,** que es el descenso transitorio de la capacidad auditiva provocada por exposición al ruido. El tiempo de recuperación depende de la intensidad del ruido y de la duración de la exposición, pudiendo oscilar entre horas y semanas.

**b) La “pérdida progresiva e inconsciente de la audición”,** que es la eliminación de las células auditivas (son irre recuperables). Cuando ha desaparecido cierto número, se inicia el proceso hacia la sordera, que de temporal pase a ser definitiva.

**c) La “inteligibilidad de la comunicación oral”** queda reducida por el ruido de fondo. El oído no discrimina entre fuentes de ruido, ya que éstas se producen en el cerebro. La interferencia causada por el ruido es, ante todo, un proceso de desfiguración en que los ruidos de fondos aumentan nuestro umbral auditivo y con ello una captación distorsionada del

mensaje. En un ambiente ruidoso, los niños sufren retraso en el aprendizaje de la lectura.

**d) Alteraciones psíquicas producidas por el ruido.** En éstas se cuentan la irritabilidad, la susceptibilidad exagerada, la agresividad, alteraciones de carácter, las alteraciones de la personalidad y trastorno mentales.

**e) Efectos sobre el rendimiento y la memoria.** El ruido, incluso poco intenso, tiene una influencia sobre el sistema nervioso del sujeto poco sensible: perturbación de la personalidad y aumento de la sintomatología del estrés. Esto provoca una baja en el rendimiento y la concentración que el proceso de aprendizaje requiere.

Entonces, podríamos asegurar que el desafío que tenemos hoy no es sólo resguardar a las personas de posibles consecuencias que pueda adquirir en un determinado lugar, sino que también debemos resguardar y dar mejores condiciones al gran porcentaje de habitantes que ya poseen de algún trastorno auditivo.

Y esto claro, tomando en cuenta sólo el factor salud como consecuencia del ruido. Sin embargo los estudios y nuestro diario vivir evidencian la baja eficiencia de ejercer cualquier actividad bajo la presencia de ruido, la imposibilidad de realizar correctamente determinada tarea, o simplemente la atención o la capacidad de producción.

## 2.2 DISEÑO ACÚSTICO

Ciertamente el valor arquitectónico es subjetivo, se puede medir por supuesto bajo ciertos criterios de evaluación que ayudan a establecer ciertos estándares. Sin embargo, en la mayoría de los casos; el objeto u obra arquitectónica sólo es apreciada y juzgada por su valor estético, obviando los procesos y soslayando el desarrollo y los tratamientos procedimentales que permiten al producto final generarnos una experiencia arquitectónica placentera.

Ahora bien, el comportamiento y la intención acústica de los espacios forma parte de este grupo de eventos que muchas veces son soslayados del conjunto arquitectónico, tanto perceptual como procedimentalmente.

Ciertos espacios por supuesto solicitan y requieren especialmente un tratamiento acústico propio de acuerdo a la sollicitación y uso que tenga, entre los que destacan aquellos espacios con alta frecuencia de personas.

El hecho de vivir próximo a una carretera no es fácil, escuchar los ruidos que produce tu vecino, o estar expuesto a todos los ruidos propios de la ciudad por la noche sin duda es una situación condenable para el habitar en todos sus aspectos.

Hoy por supuesto las soluciones a estos problemas si existen y están disponibles para su libre aplicación en nuestro país. Lamentablemente no sólo se evitan por temas económicos, las soluciones no son aplicadas muchas veces por desconocimiento del arquitecto o por la baja regulación que tenemos hoy disponible.

Así lamentablemente la comodidad acústica es una variable poco considerada dentro del espectro constructivo, poco entendida e incluso sólo requerida o solicitada en casos muy

específicos. De esta manera, cuando introducimos la variable acústica dentro de un proyecto tiene que ver básicamente con el cumplimiento mínimo de la norma vigente, más que con la intención y la propuesta de diseño y confort que el arquitecto tiene con la obra.

## 2.1 COMODIDAD ACÚSTICA

La palabra Confort está relacionada con la comodidad y el bienestar del cuerpo, por lo tanto el “confort acústico” se vincula directamente con la comodidad del receptor de algún sonido que incide en su espacio. Tanto en aquellas partes del cuerpo que puedan verse afectadas por los ruidos, como la audición, el sistema nervioso o los problemas articulares generados por el exceso de vibraciones, como las problemáticas asociadas a la realización de actividades como tal.

Debido a la gran zona de incidencia y por el amplio espectro en el que se desarrolla la materia del acondicionamiento y la comodidad acústica, es porque lo clasificamos como un problema multiescalar.

Hablar entonces de “confort acústico” significa eliminar las posibles molestias e incomodidades generadas por los ruidos y las vibraciones en todo su espectro.

La sensación de molestia acústica es algo subjetivo, por lo tanto variable, dependiendo de las personas y de la actividad que estas realizan. Hay personas que son más sensibles que otras a los sonidos, hay actividades que requieren un menor nivel de ruidos que otras para estar dentro de los límites de confort.

En lo que respecta al control y a las soluciones acústicas, es posible delimitar ciertos rangos o patrones de nivel sonoro (producto de estudios realizados a través de las estadísticas y mediciones), que se aceptan en general como valores admisibles para las distintas actividades humanas.

## 2.3 ACÚSTICA EN LA DOCENCIA

En las clases modernas, el énfasis de la enseñanza se ha convertido en el énfasis del aprendizaje. Esto quiere decir que los estudiantes se ven involucrados en diferentes tipos de enseñanza que van a estimular el compromiso de cada uno de ellos con su propio proceso de formación. Estamos hablando de un enfoque más flexible del aprendizaje según el cual los estudiantes tendrán que escuchar las instrucciones iniciales del profesor, pero después tendrán que trabajar en diferentes formas de comunicación con sus compañeros y el mismo profesor. La habitación o el lugar donde se ejerce la docencia debe favorecer la comunicación, el trabajo intelectual y la concentración que son factores fundamentales para facilitar una buena enseñanza y aprendizaje.

Optimizar la acústica con las condiciones ideales, permite la equidad y el confort acústico de todo tipo de oyentes y permite que todos los estudiantes y profesores desempeñen sus habilidades al máximo. Permitir una comunicación efectiva requiere que se aumente la absorción de las vocales en las bajas frecuencias lo que ayudará a que se escuchen las consonantes permitiendo así que se entienda el discurso.

Las necesidades acústicas y requisitos del sonido tendrán una importancia diferente según la actividad, el tipo de estancia y las personas que la ocupen. Las consecuencias de crear buenos ambientes acústicos en centros docentes y educativos son claras:

**Refuerza el compromiso del estudiante mediante una buena comunicación.**

Un ambiente silencioso anima a los estudiantes a participar en discusiones, hablando bajo, y facilita la escucha entre el grupo de trabajo sin necesidad de que se eleve la voz para competir con otros grupos.

**Facilita la gestión de una clase de forma activa.**

Permite que los profesores sean más proactivos, fomenten el debate y se reduzca la necesidad de repetir. Una buena acústica en una clase permite una mejor directividad del sonido, facilitando que el profesor identifique la procedencia del mismo y lo trate antes de que se convierta un problema.

La ventaja de una buena acústica para la gestión puede beneficiar a todo el colegio fuera de la clase haciendo que los pasillos y los espacios sociales sean más agradables y menos hostiles – especialmente para los niños más vulnerables.

**Se modifica el comportamiento y fomenta una relación más positiva entre estudiantes.**

Las clases pueden empezar con más rapidez sin necesidad de tranquilizar a los alumnos. Los profesores pueden estar más positivos sin tener que empezar en un ambiente negativo después de mandar a los chicos que estén callados.

Una adecuada claridad sonora de las aulas permite identificar a los principales focos de ruido, la ubicación de los mismos, por lo que se pierde el anonimato de los mismos y desanima a los chicos a ser focos de atención al respecto.

**Escuchar y entender bien hace que el aprendizaje sea más efectivo.**

Crea un ambiente lo más natural posible para nuestros oídos. Un buen ambiente acústico sirve de apoyo para varios procesos clave. Mejora notablemente la comunicación, la cooperación entre alumnos, la negociación y las competencias sociales en general. La calidad del sonido influye en los resultados del colegio desde el punto de vista del alumno y del profesorado.

Un estudio transversal a 527 docentes publicada en el volumen 56 del Acta Otorrinolaringológica de España publicada el año 2005, buscó reconocer la frecuencia y los factores de riesgo de los trastornos de la voz en el personal docente, a través de cuestionarios, examen de la función vocal, análisis acústico y vídeolaringoestroscofia. La idea fue realizar un cuestionario estandarizado y posteriormente exámenes de la función vocal y análisis acústicos de la voz. En el proceso participaron 527 docentes de los 931 elegidos aleatoriamente: 332 mujeres (63%) y 189 hombres (37%).

La prevalencia de los trastornos de la voz en el personal docente fue de un 57% (20% de lesiones orgánicas, 8% de laringitis crónicas y 29% de lesiones funcionales).

Dentro de las problemáticas de disfuncionalidad se podían reconocer entre otras: datos profesionales, hábitos vocales, antecedentes personales, hábitos tóxicos y el hábito tabáquico eran mayores entre los docentes con trastornos de la voz. Sin embargo, el esfuerzo vocal que requiere la labor docente es la principal causa de los trastornos de la voz en los profesionales de la enseñanza.

De esta manera podemos concluir que la problemática acústica dentro de recintos donde se ejerce la docencia, va más allá de un ejercicio que afecte solo a comunidad estudiantil en su posición de receptor acústico. El gremio docente en su rol de emisor del mensaje también juega un rol importante en el proceso y por consecuencia también está expuesto a los efectos que conlleva un espacio acústicamente no solucionado.

## 2.4 NORMATIVA

### 2.4.1 NORMATIVA NACIONAL

Nuestro país, cuenta con un marco reglamentario de normativas y recomendaciones que intentan dar frente a las solicitudes constructivas y de confort en el ámbito acústico - arquitectónico y constructivo. Además, para tener un control de todas estas normas, contamos con el asesoramiento de los consultores acústicos inscritos en el Registro de Consultores del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Estas personas son solicitadas por el organismo correspondiente en pos de realizar mediciones, certificar materiales y procesos, y así asegurar el orden y el cumplimiento de la normativa.

A continuación se describe en orden jerárquico, la normativa chilena que alude a procesos de acondicionamiento acústico: VV

#### 2.4.1.1 OGUC

La Ley General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) contiene las disposiciones reglamentarias de la ley, regula los procedimientos administrativos, y los procesos de aplicación el proceso de la planificación urbana, la urbanización de los terrenos, la construcción y los estándares técnicos de diseño y construcción exigibles en la urbanización y la construcción. En otras palabras norma y regula lo estipulado por la Ley de Urbanismo y construcción (LGUC).

En primera instancia tenemos el **Título 4** (de la arquitectura), en este espacio encontramos lo referente a la proyección arquitectónica y las condiciones de diseño a tomar en cuenta.

En el **Capítulo 4.1.5** donde lo que se expone es simplemente una clasificación de los edificios según sus condiciones acústicas. Esta distribución se hace conforme su capacidad de aislamiento, respecto sus solicitudes de uso. Acá los edificios se clasifican en cuatro grupos principales:

*“Locales totalmente aislados” (estudios de grabación, salas de transmisión de radiotelefonía, salas de hospitales, de estudios de música, de escuelas, bibliotecas y audición de alta calidad).*

*“Locales parcialmente aislados” (hoteles, departamentos, casas habitación, locales destinados al culto, oficinas profesionales o comerciales y las otras salas de audición no comprendidas en la categoría anterior).*

*“Locales sin exigencia acústica” (en que es indiferente que se propaguen ondas sonoras en uno u otro sentido, tales como estadios, mercados, restaurantes)*

*“Locales Ruidosos” (en que el nivel sonoro interior es superior al del exterior y que por lo tanto deben ser tratados de forma recíproca, como fábricas, estaciones de ferrocarril, centrales o subestaciones eléctricas, imprentas, salas de baile)*

Además este capítulo deja en claro que Los edificios del cuarto grupo (locales ruidosos) no podrán construirse en sectores habitacionales ni a distancias menores de 100 m de los edificios del grupo uno.

Lo singular acá pareciera estar en que si bien el artículo clasifica y establece un orden de acuerdo a sus características acústicas, este no se hace cargo de entregar parámetros de clasificación claros (más que la clasificación por uso). Es de-

cir no establece un rango de juego útil en decibeles (dB) para cada categoría, ni horarios.

Luego tenemos el **Artículo 4.1.6** en el que se exponen las exigencias acústicas en el ámbito constructivo que deben ser aplicadas a cada elemento que separen o dividan unidades de vivienda. Acá se expone que:

“Los elementos constructivos horizontales o inclinados, tales como pisos y rampas, deberán tener un índice de reducción acústica mínima de 45 dB(A) y presentar un nivel de presión acústica de impacto normalizado máximo de 75 dB”

“Los elementos constructivos verticales o inclinados que sirvan de muros divisorios o medianeros deberán tener un índice de reducción acústica mínima de 45dB(A)”

De acuerdo a esto se establece, que el cumplimiento de dichas especificaciones deberán ser demostradas a través de: Las soluciones constructivas de las soluciones inscritas en el Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Aislamiento Acústico del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. O del sometimiento a un informe de ensayos o un informe de Inspección por parte de la Dirección de Obras públicas de cada municipalidad.

## 2.4.1.2 DS 38 / 2011 MMA

Este decreto supremo 38 con vigencia desde el 2011, corresponde a la norma de ruidos generados por fuentes. Se trata de un escrito que establece la regulación de las intensidades máximas acústicas en torno al lugar donde se encuentre el receptor, es decir, el afectado por el ruido de una fuente fija: Este Decreto supremo corresponde a la norma elaborada a partir de la revisión del Decreto Supremo 146 /1997 del MINSEGPRES (Ministerio Secretaría General de la Presidencia), y presenta en primera instancia las siguientes modificaciones:

**Aclarar el universo de fuentes afectas a la norma:** principalmente se elimina el concepto de “fuente fija” del título, puesto que se establece una nueva definición de fuente emisora de ruido, y aunque se explicitan algunas excepciones, esta norma continúa regularizando fuentes sonoras como: Actividades productivas, actividades comerciales, actividades de esparcimiento, actividades de servicio, faenas constructivas, elementos de infraestructura.

**Eliminar el concepto de molestia:** ya que esta no tiene que ver con el nivel de ruido, se redefine también el concepto de receptor, como persona o personas afectadas por el ruido, y finalmente se establece que la norma no sólo se aplicará por denuncia, si no también por programas de vigilancia.

**Simplificar las metodologías de medición:** en este caso se eliminan los tipos de ruido (estable, fluctuante e imprevisto) y por consecuencia se mantienen solo nueve mediciones de las 15 anteriores. Como informe técnico se establecen las fichas de medición. A definir por la Superintendencia del Medio Ambiente, SMA.

**Calidad del Instrumental de Medición:** Para asegurar la calidad de la instrumentación y por consecuencia de las mediciones se exigirá un Certificado de Calibración Periódica Vigente, tanto para el sonómetro como para el calibrador, dicho certificado será emitido por el Laboratorio de Verificación de Calibración del Instituto de Salud Pública, ISP.

**Precisar definiciones:** Acá, además de establecer la redefinición de conceptos específicos como “ruido de fondo”, se realiza un cambio en la terminología de zonificación, actualizando y ateniéndose a la OGUC, donde se establece que:

***Zona I:** Definida en el Instrumento de Planificación Territorial respectivo ubicada dentro del límite urbano, que permite exclusivamente uso de suelo residencial o bien este uso de suelo y alguno de los siguientes usos de suelo: Espacio Público y/o Área verde.*

***Zona II:** Aquella zona definida en el Instrumento de Planificación Territorial respectivo ubicada dentro del límite urbano, que permite además de los usos de suelo de la Zona I, Equipamiento de cualquier escala,*

***Zona III:** Aquella zona definida en el Instrumento de Planificación Territorial respectivo ubicada dentro del límite urbano, que permite además de los usos de suelo de la Zona II, Actividades Productivas y/o de Infraestructura.*

***Zona IV:** Aquella zona definida en el Instrumento de Planificación Territorial respectivo ubicada dentro del límite urbano, que permite sólo usos de suelo de Actividades Productivas y/o de Infraestructura.*

***Zona Rural:** Aquella ubicada al exterior del límite urbano establecido en el Instrumento de Planificación Territorial respectivo.*

Esto en el marco de definiciones asociadas al “título 2 de la OGUC: de la planificación” referidas a lo residencial, equipamientos, actividades productivas, infraestructura, espacio público, y áreas verdes.

**Modificar los límites nocturnos:** En este caso por recomendación de la OMS para periodos nocturnos es de 40 dB.  
*Fuente: “Night Noise Guidelines for Europe” (WHO, 2009)*

Los niveles de presión sonora corregidos que se obtengan de la emisión de una fuente emisora de ruido, medidos en el lugar donde se encuentre el receptor, no podrán exceder los valores que se muestran en la Fig 2.

Esta norma por supuesto, representa un gran avance en términos de la materia: La forma objetiva en que presenta los casos y las limitaciones, la clara forma de clasificar y zonificar sus áreas de acción, la integración de la zona rural a la regulación. En general se presenta como un acierto en términos de la regulación sonora, y más aún trabajando en conjunto con lo dispuesto en la OGUC y con la Superintendencia del Medio Ambiente para su regulación.

	<b>DS 146 / 38</b>
<b>ZONA I</b>	55 dB
<b>ZONA II</b>	60 dB
<b>ZONA III</b>	65 dB
<b>ZONA IV</b>	70 dB

*Fig 2: Tabla de de decibelaje máximo diurno permitidos según zona.  
Fuente: Elavoración propia basado en D.S 146 / 38*

	<b>DS 146</b>	<b>DS 38</b>
<b>ZONA I</b>	45 dB	45 dB
<b>ZONA II</b>	50 dB	45 dB
<b>ZONA III</b>	55 dB	50 dB
<b>ZONA IV</b>	70 dB	70 dB

*Fig 3: Tabla de de decibelaje máximo nocturno permitidos según zona.  
Fuente: Elavoración propia basado en D.S 146 / 38*

### 2.4.1.3 INSTRUMENTOS DE PLANIFICACION TERRITORIAL.

En el marco de la planificación territorial disponemos en nuestro país con el instrumento de planificación territorial o planes reguladores, estos instrumentos son distintos para cada municipio en Chile, son de alcance comunal y establecen ciertas normas y parámetros propios a su espacio territorial correspondiente. Así la posibilidad de regulación en torno al marco de la acústica se hace también parte y responsabilidad de cada municipio para con su espacio territorial gobernable.

En términos acústicos, las municipalidades por ejemplo, tienen la responsabilidad de otorgar una zonificación que asegure y resguarde la buena convivencia entre los diferentes grupos de equipamiento.

### 2.4.1.4 LISTADO OFICIAL DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO

Este documento forma parte de las herramientas que nos entrega el MINVU, para otorgar soluciones a problemáticas acústicas en viviendas de bajos recursos. El mismo manual se describe como:

*“Un listado oficial de soluciones constructivas para el aislamiento acústico, herramienta pública, que está a disposición de todos los arquitectos y diseñadores en donde se establecen soluciones constructivas, previamente ensayadas por consultores acústicos, que dan cumplimiento con los valores reglamentarios”*  
Manual de aplicación de reglamentación acústica (MINVU)

Este documento es un tremendo aporte desde el punto de vista teórico y práctico respecto de la aislación de las viviendas, es un manual concebido para ser utilizado por profesionales y cuenta además con el respaldo de consultoras y expertos en el área. Es una base teórica muy completa, cuenta con material gráfico y entrega datos duros, rangos y tablas valores para la correcta aplicación de la materia. Además propicia al lector recomendaciones constructivas.

Separa y organiza cada componente constructivo de la casa (elementos verticales, muros, pisos, etc.) otorgando soluciones diferentes para cada uno, también tablas de materiales con sus marcas, respectivos atributos y propiedades acústicas.

### 2.4.2 SITUACIÓN EDUCACIONAL NACIONAL

Las leyes y normativas técnicas vigentes en Chile no especifican las condiciones ambientales y acústicas en el interior de las salas de clases o establecimientos educacionales ni criterios de diseño o elementos constructivos certificados para asegurar una calidad ambiental y acústica adecuada para los alumnos. La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones OGUC, Capítulo 5, artículo 4.5.1, sólo define qué tipo de construcción es del tipo educacional sólo por el uso o destino de ésta, sin embargo, no establece ninguna condición de diseño referente a la calidad acústica, ni métodos o protocolos de verificación del cumplimiento de algún estándar mínimo ambiental. Por su parte, el Decreto Supremo N°38/11 del Ministerio del Medio Ambiente – “Norma de Emisión de Ruidos Generados por Fuentes que Indica”, excluye como fuentes emisoras de ruido todas las actividades señaladas en el artículo 5° (redes de infraestructura de transporte, como, por ejemplo, el tránsito vehicular, ferroviario y marítimo, tránsito aéreo), siendo éstas las fuentes de ruido principales que han sido detectadas en estudios realizados en establecimientos educacionales.

A esta altura parece relevante entonces, plantear la necesidad de establecer unas pautas arquitectónicas y una normativa acústica especial en espacios que contemplan la práctica de la docencia, y es evidente la creciente demanda de éstas por la población general.

Se entiende que se debería poner mayor énfasis en el ámbito de la enseñanza, puesto que el problema que presentan los edificios de aulas con mala calidad acústica tiene implicaciones de largo alcance para el aprendizaje en general, así como en particular, para aquellos alumnos o profesores, que tengan deficiencias en la recepción, interpretación y/o producción del lenguaje hablado.

Más aún, en un país donde la población escolarizada activa en nuestro país actualmente, según el Anuario de estadísticas de la educación publicado el año 2018 por el MINEDUC, se puede estimar en cerca del 30% de nuestra población mundial y con tendencia al alza por motivos socioculturales de diversa índole. Con un total de 16 Establecimientos Educacionales entre Educación Parvularia, Escuelas Básicas, Recintos Educacionales de Enseñanza Media e Instituciones de Educación Superior.

1.1. NÚMERO DE ESTABLECIMIENTOS E INSTITUCIONES POR PRESTADOR DE EDUCACIÓN. PERIODO 2004-2017													
Año	Prestador de educación												
	Instituciones de educación parvularia <sup>1/2</sup>			Establecimientos educacionales <sup>3/4</sup>					Instituciones de educación superior <sup>5/6</sup>				Total <sup>7</sup>
	JUNJI	Integra	Total	Municipal	Particular subvencionado	Particular pagado	Corporación de administración delegada	Total	Centro de formación técnica	Instituto profesional	Universidad	Total	
2004	...	...	...	6.095	4.269	860	65	11.289	...	...	...	...	...
2005	...	...	...	6.098	4.630	763	70	11.561	...	...	...	...	...
2006	...	...	...	5.971	4.891	733	70	11.665	...	...	...	...	...
2007	...	...	...	5.908	5.044	728	70	11.750	84	37	61	182	...
2008	...	...	...	5.845	5.252	727	70	11.894	81	41	60	182	...
2009	...	...	...	5.811	5.545	671	70	12.097	76	43	59	178	...
2010	...	...	...	5.726	5.674	674	70	12.144	71	43	59	173	...
2011	2.718	985	3.703	5.580	5.756	657	70	12.063	69	43	59	171	<b>15.937</b>
2012	3.113	976	4.089	5.514	5.965	625	70	12.174	61	42	60	163	<b>16.426</b>
2013	3.158	1.040	4.198	5.425	6.017	602	70	12.114	60	42	60	162	<b>16.474</b>
2014	3.100	1.051	4.151	5.331	6.065	595	70	12.061	58	42	60	160	<b>16.372</b>
2015	3.113	1.067	4.180	5.279	6.060	592	70	12.001	54	42	60	156	<b>16.337</b>
2016	3.132	1.097	4.229	5.234	5.950	604	70	11.858	49	42	59	150	<b>16.237</b>
2017	3.153	1.195	4.348	5.196	5.866	617	70	11.749	46	41	61	148	<b>16.245</b>

Fig 4: Tabla de número de establecimientos e instituciones educacionales.  
Fuente: Anuario 2018, estadísticas de la Educación, MINEDUC.

2.1. MATRÍCULA TOTAL POR PRESTADOR DE EDUCACIÓN. PERIODO 2004-2017													
Año	Prestador de educación												
	Instituciones de educación parvularia <sup>1/2</sup>			Establecimientos educacionales <sup>3/4/5</sup>					Instituciones de educación superior <sup>6/7/8</sup>				Total <sup>9</sup>
	JUNJI	Integra	Total	Municipal	Particular subvencionado	Particular pagado	Corporación de administración delegada	Total	Centro de formación técnica	Instituto profesional	Universidad	Total	
2004	...	...	...	1.869.996	1.534.349	284.257	51.973	3.740.575	...	...	...	...	...
2005	...	...	...	1.832.861	1.608.077	254.163	56.808	3.751.909	...	...	...	...	...
2006	...	...	...	1.759.726	1.681.105	250.800	56.603	3.748.234	...	...	...	...	...
2007	...	...	...	1.681.578	1.716.258	254.031	55.839	3.707.706	86.847	156.126	533.927	776.900	...
2008	...	...	...	1.607.356	1.764.355	256.380	55.182	3.683.273	95.903	162.870	561.024	819.797	...
2009	...	...	...	1.563.361	1.825.031	255.864	54.321	3.698.577	110.021	189.622	592.076	891.719	...
2010	...	...	...	1.481.972	1.852.661	258.716	54.258	3.647.607	128.571	224.339	632.708	985.618	...
2011	171.271	69.681	240.952	1.429.409	1.861.754	258.311	53.528	3.603.002	138.635	267.766	662.700	1.069.101	<b>4.913.055</b>
2012	177.199	68.866	246.065	1.359.508	1.884.934	255.233	49.473	3.549.148	140.048	301.156	685.716	1.126.920	<b>4.922.133</b>
2013	175.800	70.106	245.906	1.325.737	1.897.949	265.044	48.357	3.537.087	144.383	332.147	707.841	1.184.371	<b>4.967.364</b>
2014	175.812	71.549	247.361	1.304.634	1.919.392	270.491	46.802	3.541.319	148.012	357.395	709.723	1.215.130	<b>5.003.810</b>
2015	177.301	74.485	251.786	1.290.770	1.935.222	276.892	45.852	3.548.736	146.546	378.802	707.695	1.233.043	<b>5.033.565</b>
2016	182.142	77.016	259.158	1.273.530	1.942.222	288.964	46.121	3.550.837	141.720	384.667	720.791	1.247.178	<b>5.057.173</b>
2017	185.426	85.590	271.016	1.272.392	1.943.412	296.735	45.603	3.558.142	136.789	377.354	733.603	1.247.746	<b>5.076.904</b>

Fig 5: Tabla de número de matriculados total por prestador de educación.  
Fuente: Anuario 2018, estadísticas de la Educación, MINEDUC.

Las condiciones ambientales de una sala de clases, definidas principalmente por la ventilación, iluminación y acústica, resultan fundamentales en el proceso de aprendizaje y comprensión de contenidos. De acuerdo al estudio en terreno realizado por la arquitecta Gabriela Armijo, arquitecto y máster en ciencias de la Universidad de Cambridge, la contaminación acústica, mala ventilación y la escasa luminosidad en las aulas de clases chilenas son algunas de las conclusiones del estudio realizado que analizó las condiciones ambientales de ocho escuelas insertas en cinco climas distintos a lo largo del país.

Dentro de los datos entregados, la autora destaca que en dos colegios los profesores describen como un “problema extremo” la contaminación acústica y que impide una buena comunicación con el alumnado. En este punto, el estudio enfatiza que “la ley chilena no relaciona la contaminación producida por el ruido del transporte y el ambiente de enseñanza”, a pesar que tiene un impacto directo sobre el rendimiento de los alumnos. El caso más dramático se vive en una escuela de Copiapó en un sector desértico, donde los profesores entrevistados manifestaron su malestar por el excesivo ruido causado principalmente por los camiones que circulan por la carretera que colinda con el establecimiento. Esto además les provoca problemas de ventilación en el aula, ya que les obliga a mantener las ventanas cerradas todo el día. Sólo uno de los colegios estudiados los profesores ventilan la sala abriendo las ventanas, muchas veces no se hace por el problema del ruido proveniente del exterior o por las corrientes de aire en las zonas con climas fríos.

En Santiago, la escuela analizada presenta altos índices de contaminación acústica, debido a su ubicación en el centro de la capital. Finalmente, la profesional analizó escuelas en el sur de Chile. Una de ellas, ubicada en Puerto Montt, localidad que presenta un clima frío, muestra serios problemas de contaminación acústica, debido a su cercanía con el aeropuerto de la zona. De hecho, todos los profesores entrevistados, confirmaron que fue necesario interrumpir sus clases cada vez que un avión llega a tierra o despeg.

Por otra parte, el Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (SESMA) del MINSAL, realizó un estudio el año 2001, determinando que cuatro avenidas de la capital registran niveles de ruido muy intenso, sobrepasando los 70 decibeles en promedio de 24 horas, y se precisó que en estas rutas, por donde circula gran cantidad de vehículos, funcionan establecimientos educacionales, cuyos profesores, alumnos y auxiliares presentan algunos síntomas producto de esta contaminación, sea esta psicológica o fisiológica.

El mismo estudio constató en el Liceo N°1 de Niñas, ubicado entre calle Compañía, Amunátegui y San Martín, las alumnas están expuestas a altos niveles de ruido producto de la circulación por las arterias antes mencionadas de gran cantidad de buses de la locomoción colectiva. Dentro de las salas de clases y con las ventanas abiertas se pueden constatar promedios de hasta 66,9 decibeles, llegando algunos incluso a superar los 80 decibeles en tiempos acotados. Al salir a los pasillos de las salas, los niveles alcanzan los 73,5 decibeles en promedio, alcanzando incluso los 85 decibeles en tiempo acotado.



CAPÍTULO III  
**METODOLOGÍA**

### 3.1 OBJETO DE ESTUDIO

A partir de referentes internacionales, datos y estadísticas nacionales, se propone un anteproyecto de norma, en interés de orientar, proponer y guiar a través de ella la voluntad de proyectar condiciones acústicas ideales para espacios donde se practique la docencia en Chile.

Esta iniciativa nace del deseo de aportar desde el mundo de la arquitectura y la construcción a la forma y condiciones en que estamos educando en nuestro país, teniendo como principales beneficiarios a los 5.000.000 de Chilenos que son parte de la comunidad estudiantil, a los casi 400.000 docentes activos en los diferentes establecimientos y a cualquier tipo de expositor y oyente que forme parte del ejercicio de la enseñanza y la educación. en función de una comunicación más eficiente y un uso del espacio más eficiente y cómodo.

Un anteproyecto de norma que pretende establecerse desde de una visión objetiva, a partir de datos duros y variantes cuantitativas. Esto a raíz de proponer una guía clara, sencilla y básica a lo que podría ser un pie de inicio para la formulación de una nueva norma, Y por supuesto, estandarizar e incentivar el involucramiento en torno a problemáticas de esta índole.

## 3.2 RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES

### 3.2.1 NORMATIVAS REFERENCIALES INTERNACIONALES

El proceso de cambio a una mejor regulación de procesos, en términos acústicos, es lento y parcial, justamente un desarrollo que crece poco a poco. Ahora bien, este proceso ha tenido la posibilidad de obtener más madurez y desarrollarse de mejor manera y con diferentes soluciones en distintos países mas desarrollados en términos arquitectónicos hoy en día.

#### 3.2.1.1 INGLATERRA

Se puede mencionar, entre otras normativas internacionales, que Inglaterra diseña sus establecimientos educacionales de acuerdo al Building Bulletin 93: Acoustic Design in Schools, del Departamento de Educación.

Este boletín de construcción guía a arquitectos, acústicos, oficiales de control de edificios e ingenieros de servicios de construcción a través del proceso de diseño acústico de las escuelas en el contexto de los diversos tipos de espacios y actividades. Contiene estándares de rendimiento, principios acústicos, buenas prácticas de diseño, procedimientos de cálculo, estudios de casos sobre escuelas existentes y un ejemplo de envío a un organismo de control de edificios.

Incluye:

- Especificación del rendimiento acústico.
- Control de ruido.
- Aislamiento del ruido externo.
- El diseño de salas para discurso.
- El diseño de salas para música.
- Diseño acústico y equipamiento para alumnos con necesidades auditivas.
- Estudios de caso.

#### 3.2.1.2 E.E.U.U

Estados Unidos se utiliza la norma ANSI/ASA S12.60-2010 American National Standard Acoustical "Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools"<sup>4</sup>. Se aplica a los espacios de aprendizaje centrales y aulas con volúmenes interiores que no excedan los 566m<sup>3</sup> y a los espacios de aprendizaje auxiliares de cualquier volumen. Los espacios de aprendizaje con volúmenes mayores a 566m<sup>3</sup> se consideran espacios de aprendizaje auxiliares para esta norma. Esta norma se utiliza para determinar la conformidad de esta norma y para proporcionar información respecto a la misma. El Anexo C proporciona pautas para controlar la reverberación en las aulas y otros espacios de aprendizaje.

Esta parte no se aplica a natatorias, auditorios, espacios de interpretación musical, salas de teleconferencia o educación especial, como las de estudiantes con discapacidades acústicas severas, que requieren un diseño acústico especial y no están dentro del alcance de esta norma. Los criterios de rendimiento acústico se especifican en esta norma según la hora del día. Niveles de fondo ponderados A y ponderados C y tiempos de reverberación cuando se espera que los estudiantes estén presentes.

Esta norma se aplica al ruido y a las fuentes de ruido dependientes del diseño del edificio en las escuelas, incluido el ruido producido por los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado; servicios de construcción; y fuentes de sonidos exteriores, como tráfico vehicular y sobrevuelos de aeronaves. Esta norma se aplica tanto al diseño y rendimiento del aula de un propietario de vivienda, como al uso de efectos de sonido, equipo incorporado utilizado en el curso de instrucción, como computadoras, siempre que el equipo se pueda apagar en la habitación.

## 3.3 PROPUESTA

### 3.3.1 OBJETIVO

Establecer y asegurar las condiciones mínimas de acondicionamiento acústico en espacios donde se ejerzan prácticas educativas, en beneficio de concebir y fomentar una mejor práctica de la docencia y por consecuencia una mejor educación. Para ello las regulaciones de construcción, requieren que estos espacios cumplan con los estándares de desempeño básicos para cuatro condiciones básicas de confort acústico interior : aislamiento acústico aéreo, aislamiento acústico por impacto, absorción acústica, e intensidad sonora para equipamiento interior.

### 3.3.2 ÁREA DE COBERTURA

Para efectos de esta normativa, el área de cobertura contempla unidades espaciales, no temporales cerradas donde se practique la docencia o actividades educativas de cualquier materia y cuenten con un área total interior igual o menor a 550 metros cúbicos. Para esta materia exceptúan espacios de actividades deportivas, de esparcimiento, salas de educación para personas con necesidades auditivas especiales, y aulas que requieran de un tratamiento acústico especial (música, teatro, espectáculo, etc.).

### 3.3.3 AISLACIÓN

#### Espacios Interiores:

El espacio de educación, deberá contar con los niveles de ruido máximo interior, especificados en la *Fig. 6.*, Para ello al momento de la medición se deberá incluir en los datos con la presencia de ruidos reales (aquellos que son constantes y permanentes) y ruidos probables. (aquellos que eventualmente podrían aparecer). Dicho valor debe ser igual o menor en todo punto de la habitación.

Valor máximo permitido	45 bB
------------------------	-------

*Fig 6: Fuente: Elavoración propia referenciado en datos de BB93: acoustic design of schools. Inglaterra*

#### Muros Medianeros:

Para efecto de muros que separen dos o más espacios de educación, estos deberán contar con un factor mínimo de aislamiento acústico aéreo permisible. *Fig 7.*

Factor mínimo de aislamiento	45 bB
------------------------------	-------

*Fig 7: Fuente: Elavoración propia referenciado en datos de BB93: acoustic design of schools. Inglaterra*

**Losas y Entrepisos:**

Para efecto de espacios de educación que tengan un segundo piso habitable, la losa o entrepiso correspondiente debe cumplir con un factor mínimo de aislamiento acústico por impacto permisible. *Fig 8.*

Factor mínimo de aislamiento	45 bB
------------------------------	-------

*Fig 8: Fuente: Elaboración propia referenciado en datos de BB93: acoustic design of schools. Inglaterra*

**Equipamiento:**

Respecto a los los espacios de educación que cuenten con equipamiento electrónico, que no forma parte de la arquitectura misma, y que está instalado permanentemente al interior de estos espacios: ventiladores, equipos de calefacción, equipo de computación, etc. Se les permitirá aumentar en 6 dB extra la intensidad total a lo dispuesto en la *Fig 6.* correspondiente al apartado de -espacios interiores-.

En caso de no cumplir con lo requerido, el o los elementos que están provocando excesos de intensidad acústicas, deberá contar con un sistema de control acústico, que permita al mismo cumplir con las especificaciones exigidas.

**3.3.4 ABSORCIÓN**

Para lograr y asegurar una buena comunicación interior y una buena inteligibilidad de la palabra; el espacio de educación, deberá contar con las condiciones mínimas de absorción interior, para ello se especifica en la *Fig 9.* el tiempo de reverberación máximos permisibles.

Tiempo de reverberación máximo	0,7 seg
--------------------------------	---------

*Fig 9: Fuente: Elaboración propia referenciado en datos de BB93: acoustic design of schools. Inglaterra*





CAPÍTULO IV  
**CASO DE ESTUDIO**

## 4.1 CASO DE ESTUDIO

El Centro de Proyectos Estratégicos (CPE), de facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, junto a su Director Guillermo Crovari, con la coordinación general del Académico y profesor Walter Brehme Hidalgo, la colaboración y consultoría externa de Leonardo Parma (Arquitecto de la Universidad de Chile y experto en mediciones acústicas), con la colaboración y donación de KNAUF Chile, se ha logrado establecer, coordinar en un gesto de colaboración, la intervención de una de las salas de la facultad, tomando como base la necesidad de mejorar acústica, térmicamente este espacio de docencia, para de este modo mejorar su habitabilidad frente a estos fenómenos y proporcionar un mayor confort a las actividades que allí se realizan.

El objetivo por supuesto es lograr identificar, medir, proponer y finalmente ejecutar una propuesta de acción para mejorar las condiciones de habitabilidad, lograr que éstas sean propias y acordes a un ambiente donde se practica la docencia. Sin embargo, por cuestiones de plazos, este seminario sólo participó de la medición y propuesta de la etapa 1 del proceso, correspondiente a la etapa de Absorción Acústica.

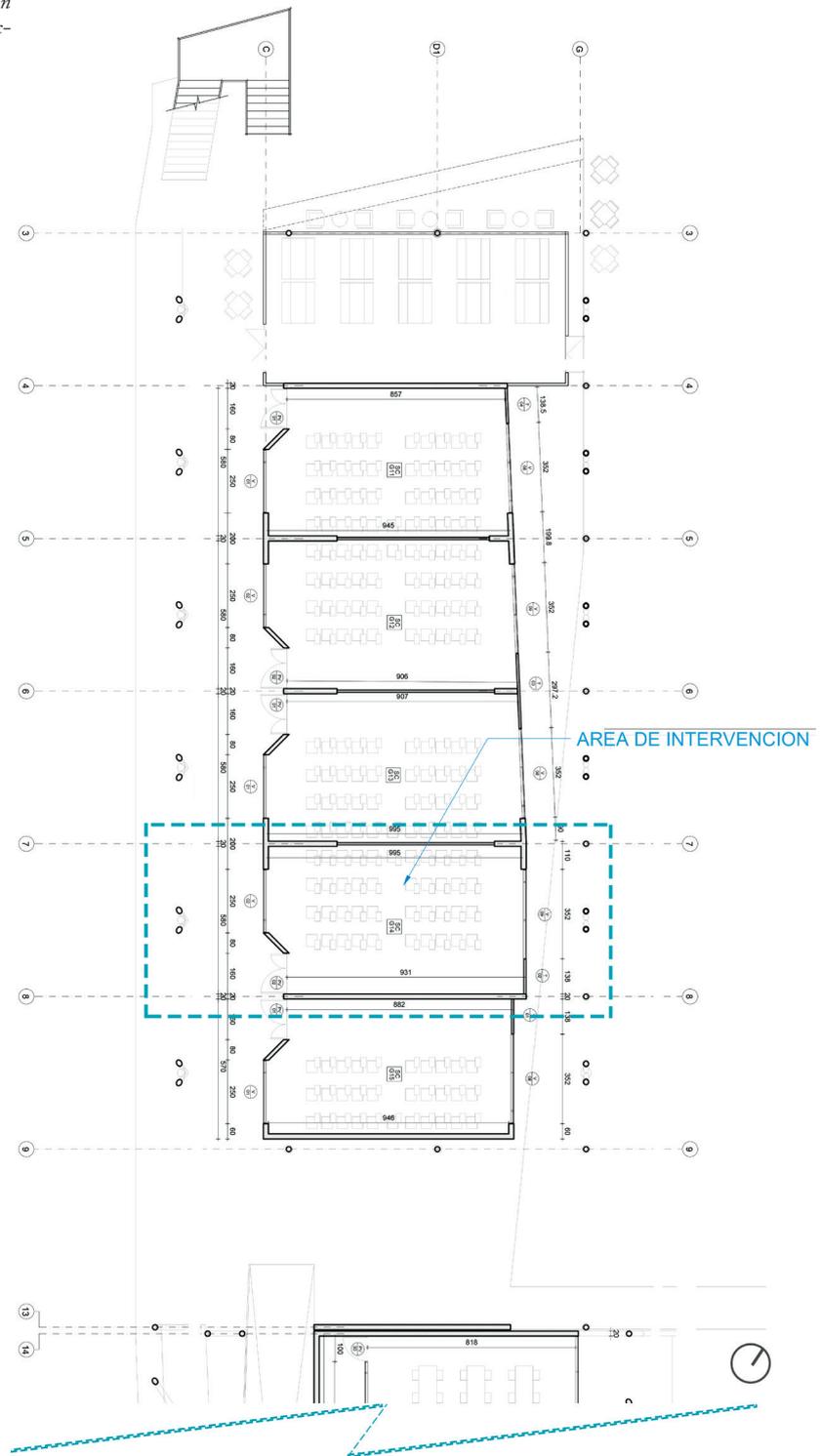
### 4.1.1 SALA DE ESTUDIO

En esta oportunidad se estableció junto al equipo coordinativo de la facultad, generar esta intervención en el edificio bloque G de la misma, específicamente en la sala G14 ubicada en el primer piso de edificio (*Fig. 10*). Destinada al ejercicio de la docencia por parte de las carreras de arquitectura, diseño y geografía, se determinó operar en este punto, puesto que se trata de una sala central de fácil acceso (una sala promedio) que representaría a grandes rasgos las condiciones de habitabilidad del resto de las salas del edificio.

De esta manera entonces, se pretende a través de la formulación y la intervención de esta sala de clases, se pueda esta-

blecer como aula modelo de prueba o “piloto” para futuras intervenciones que puedan establecerse en el resto de las salas del edificio mismo o incluso a nivel de facultad.

Fig 10: Plano general y zona de intervención de edificio BloqueG. Fuente: Centro de Proyectos Estratégicos (CPE), FAU.



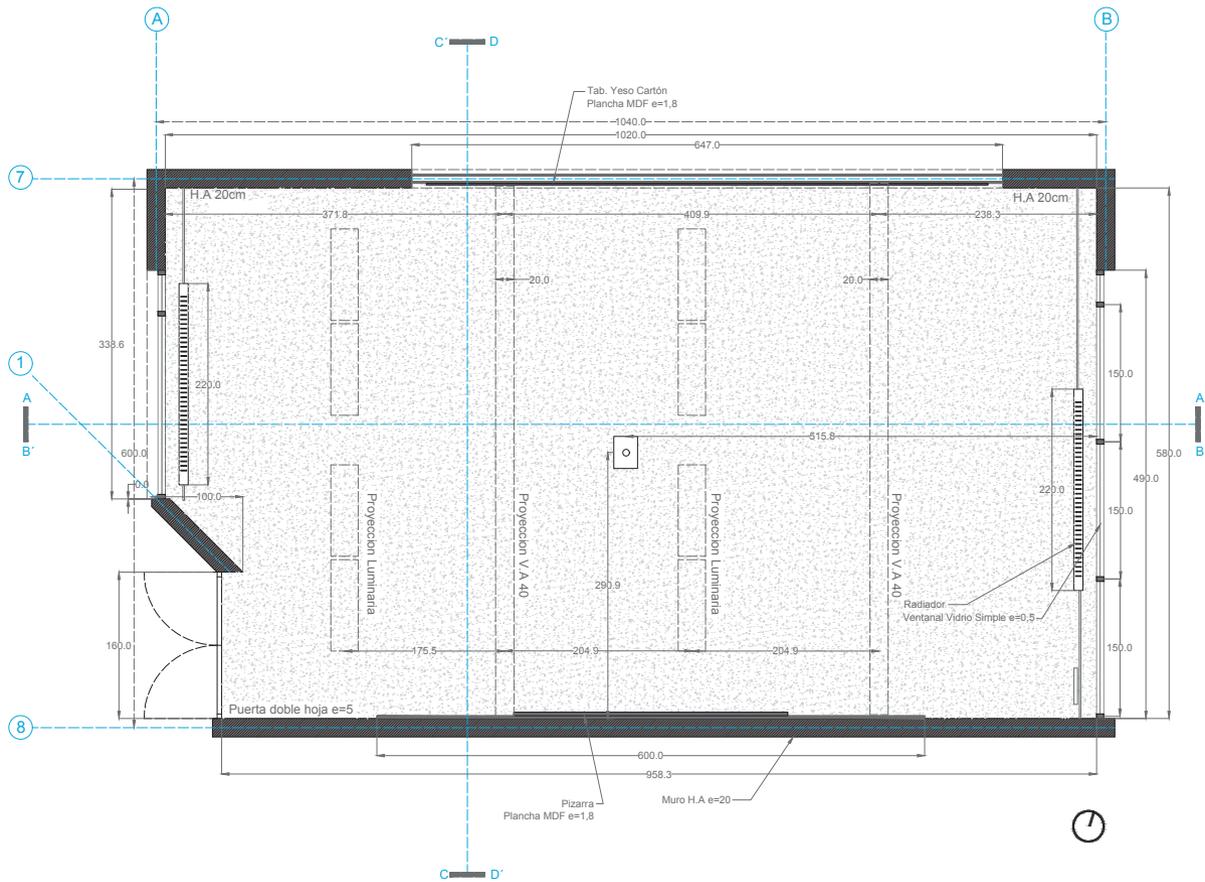


Fig 11: Planta sala G14, Bloque G. Fuente: Elaboracion Propia, basado en mediciones in situ propias.

#### 4.1.2 SITUACIÓN PRE-INTERVENCIÓN

Esta sala construida bajo el proyecto de construcción Bloque G construido en los años 70's, por parte del arquitecto proyectista y premio nacional de arquitectura Juan Sabbagh, en una acción de donación por parte de distintas entidades tanto en el ámbito de la materialidad, como de la arquitectura. La sala fué proyectada principalmente en hormigón armado, con vigas metálicas, y con un piso de hormigón pulido. Cuenta con una superficie de 57,8 metros cuadrados y con un volumen total de 208 metros cúbicos. Sus dimensiones interiores en sus extensiones más grandes llegan a los 10,20 metros de largo por 5,8 metros de ancho. (Fig. 11).

La altura máxima interior de la habitación es de 3,6 metros, además desde los 2,95 metros de altura la sala posee una serie de elementos propios de las instalaciones y estructura de la mismo (tuberías de agua caliente, cañerías de circuito eléctrico, vigas). Pese a que en su naturaleza (al igual que en el edificio) la sala se proyectó en hormigón armado, esta cuenta con variaciones a lo largo de sus caras:

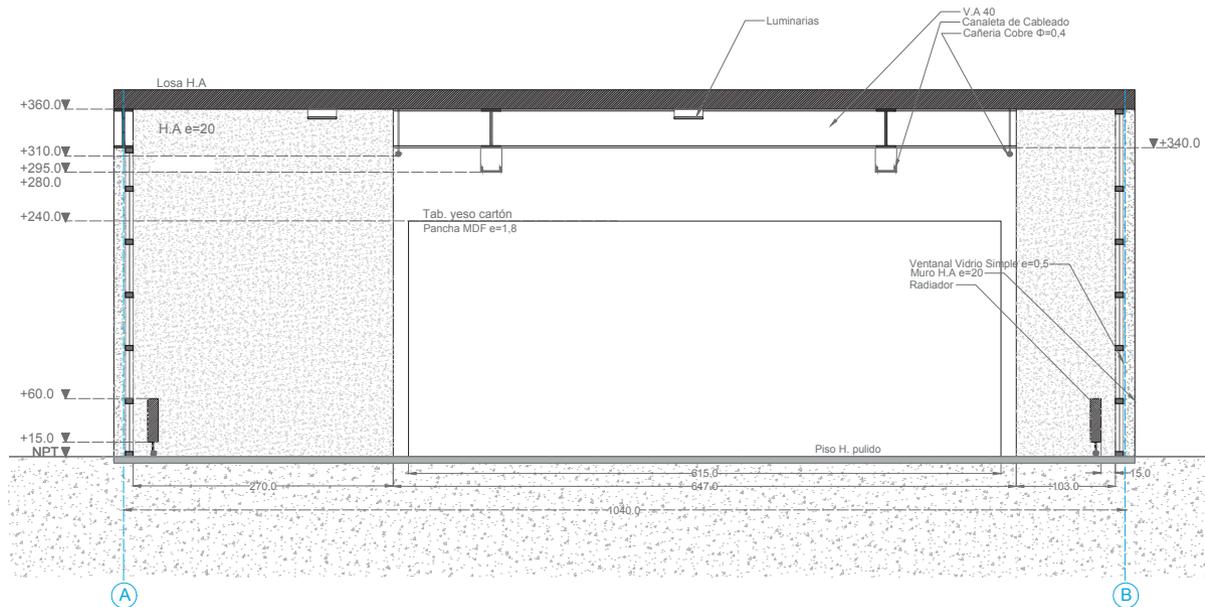


Fig 12: Corte A-A sala G14, Bloque G. Fuente: Elaboracion Propia, basado en mediciones in situ propias.

#### Cata Nor-Oeste:

Esta cara corresponde a la pared trasera de la sala, en otras palabras, la que recibe las ondas de sonido emitidas por el docente o expositor, además se posiciona como la cara más grande de la sala con un área total de 36,6 metros cuadrados. Una de las particularidades de esta pared es que en su centro, carece de una pared de hormigón, en remplazo, cuenta con 6,47 metros de tabiquería de placas de yeso cartón.

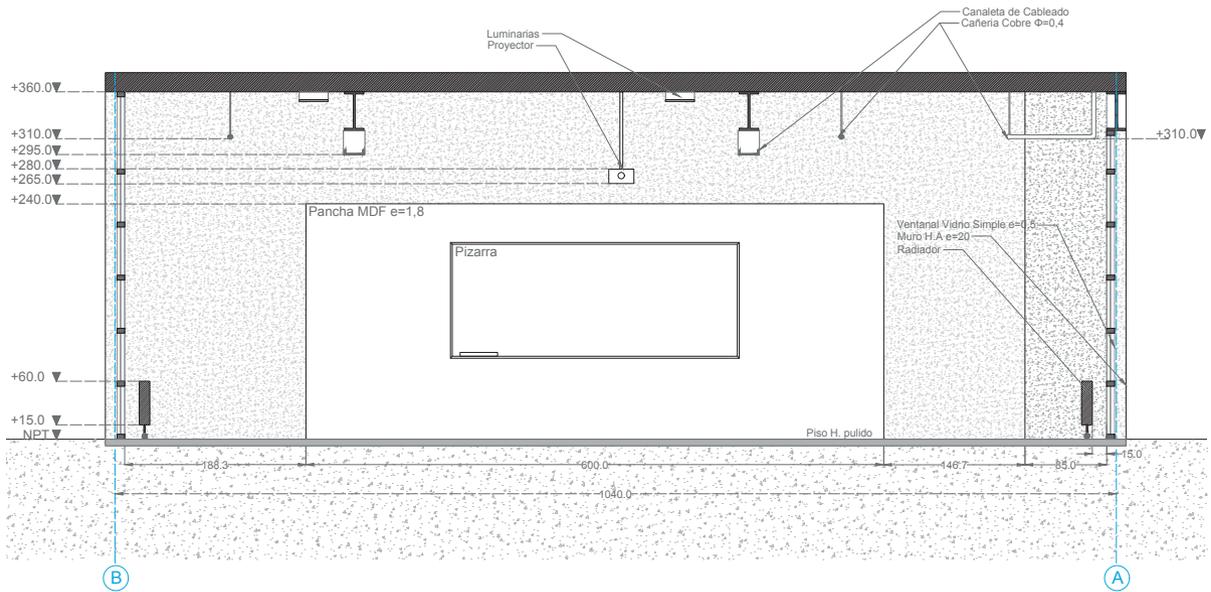


Fig 13: Corte B-B sala G14, Bloque G. Fuente: Elavoracion Propia, basado en mediciones in situ propias.

#### Cara Sur-Este:

Esta cara se destaca por ser la pared "frontal" de la sala, cuenta con la pizarra y es la zona desde donde se emiten regularmente los sonidos hacia el resto de los receptores. A pesar de ser completamente de hormigón, esta cuenta con una plancha de MDF  $e=18\text{mm}$ , adherida y utilizada como muro de exposición, donde se cuelgan láminas u otras entregas asociadas a pregrado, y también a proyectos de título.

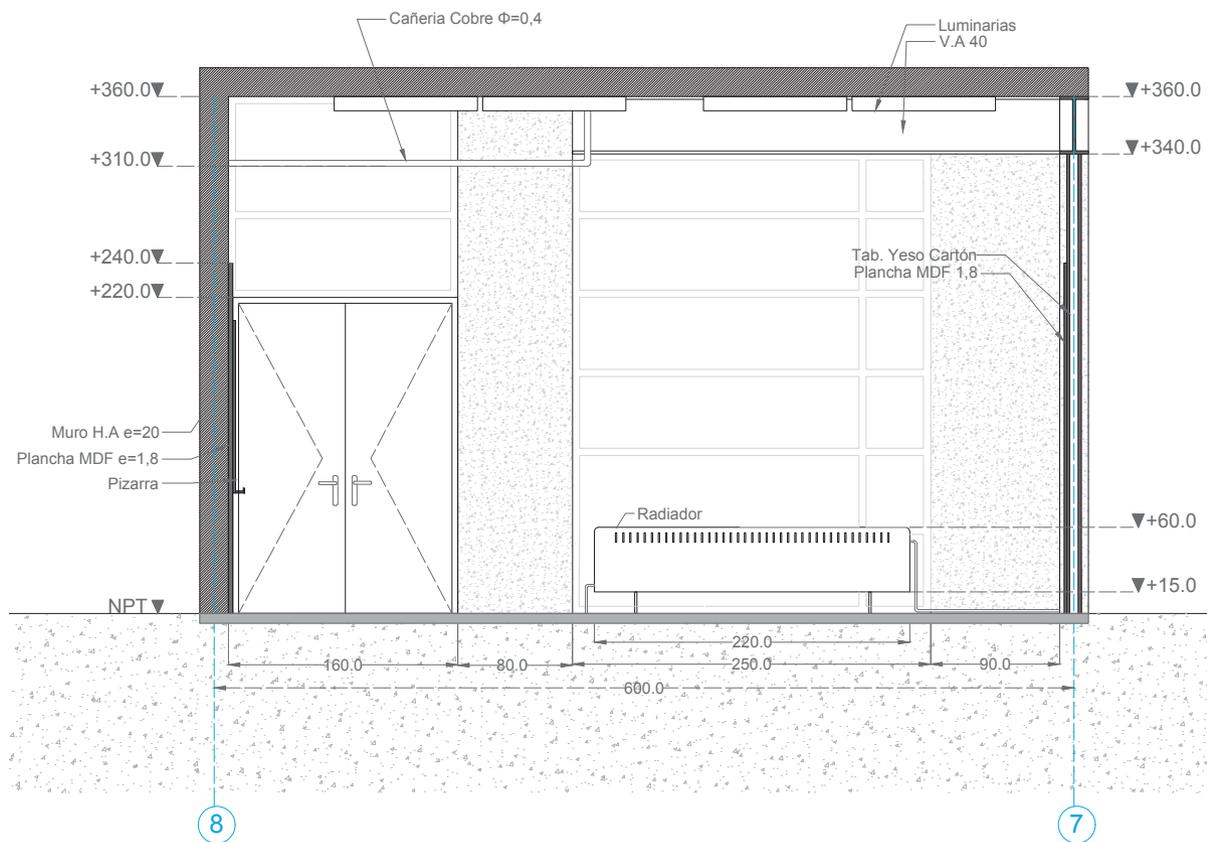


Fig 14: Corte C-C sala G14, Bloque G. Fuente: Elaboración Propia, basado en mediciones in situ propias.

#### Cara Sur-Oeste:

Esta cara de la sala es la única no regular dentro de sus paredes, consta con una diagonal de un metro de hormigón, sin embargo acá se encuentra la puerta de entrada a la sala, y un ventanal de 2,5 metros de ancho.

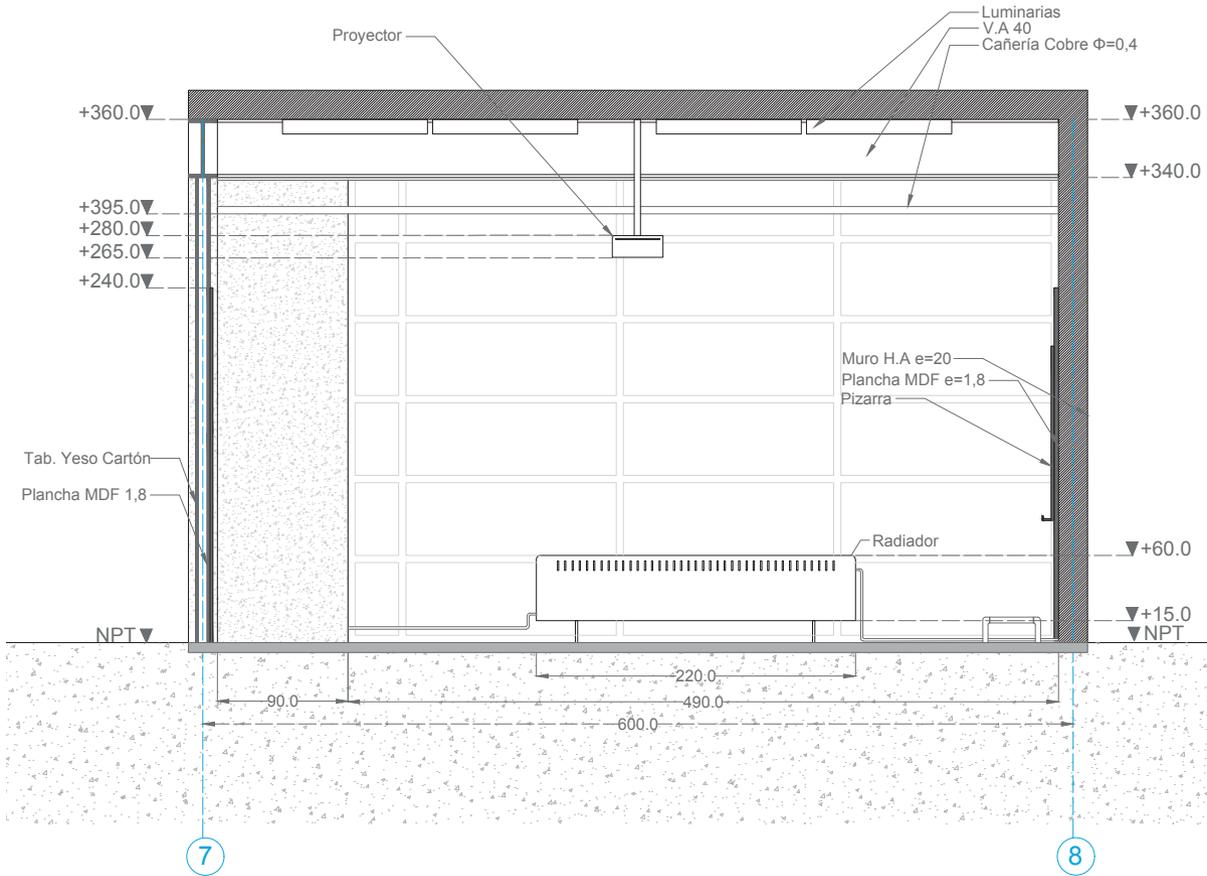


Fig 15: Corte D-D sala G14, Bloque G. Fuente: Elavoracion Propia, basado en mediciones in situ propias.

#### Cara Nor-Este:

La particularidad de esta cara es albergar la principal fuente de luz natural hacia la habitación. Cuenta con un ventanal de 4,9 metros de ancho y con una altura que va de piso a techo, está dividido con un varillaje metálico y con vidrio simple e=5mm.

### 4.1.3 MATERIALIDADES

Todos los materiales de construcción tienen propiedades acústicas. Todos ellos absorben, transmiten o reflejan el sonido cuando las ondas sonoras impactan contra ellos. En principio es algo evidente, sin embargo, cuando los fabricantes e instaladores se refieren a estas propiedades dan un valor específico a cada una de las cualidades de éstos a la hora de transmitir o impedir la transmisión del sonido.

Consideramos a un material como aislante acústico cuando tiene la propiedad de ser absorbente sonoro ya que posee un elevado coeficiente de absorción acústica en todo o en parte del espectro de frecuencias de sonidos audibles por el ser humano que van en un rango desde los 20Hz hasta los 20KHz.

Para efectos de la medición que se llevó a cabo (absorción acústica) se expone una tabla con los índices de absorción acústica de cada material preexistente en la sala de estudio.  
*Fig. 16*

	N.R.C
H.A	0.3
YESO CARTÓN	0.08
MDF	0.06
VIDRIO 5mm	0.04
MADERA (puerta)	0.1
MELAMINA (pizarra)	0.04
ÁREA ASIENTOS	0.56
PERSONA	0.35

*Fig 16: Tabla de índices de absorción acústica de los materiales. Fuente: Elaboración propia, basada en datos de la facultad de Arquitectura de la Universidad de Buenos Aires*

### 4.1.4 ANÁLISIS TEÓRICO

Para dar inicio y poder abordar el proceso de intervención es necesario catastrar la problemática. Este proceso se puede efectuar a través de distintas técnicas que entregan datos rígidos y cuantificables para los diversos problemas asociados a la acústica (Aislación, Absorción, Inteligibilidad, etc.).

Para efectos de esta medición, se recurre a la consultoría externa del arquitecto experto en mediciones acústicas de la Universidad de Chile, fundador y administrador general de consultorías y laboratorio Parma y Asociados, Leonardo Parma Salazar. Gracias a su aporte, se pudo efectuar la medición de la sala para su posterior decisión de diseño e intervención. Para registrar la reverberación de la sala y obtener así la absorción acústica de la misma, se usa un software en el celular. Esta aplicación es capaz de hacer un control del tiempo de reverberación que tiene la sala, es decir, hace una medición del tiempo que se demora un sonido en desaparecer desde que es emitido por la fuente emisora. Complementario a esta aplicación se usa un micrófono externo de alta sensibilidad (modelo Míc W i430) que asegura más fidelidad al momento de la medición.

Para que la obtención de datos sea correcta las mediciones se hacen siempre evaluando un mismo sonido (misma intensidad y frecuencia), desde una misma zona de emisión dentro del espacio a evaluar. Cuando la medición corresponde a grandes espacios como teatros, salas de cine, salas de audio, iglesias, etc; la emisión del sonido a evaluar se hace a través de una pistola a fuego, sin embargo para efectos de la medición de la sala G14, y por tratarse de un espacio reducido, se recurrió al uso de la explosión de un globo al reventar.

Para efectos de la medición, se cerraron las cortinas de la sala, debido a que las telas son un material absorbente y no pertenecen a la arquitectura misma de la sala.

Al efectuar evaluación se hacen distintas mediciones en diferentes puntos de la sala, a fin de poder evaluar cómo se comporta acústicamente en la totalidad de esta. Siempre manteniendo las condiciones anteriormente mencionadas de la fuente emisora.

El gráfico (Fig. 17) muestra el resultado final, correspondiente al promedio de todas las mediciones obtenidas durante la evaluación, dando como resultado  $T_{60} = 1,15$  seg. (1.5 segundos en decaer)

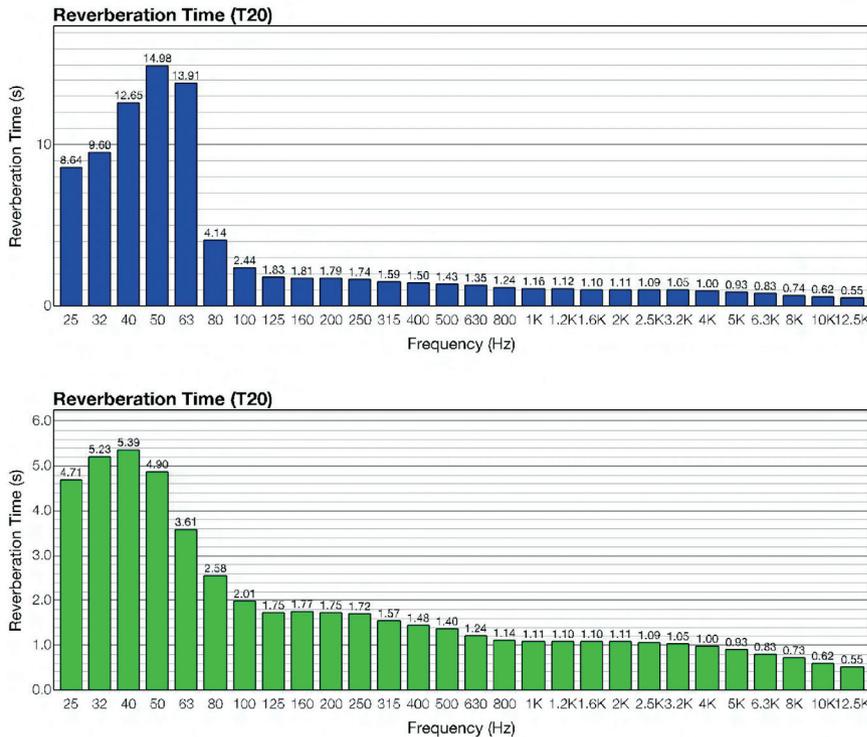


Fig 17: Grafico de tiempo de reverberacion correspondiente a medicion sala G14. Fuente: Aplicación movil (SPL Pro)

$$T_{60} = \frac{0,16 \cdot V}{A}$$

Fig 18: Expresión de Sabine. Fuente: Elavoración propia, a partir de datos de Diccionario Acústico

Para efectos de esta medición se utiliza la Expresión de Sabine (Fig. 18). Teniendo en cuenta que ya poseemos los datos:

$$T_{60} = 1,15 \text{ seg (tiempo de reverberación)}$$

$$V = 208 \text{ m}^3 \text{ (volumen de la sala)}$$

$$A = \text{Sabines}$$

Por lo Tanto:

$$T_{60} = (0,16 \times V) / A$$

$$1,15 = (0,16 \times 208) / A$$

$$A = 33,3 / 1,15$$

$$A = 29 \text{ (sabines)}$$

A partir de esta fórmula hemos obtenido la cantidad de sabines con los que cuenta actualmente la sala, en otras palabras la cantidad de absorción con la que cuenta la sala en estos momentos. A partir de estos resultados, según los datos entregados por Leonardo Parma, el tiempo de reverberación ideal para este tipo de espacio debería ser de:  $T_{60} = 0,7$  seg. Entonces:

$$T_{60} = (0,16 \times V) / A$$

$$A = (0,16 \times V) / T_{60}$$

$$A = (0,16 \times 208) / 0,7$$

$$A = 33,3 / 0,7$$

$$A = 47,5 \text{ (sabines)}$$

## 4.1.5 PROPUESTA DE REFERENCIA

Entonces de acuerdo a este cálculo la sala necesita 47.5 sabines de aislación para su correcta reverberación. Entonces se puede concluir que asumiendo que la sala ya contaba con 29 sabines le faltarían:  $47,5 - 29 = 18,5$  sabines para lograr la cifra correcta.

Ahora bien entendiendo que A también se define como:

$$A = \sum (s \times \alpha)$$

donde:

S: superficie del material ( $\text{m}^2$ )  
 $\alpha$ : Coeficiente de absorción del material /  
 Noise Reduction Coefficient (NRC)

Por lo tanto, de acuerdo a esta nueva definición se debe encontrar el material con las características adecuadas y la superficie que cubra la demanda de 18,5 sabines.

Para encontrar un material adecuado, hoy tenemos la posibilidad de recurrir a un sin número de herramientas que nos permiten encontrar materiales y soluciones constructivas para aplicar en nuestros proyectos; una de ellas es [www.catalogoacustico.com](http://www.catalogoacustico.com), esta página, administrada por el laboratorio de Parma y Asociados, cuenta con un catálogo de materiales y productos medidos y certificados por el mismo laboratorio, para todos los requerimientos constructivos y para todo tipo de solicitud acústica (absorción, aislación, electrodomésticos y herramientas).

Para efectos de esta propuesta se tomará como referencia la Placa Acústica de Yeso-Cartón Knauf de perforación circular aleatoria PLUS 8 / 15 / 20R, con un  $\alpha=0.5$  (Fig. 19)

Para efectos de esta propuesta se tomará como referencia la Placa Acústica de Yeso-Cartón Knauf de perforación circular aleatoria PLUS 8 / 15 / 20R, con un  $\alpha=0.5$  (Fig. 19)

Entonces para solucionar, el problema necesitamos (con esta placa) cubrir  $37 \text{ m}^2$  de material dispuesto en la sala. Cabe mencionar que la elección de este material no está solamente relacionado a sus propiedades acústicas, también gracias a un sentido estético ya que al tener perforaciones aleatorias los cortes pueden ser aleatorios.

DESCRIPCIÓN			
Cleaneo® Circular Aleatoria 8/15/20R			
BORDE	ESPESOR	ANCHO	LARGO
FF	12.5 mm	1.200 mm	2.000 mm
PESO	ABSORCIÓN ACÚSTICA		
9.3 Kg/m <sup>2</sup>	$\alpha_w = 0.50$		

Fig 19: Tabla de especificaciones Placa acústica Circular Aleatoria 8 / 15 / 20R Fuente: Catálogo Knauf

Entonces, aplicando la nueva formula:

$$A = \Sigma (s \times \alpha)$$

$$18,5 = s \times 0.5$$

$$s = 18,5 / 0,5$$

$$s = 37 \text{ m}^2$$

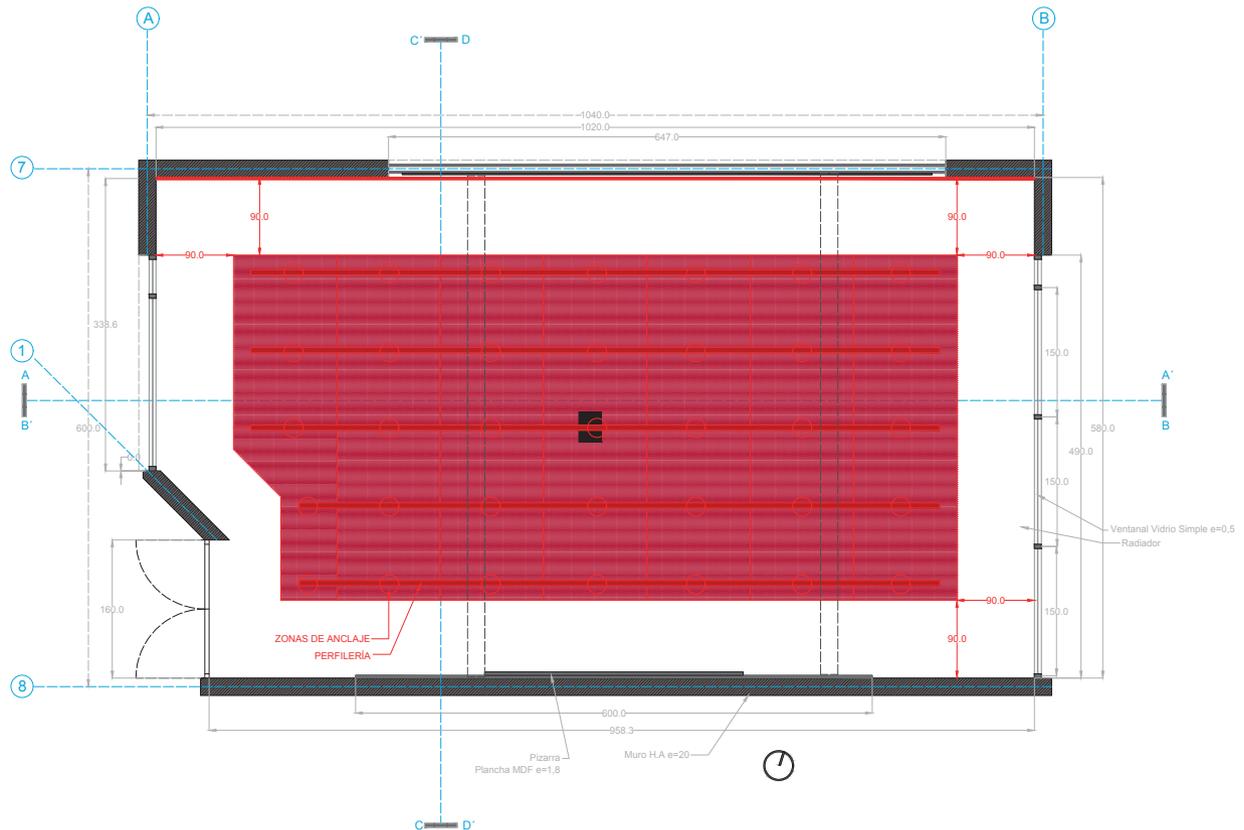
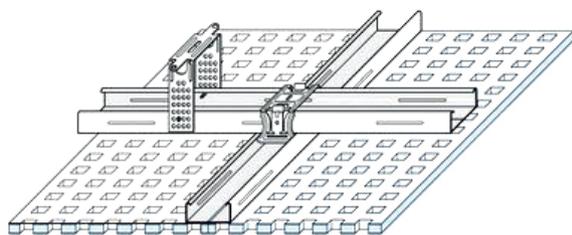


Fig 20: Planta sala G14, Bloque G propuesta. Fuente: Elaboración Propia, basado en mediciones in situ propias.

Fig 21: Representación Perfilera de sujeción KNAUF CD60. Fuente: Catálogo Knauf



Se propone en primera instancia usar las placas acústicas como pantalla de cielo, con la intención de tapar las vigas metálicas y todas las instalaciones que pasan por arriba. Para ello se propone una modulación de 7 x 2 placas, lo que hace un total de 14 planchas con un área total de 32,7 metros cuadrados., que están dispuestas en el centro de la sala, dejando perimetralmente un espacio libre de 90cm. (Fig 20)

En cuanto a la perfilera de sujeción, se utilizará el conjunto de PERFILES KNAUF CD60, hechos en acero galvanizado, y fabricados para la sujeción de techos aéreos. (Fig 21)

En cuanto a su posición en elevación, se propone situar el techo a 2,9 metros de altura (respecto al piso), de manera que cubra todo lo antes dicho, pero deje a la vista el proyector. (situado a 2,6 metros del piso) (Fig 22)

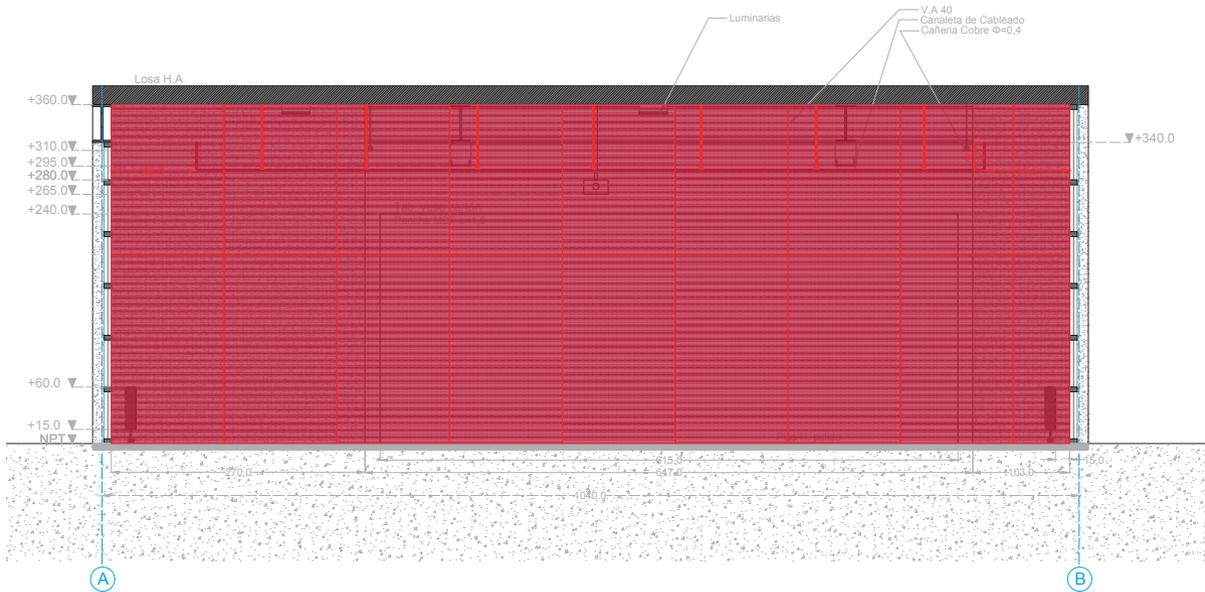


Fig 22: Corte A-A sala G14, Bloque G, propuesta. Fuente: Elaboración Propia, basado en mediciones in situ propias.

Puesto que con el cielo, solo hay 32 metros cuadrados, nos faltarían 5 para completar el mínimo requerido según los cálculos (37 m<sup>2</sup>). Para ello se propone situar placas en la cara Nor-Oeste correspondiente a la pared opuesta a la pizarra. (Fig 22). Todo esto puesto que esta cara recibe todo el impacto acústico, respecto de profesor emisor hacia los alumnos. Finalmente por decisión estética, la cara se reviste por completo, en pos de generar un gran muro acústico que reciba los sonidos generados desde el “frente” de la sala.

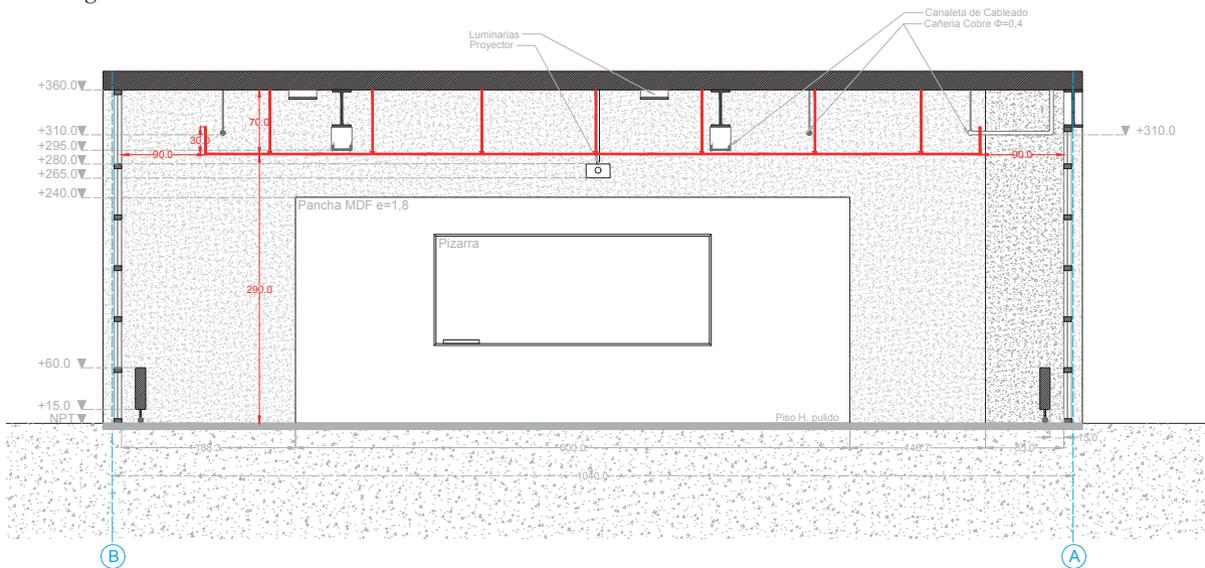


Fig 23: Corte B-B sala G14, Bloque G, propuesta. Fuente: Elaboración Propia, basado en mediciones in situ propias.

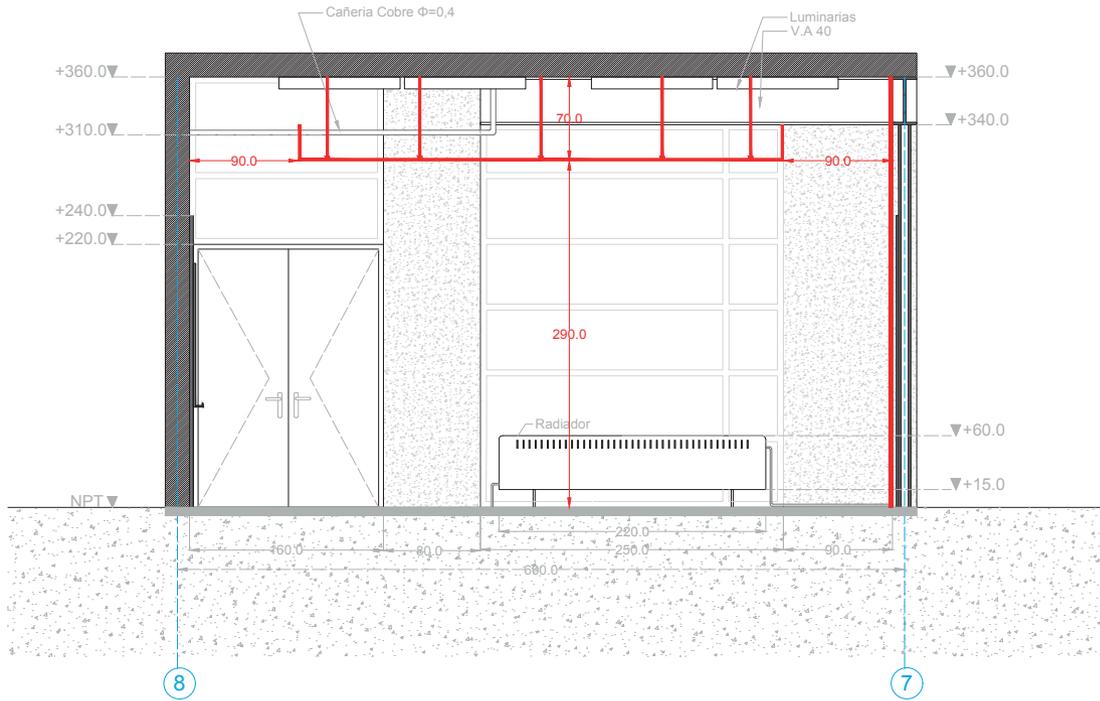


Fig 24: Corte C-C sala G14, Bloque G, propuesta. Fuente: Elaboración Propia, basado en mediciones in situ propias.

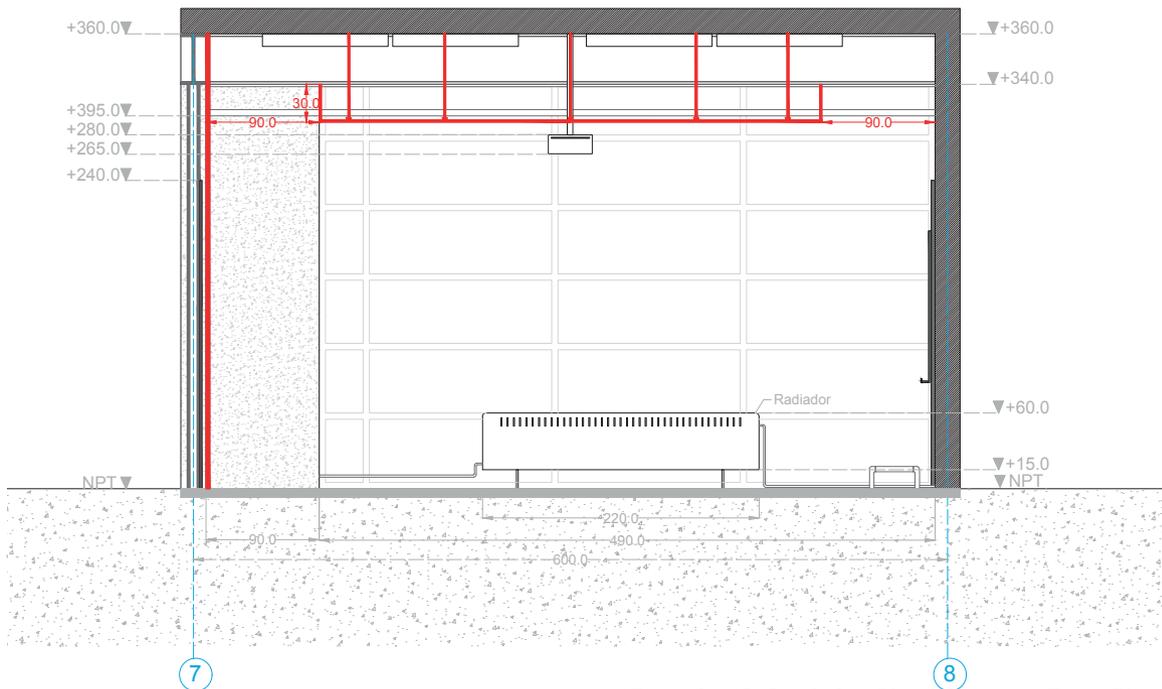


Fig 25: Corte D-D sala G14, Bloque G, propuesta. Fuente: Elaboración Propia, basado en mediciones in situ propias.







CAPÍTULO V  
**CONCLUSIÓN**

## 5.1 CONCLUSIÓN

Es interesante el camino que hay que abordar para lograr materializar un seminario, la posibilidad de ver las aristas que envuelven un tema de estudio específico, y especialmente la cantidad de campos del conocimiento también están involucrados en él.

La arquitectura, como disciplina artística, es una hermosa forma de aproximación a estas problemáticas, es una poderosa herramienta o arma que nos permite internarse, investigar, solucionar situaciones en un universo de áreas distintas.

El tema tratado y la información obtenida respecto a él, finalmente deja implícita la interrogante y la autocrítica sobre cómo estamos abordando hoy este problema, más importante aún, cómo lo abordaremos a futuro. No queda duda de la poca atención que ha recibido este tipo de problemáticas por parte del ámbito arquitectónico; esto queda claro al exponer los datos y las situaciones actuales con las que nuestro país está conviviendo en materia de confort acústico, con énfasis respecto al campo de la educación. Y claro, pese a contar con estos bajos índices, sabemos también que existen un grupo menor de Establecimientos Educativos en nuestro país, que sí cuentan con buenos estándares de acústica en sus espacios, correspondientes básicamente a aquellos instituciones del ámbito privado con mayores recursos, Sin embargo sigue siendo la minoría.

Personalmente no creo que las condiciones económicas sean la principal causa de no atender estos problemas en la mayoría de los casos, sin duda también hay otros factores que inciden directamente en cómo estamos proyectando, como el desconocimiento frente al área y la disposición de hacerlo frente a otras prioridades. En un problema de mucha importancia para la educación chilena, pero que irónicamente frente a otras problemáticas pasa muy silencioso.

La posibilidad de participar en este ejercicio, por supuesto fue una gran oportunidad de adentrarme más en el mundo de la acústica, un área que siempre me interesó y me encantaría seguir desarrollando. Sin duda es un área donde podemos aportar mucho desde nuestra posición como arquitectos y que tendrá un lugar más claro dentro de nuestro oficio.

## 5.2 BIBLIOGRAFÍA

Leon, A. (1998). La acústica de los teatros a través de la historia : Universidad de Coruña

García, A. (1988). La contaminación Acústica. : Universidad de Valencia

Education Departament. (2004). Building Bulletin 93: Acoustic design in schools. UK: Guidance.

Enrique Calderón Carmona. (13 de Julio de 2017). Ruido ocupacional: Efectos y estrategias de control en Chile. Universidad Técnica Federico Santa Maria.

Centro de Estudios. (2018). Anuario estadísticas de la educación. 2018, de MINEDUC Sitio web: [https://centroestudios.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/100/2018/12/ANUARIO-MINEDUC\\_VERSION-BAJA.pdf](https://centroestudios.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/100/2018/12/ANUARIO-MINEDUC_VERSION-BAJA.pdf)

Leonardo Parma. (2017). Catálogo Acústico. 2019, de PARMA Sitio web: <http://www.catalogoacustico.cl/>

MINSAL. (2005). Acústica Docente. 2019, de MINSAL Sitio web: <https://www.minsal.cl/>

Department for Education. (febrero 2015). En Acoustic design of schools: performance standards. Inglaterra.

Standards Secretariat Acoustical Society of America. (2010). American National Standard Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools. En ANSI/ASA S12.60. EEUU.



