

**“DISEÑO DE UN EDIFICIO DE VIVIENDA MINIMIZANDO LOS EFECTOS DE  
CONTAMINACION AUDITIVA EN EL BARRIO GRANADA DE LA CIUDAD DE CALI”**

**Caso: Sector Barrio Granada ciudad de Cali.**

**Arquitecto Andrés Adrián Sáenz Arango**

**Trabajo de investigación para proyecto de grado,  
maestría de hábitat y sustentabilidad.**

**Universidad Javeriana Cali**

**2024**

## I. CONTENIDO

I.	CONTENIDO .....	ii
II.	Resumen .....	iv
2.1.	Palabras Claves .....	iv
III.	Introducción.....	1
IV.	CAPITULO 1. ANTECEDENTES.....	2
4.1.	Historia barrio Granada.....	2
4.2.	Pregunta dinamizadora .....	5
4.3.	Objetivo general .....	5
4.4.	Objetivos específicos .....	5
4.5.	Hipotesis Proyectual .....	6
4.6.	Metodología .....	7
4.7.	Descripción del experimento.....	8
V.	CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR .....	10
5.1.	Localización del proyecto .....	10
5.2.	Caracterización del lugar – Origen de la contaminación.....	12
5.3.	Contaminación del ruido comuna 2 barrio Granada.....	13
5.4.	Información meteorológica Cali .....	17
5.5.	Marco legal .....	19

VI.	CAPITULO 3: SIMULACIONES .....	23
6.1.	Ensayos y resultados del sonido .....	23
6.2.	Ensayos y resultados de luz natural .....	28
6.3.	Estrategia de diseño .....	31
6.4.	Conclusiones .....	45
6.5.	Bibliografía .....	46

## **II. Resumen**

El proyecto titulado "Diseño de un edificio de vivienda minimizando los efectos de la contaminación auditiva en el barrio Granda de la ciudad de Cali" se enfoca en desarrollar una solución arquitectónica que mitigue los impactos negativos del ruido en una de las zonas más dinámicas y concurridas de la ciudad. Este estudio busca combinar estrategias de diseño sostenible, materiales acústicamente eficientes y disposición espacial adecuada para garantizar el confort de los habitantes y mejorar su calidad de vida. La investigación incluye un análisis de las fuentes sonoras de contaminación sonora a través de una metodología analítica comparativa deductiva, utilizando un prototipo a escala, se analizaron y compararon las pérdidas de transmisión del ruido e iluminación natural con diferentes porcentajes de barreras, los resultados muestran indicios que el tamaño de los espacios es el factor que más afecta el aislamiento acústico, iluminación y ventilación.

### **2.1. Palabras Claves**

Contaminación auditiva, vivienda barrio granada, confort acústico

### **III. Introducción**

A lo largo de la historia de la arquitectura, la necesidad de iluminar y ventilar espacios interiores llevó al desarrollo de dispositivos de fachada perforada utilizados en regiones cálidas y húmedas. Los vanos y vacíos son uno de los métodos de control solar, que a su vez permiten la libre circulación de la ventilación y el aprovechamiento de la luz natural.

Sin embargo, la exploración y desarrollo de muros construidos nos indican su comportamiento sobre las pérdidas de transmisión acústica, ya que la incidencia directa del ruido sobre el muro implica la implementación de materiales y geometrías que puedan reflejar el sonido y redirigir las ondas sonoras

A través del control de ruido aseguramos la salud, el bienestar y la convivencia de las personas en la vivienda. La OMS ha establecido que la exposición al ruido contribuye de forma directa a una serie de problemas de la salud entre los cuales están la alteración de ciclos de sueño, enfermedades cardiovasculares y pérdida auditiva entre muchas otras. Todo sonido que impida la convivencia y afecte la privacidad de los ocupantes de un inmueble puede ser considerado ruido, esto incluye algunos sonidos producto de situaciones ambientales como la lluvia o los truenos, música a excesivo volumen, tráfico vehicular, etcétera.

Teniendo en cuenta lo mencionado previamente este proyecto analiza la viabilidad de utilizar un diseño y material como aislamiento acústico con el fin de dar una solución a nivel de confort en las viviendas. Desarrollando la propuesta mediante la disposición de módulos conformando un aislamiento y de esta manera generar la reducción de la contaminación acústica y mejorar el nivel de confort en las viviendas.

#### **IV. CAPITULO 1. ANTECEDENTES**

##### **4.1.Historia del barrio Granada**

El barrio Granada, situado de la estatua de Bolívar hacia el norte, fue el primer barrio residencial de Cali, donde se levantarían las más suntuosas residencias de su época. La ciudad sólo llegaba hasta el Puente Ortiz y más allá no existía sino la casa de campo de Don Benito López (1890), dueño de toda la loma de las Tres Cruces y sus minas de carbón, la casa solariega de la familia Sarasti (en la actual Avenida Sexta Norte con Calle 13 Norte), la vivienda de Don Zenón Caicedo (donde actualmente existe el barrio Santa Mónica), quien tenía allí una fábrica de tejas y ladrillos y la modesta morada de don Epifanio García que explotaba unos chircales en el sitio donde más tarde se construyó el Club Colombia. (Calle 13 N con Calle 12 N – Avenida 8).

A finales del siglo pasado, llegó a Cali un rico caballero antioqueño de nombre Fidel Lalinde, quien adquirió todo el globo de terreno que va desde el Teatro Jorge Isaac hasta más allá del Teatro Calima, donde quedaba la casa quinta de la familia Sarasti. Años después, el empresario cineasta italiano Donato Di Domenico construyó un edificio de dos plantas, estilo renacentista que aún se yergue y que lleva el nombre de “MARICRUZ”. Lo demás, eran llanos y lomas hasta Arroyohondo y Yumbo, comunicado con Cali por un camino de herradura, que tenía el mismo trazado de la actual Avenida Sexta Norte.

El inmenso lote de don Fidel Lalinde, se llamaba irónicamente La Manguita de Don Fidel, donde tenía caballerizas, establos y caballos de fina raza. La primera casa que se construyó en la “MANGUITA” por Don Enrique Lalinde, en 1920, era una cerca de las ceibas actuales (Edificio de la Ceibas) por el Ingeniero español Don Jorge Sacasas; después el mismo ingeniero construyó la de Don José Misrachi, por la actual Avenida Cuarta Norte, en el resto de la Manguita de don

Fidel que quedaba entre la nueva casa de Don Enrique Lalinde y la familia Sagasti, construyeron sus mansiones Don Nazario Lalinde, las hermanas Elisa y Ormelinda Lalinde.

La construcción de estas casas dio origen a que otras personas abandonarían sus amplias residencias del centro de Cali, y se trasladarían al nuevo barrio que llamaron Granada. Frente a la casa de los Lalinde construyeron sus mansiones Don Emiliano Otero (1925) que era la más rumbosa y bella del entorno, esta mansión fue luego de la familia Daccach, hoy en día es el Palacio Rosa, luego, la casa de Don Salmón Vélez “Villa Felisa”, hasta hace unos pocos años sede de la USACA, (Calle 12 N # 4 -57) después la casa de la familia Ochoa (Calle 12 # 4 – 67) hoy casa de la familia Vernaza Ochoa.

En lo que hoy es la esquina de la Avenida 8N y Avenida 4N, está el castillo de don Hernando Carvajal, construido por el arquitecto español Aquilo, después de la casa de don Víctor Moncalenao. Sigue el castillo de Don Ciro Molina Garcés, construido en 1930 por el arquitecto español Aquilo, y hacia la esquina la pequeña quinta de Gustavo Lotero (Avenida 4N con Calle 10) frente a esta la famosa “CASA DE LOS LEONES”, construida por Don Juan Pablo Lalinde, todos los materiales para su construcción fueron importados. Seguía un lote de propiedad de Emiliano Calero donde estaba la PLAZA DE TOROS construida en 1.930, hoy día lote de propiedad de Univalle, luego la casa de los Otero (Palacio Rosa).

El barrio Granada se fue desarrollando a lo largo de la Avenida Sexta, de la Calle 13 norte con las casas de Gilberto Garrido, la casa de Alvaro Lloreda (Avenida 9 # 13-76) Julio Racines Villaveces (Colombo Americano) casa de la familia Molina Castro (Avenida 9 Calle 13 Norte).

En 1925 el primer barrio residencial de Cali estaba muy avanzado y en 1.929 se construyó el Club Colombia y se comenzó a desarrollar el barrio Juanambú en la parte más alta.

Granada se erigió en barrio según Acuerdo No. 49 del 28 de agosto de 1965 y tiene por código único 0207.

Teniendo en cuenta la gentrificación que tiene el barrio Granada, y por lo cual fue construido, este proyecto lo que pretende es que este barrio siga siendo un barrio residencial, adhiriéndose a las condiciones actuales, ya que el problema más grande para que esto suceda es la contaminación auditiva, se estudiara y propondrá, una alternativa para que las viviendas en este sector se vuelvan atractivas, mitigando la contaminación auditiva.

#### **4.2.Pregunta dinamizadora**

¿Cómo minimizar los efectos de contaminación auditiva y proporcionar un ambiente tranquilo y confortable de un edificio de vivienda en el barrio granada de la ciudad de Cali?

#### **4.3.Objetivo general**

Diseñar un edificio de vivienda en el que se minimice los efectos de contaminación auditiva proporcionando un ambiente confortable en el barrio granada de la ciudad de Cali.

#### **4.4.Objetivos específicos**

- 1- Plantear el primer piso elevado 1.50m para mitigar el sonido vial.
- 2- Diseñar fachadas con diseños y materiales que sirvan para controlar la acústica interior y el ruido exterior.
- 3- Bajar los decibeles que presenta actualmente el sector, a los niveles de confort.

#### 4.5.Hipótesis Proyectual

Para minimizar los efectos de la contaminación auditiva y proporcionar un ambiente tranquilo y confortable en un edificio de vivienda en el Barrio Granada de la ciudad de Cali, se formula la siguiente hipótesis considerando la Triada de Vitruvio. Esta triada, propuesta por el arquitecto romano Vitrubio, se centra en tres aspectos fundamentales para el diseño y la construcción:

**1. Firmitas (Firmeza):** La estructura del edificio debe ser sólida y resistente. Para reducir la contaminación auditiva, aplicaré lo siguiente:

**Aislamiento acústico:** Utilizaré materiales de construcción que minimicen la transmisión del sonido entre unidades vecinas. Esto incluye ventanas de doble acristalamiento, puertas selladas y paredes con aislamiento acústico.

**Diseño estructural:** Evitaré la propagación de vibraciones y ruido a través de elementos como vigas, columnas y pantallas, diseñando estructuras que absorban o disipen el sonido.

**2. Utilitas (Utilidad):** El edificio debe ser funcional y satisfacer las necesidades de sus ocupantes. Para lograr un ambiente tranquilo y confortable:

**Diseño inteligente:** Distribuiré áreas sensibles al ruido (como dormitorios) lejos de fuentes de ruido externas (calles con tráfico, bares, etc.).

**Espacios comunes:** Diseñaré áreas comunes (como patios internos + jardines + zona coworking + zona coliving + parqueaderos) que actúen como barreras contra el ruido exterior.

**3. Venustas (Belleza):** El edificio debe ser estéticamente agradable. Para lograr un ambiente confortable y atractivo:

**Diseño interior:** Utilizaré materiales y colores que absorban o reflejen el sonido de manera agradable. Alfombras, cortinas gruesas y paneles acústicos.

**Espacios verdes:** Introduciré vegetación en patios internos, áreas comunes, balcones y cubiertas para reducir el ruido y mejorar la calidad visual.

#### 4.6. Metodología

Utilizando un enfoque de análisis comparativo deductivo, se evaluaron módulos en diferentes disposiciones en un prototipo.

Para las evaluaciones de las pérdidas de transmisión acústica, se utilizó un prototipo en madera a escala (figura 1), un sonómetro App << Decibel x >> (figura 2) y un altavoz << bafle HP Bluetooth speaker 360>> (figura 3), lo que permitió evaluar el valor en dBA de reducción de la presión sonora en un espacio receptor separado por unos tabiques en Yumbolon << Espuma de polietileno expandido>> Posteriormente, los datos fueron tabulados y analizados.



**Figura 1: Prototipo**



**Figura 2: App sonómetro**



**Figura 3: HP speaker**

#### 4.7. Descripción del experimento:

El altavoz se ubica en frente del prototipo, en medio de estos es ubicado el sonómetro para medir los decibeles iniciales, luego se revisa los decibeles al otro extremo del prototipo, retirando uno a uno los módulos de polietileno, analizando y archivando los datos de los decibeles finales. **Figura 4**



**Figura 4:** Descripción del experimento

Para las evaluaciones de iluminación natural, se utilizó un prototipo en madera a escala, una App << Medidor de luz>> (figura 5) lo que permitió evaluar el valor en LUX en un espacio receptor separado por unos tabiques en Yumbolon << Espuma de polietileno expandido>> Posteriormente, los datos fueron tabulados y analizados.



**Figura 5:** Prototipo



**Figura 6:** App luxómetro

**Descripción del experimento:**

El prototipo se ubica en una zona al exterior, en medio de este es ubicado el Luxómetro para medir los lux iniciales, luego se revisa los lux internos del prototipo, retirando uno a uno los módulos de polietileno, analizando y archivando los datos de los Luxes finales. **Figura 7**



## V. CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR

### 5.1. Localización del proyecto

El lote se encuentra ubicado en la ciudad de Cali, al oeste en el barrio Granada, este lote está localizado en la esquina de la Avenida 9ª A Norte con la calle 15ª Norte, de forma regular, cuenta las siguientes dimensiones: 12 metros en su fachada Norte, 20 metros en su fachada Este, 12 metros en su fachada Sur y 20 metros en su fachada Oeste, con un área total de 240 m<sup>2</sup>.



Figura 8 – Localización



**Figura 9 – Localización**

El barrio Granada en Cali es conocido por ser un área comercial y de entretenimiento en la ciudad. Ubicado en el oeste de Cali, es famoso por sus restaurantes, bares, cafés, boutiques y galerías de arte. Es un destino popular para aquellos que buscan disfrutar de la vida nocturna de la ciudad, así como para quienes desean explorar opciones gastronómicas variadas y experiencias culturales. Granada también cuenta con una arquitectura interesante, con edificios que datan de diferentes épocas y estilos. Es un lugar vibrante que atrae a residentes y turistas por igual, Aunque por todo esto tiene una acústica negativa y problemas de ruido para sus habitantes.

## 5.2 Características del lugar – Origen de la contaminación por ruido

**Actividades recreativas:** propio de áreas urbanas, las fuentes más problemáticas se ubican próximas a lugares de ocio nocturno como bares y discotecas.

**Vecindario:** las actividades producidas a diario por las comunidades de vecinos: perros, equipos e instrumentos de música, voces, etc.

Dado el mal uso que se le da a las áreas de actividad clasificada en el POT, los niveles de ruido superan lo estipulado por la norma. Esto se debe principalmente a que se mezclan sectores residencial, mixto y comercial.

Las comunas de mayor actividad comercial, como la comuna 2, 3, 10,17, 19, se encuentran con niveles de ruido por encima de lo permitido. Pese a que estas comunas cuentan en la actualidad con uso residencial, han sido abordadas por el comercio. En vías principales y colectoras, en horas pico, el parque automotor genera un aporte negativo al impacto por ruido. Esto se debe a la escasez de vías alternas.

En general, el Municipio de Santiago de Cali se cuantifica con porcentajes por encima de los niveles permisibles mencionados en la norma.



**Figura 9 – Población expuesta al ruido ciudad de Cali**

### 5.3 Características del lugar –Contaminación del ruido Comuna 2 barrio Granada

El barrio Granada está en la categoría Sector B. Tranquilidad y ruido moderado, ya que es una zona residencial, donde los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB. Día 65 - Noche 50, Ver figura 10

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	50
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Tabla 1. Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles dB(A)

Figura 10 – Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles dB

La comuna 2, donde se localiza el barrio Granada, se encuentra con niveles de ruido por encima de lo permitido, cuenta con un LAeq << Nivel Sonoro Continuo Equivalente Ponderado >> de 70.05 dB

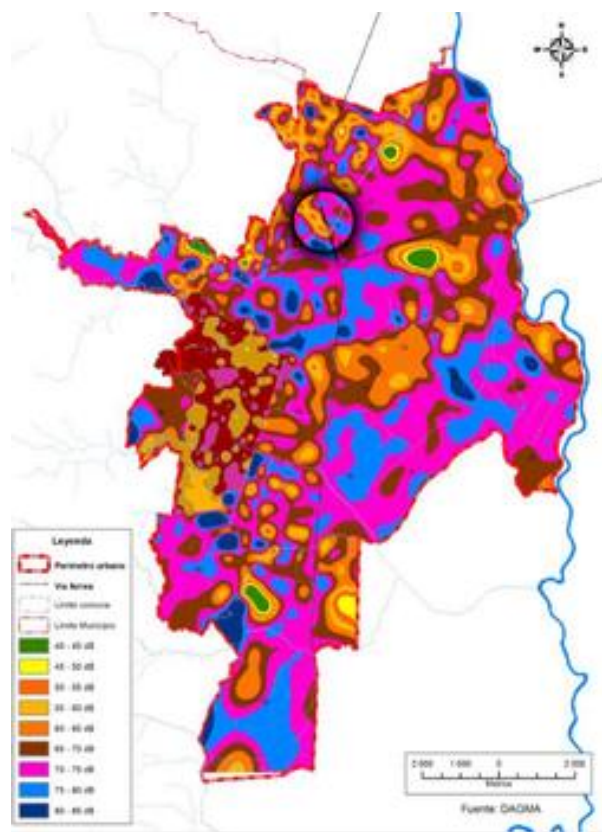


Figura 11 Mapa de ruido

Comuna 2:

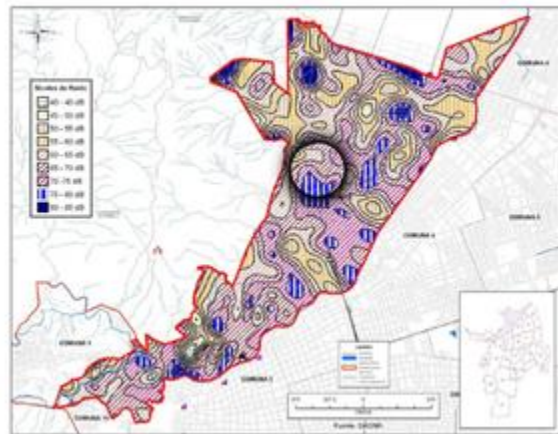


Figura 12 mapa de ruido

18. GRANADA								
n	POINT X	POINT Y	Norte	Oeste	Sur	Este	Vertical	Total LAeq
204	110917,834	111747,727	64,80	64,20	65,80	65,50	66,30	65,50
205	111046,501	111627,101	63,90	61,40	63,10	65,30	62,10	63,40
206	111137,64	111651,226	71,40	71,90	73,10	71,60	73,70	72,40
207	11127,668	111503,795	64,50	65,30	63,40	68,00	65,30	65,10
208	111417,738	111393,892	70,10	71,30	69,90	72,10	70,30	70,90
209	111529,002	111238,419	72,10	72,10	70,50	70,90	74,30	72,20
210	111378,891	111200,892	68,90	70,00	69,80	68,90	76,30	72,20
211	111322,599	111305,434	60,10	61,30	59,10	62,30	61,20	60,90
212	111210,015	111426,059	66,70	65,70	67,10	65,20	69,10	67,00
213	111185,723	111400,434	74,50	70,70	70,00	77,00	70,70	70,60
214	110963,403	111554,726	63,40	64,10	69,20	63,30	61,10	65,20
215	111025,056	111487,712	59,60	61,00	58,50	62,20	61,30	60,70
216	111143,001	111345,642	75,10	71,00	70,70	72,20	64,50	71,80
217	111268,987	111136,558	70,60	64,50	71,60	70,50	71,40	70,30
218	111164,445	111208,933	66,30	64,50	65,30	67,90	68,50	66,80
219	111006,292	111321,517	66,00	65,00	64,20	63,80	67,10	65,40
220	110754,319	111471,628	69,30	68,30	69,80	68,90	72,10	69,90
221	110834,736	111359,045	72,10	72,20	73,10	68,60	72,70	72,00
222	111035,778	111184,808	62,80	64,60	67,10	60,40	70,10	66,30
LAeqPromedio								70,05
Sector "B" - Area de Actividad: Residencial								65

Figura 13 LAeq promedio barrio Granada

La comuna 2 está catalogada como la comuna más generadora de solicitudes por ruido entre los años 2016-2017-2019 con un total de 397 solicitudes, seguida por la comuna 3 con un total de 218 solicitudes. (Ver figura 14)

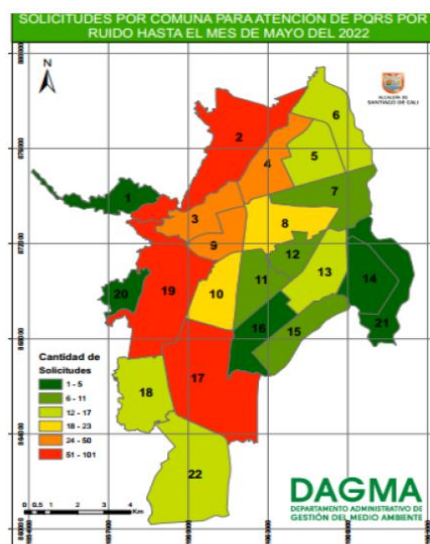


TABLA 7 COMUNAS MÁS GENERADORAS DE SOLICITUDES POR RUIDO 2016, 2017, 2019

Registro de solicitudes por comuna	2016	2017	2019	Total
Comuna 2	176	146	75	397
Comuna 3	103	61	54	218
Comuna 10	71	58	52	181
Comuna 17	116	122	60	298
Comuna 19	130	113	89	332
Otras Comunas (7, 18)	89	58	51	198
Sumatoria comunas mayor registro	685	559	381	1.625
Total solicitudes por ruido	1.298	960	620	2.878
Porcentaje	53%	58%	61%	56%

Fuente: Datos suministrados por DAGMA. Cálculos propios.

**Figura 14** Solicitudes por comunas PQR. Por ruido

El barrio Granada está catalogada como el barrio de la comuna 2 más generadora de solicitudes por ruido entre los años 2016-2017-2019 con un total de 66 solicitudes, seguida por el barrio San Vicente con un total de 63 solicitudes.

Igualmente, la comuna 2 está entre las zonas más atendidas por el personal técnico del Grupo de la Calidad del Aire y Acústico Ambiental << GGCAA >> hasta el mes de mayo.

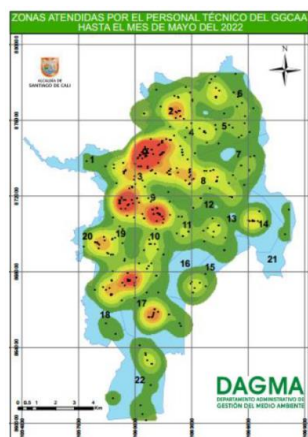


TABLA B BARRIOS MÁS GENERADORES DE SOLICITUDES POR RUIDO 2016, 2017, 2019

No.	Barrio	2016	2017	2019	Total	%
1	Granada	26	29	11	66	12%
2	San Vicente	29	20	14	63	12%
3	San Pedro	22	17	14	53	10%
4	San Fernando	16	12	24	52	10%
5	Siete de Agosto	49			49	9%
6	Cristóbal Colón	14	15	16	45	8%
7	El Gran Limonar	21	20		41	8%
8	El Ingenio	14	12	13	39	7%
9	El Peñón	27		11	38	7%
10	Parcelación Pance		20	11	31	6%
11	Juanambú	14	14		28	5%
12	El Troncal			25	25	5%
<b>Total</b>		<b>349</b>	<b>260</b>	<b>192</b>	<b>530</b>	<b>100%</b>

Fuente: Datos suministrados por DAGMA. Cálculos propios.

Figura 15 Zonas atendidas por personal técnico GGCAA

## 5.4 Características del lugar – Información meteorológica Cali

Utilizando el archivo EPW de Cali (COL\_VAC\_Cali-Aragon.Intl.AP.802590\_TMYx.2009-2023.epw) y la herramienta CBE clima (<https://clima.cbe.berkeley.edu/>) se obtuvo la siguiente información meteorológica:

### Ubicación: Cali-Aragon.Intl.AP, COL

Longitud: -76.382

Latitud: 3.543

Altitud sobre el nivel del mar: 963,8 m

Este archivo se basa en datos recopilados entre 2009 y 2023.

Zona climática de Köppen-Geiger: Af. Selva tropical.

Temperatura media anual: 23,2 °C

Temperatura anual más alta (99%): 31,0 °C

Temperatura más fría del año (1%): 16,7 °C

Radiación solar horizontal acumulada anual: 1579,96 kWh/ m<sup>2</sup>

Porcentaje de radiación solar horizontal difusa: 48,2 %

## Temperatura – figura 16

Gráfico anual <sup>Ⓜ</sup>

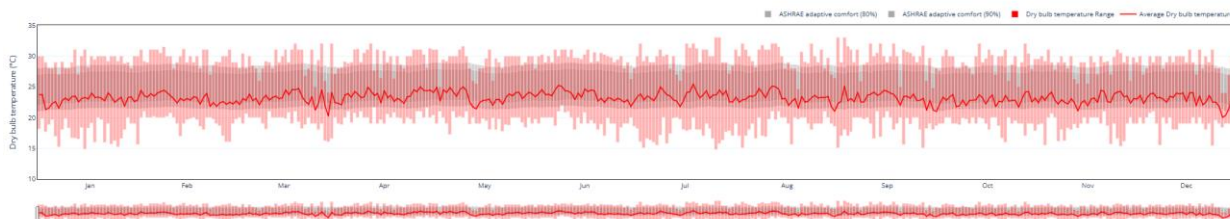
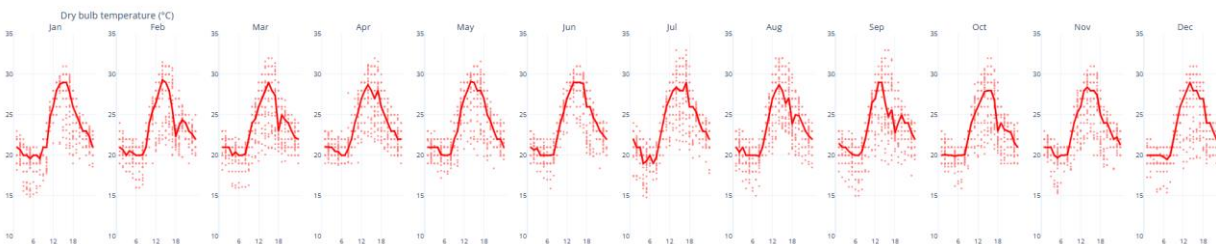


Gráfico diario <sup>Ⓜ</sup>



Estadísticas descriptivas <sup>Ⓜ</sup>

mes	media (°C)	estándar (°C)	mín (°C)	1 % (°C)	25 % (°C)	50% (°C)	75 % (°C)	99 % (°C)	máx. (°C)
Ene	22,92	3,55	14,9	15,74	20	22	25,92	30	31
Feb	23,13	3,28	16	17	21	22,2	25	31	31,5
Mar	23,06	3,2	16	16,54	21	22	25	31	32
Abr	23,58	3,2	18,8	19	21	22,9	26	31	32
May	23,44	3,35	17,2	18,4	21	22,2	26	30,83	31,6
Jun	23,62	3,4	15,9	18	21	23	26,35	30,44	31
Jul	23,54	3,67	14,8	16,13	21	23	26	31,07	33
Ago	23,23	3,46	15	16,89	20,58	22,8	25,72	31,46	32
Sep	23,19	3,38	15	16,64	21	22,7	25	31,06	33
Oct	22,8	3,29	15,9	18	20	22	25	30,46	32
Nov	22,98	3,23	15,3	16,42	20,6	22	25	30	31
Dic	22,83	3,41	15,4	16,96	20	22	25	30	31
Año	23,19	3,38	14,8	16,7	20,7	22,2	25,6	31	33

## Humedad relativa –

La ciudad de Cali cuenta con una humedad relativa promedio anual de 82.24% con una mínima de 45% y una máxima de 100%. **Ver figura 17**

Gráfico anual <sup>□</sup>

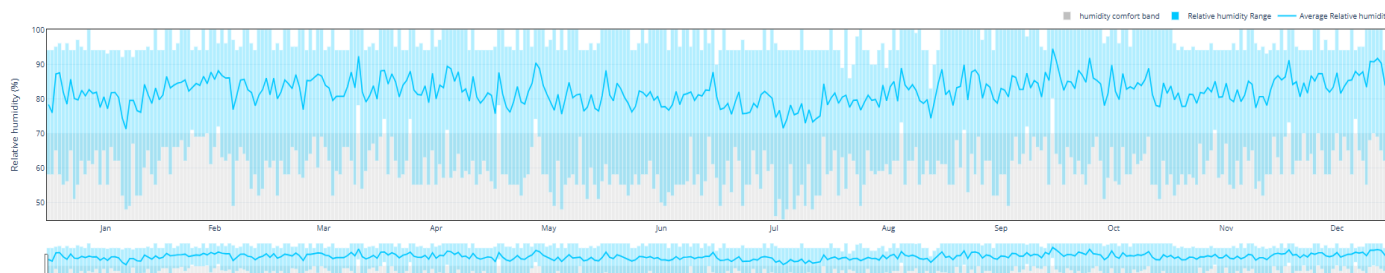
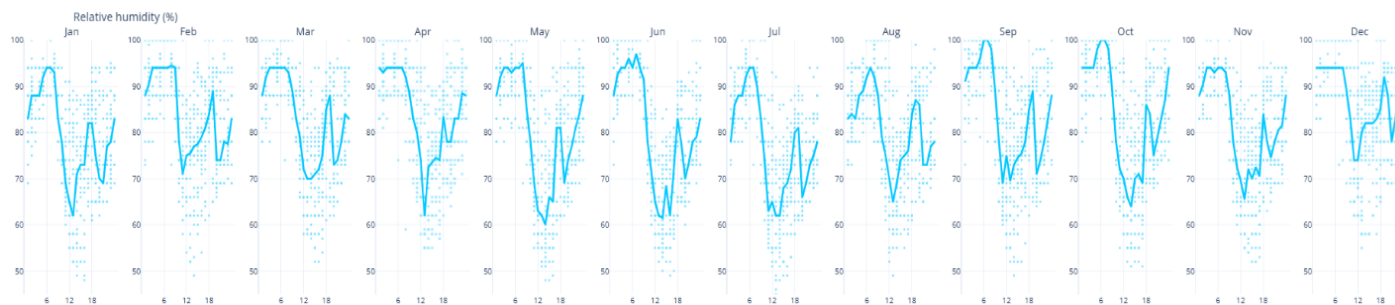


Gráfico diario <sup>□</sup>



Estadísticas descriptivas <sup>⊙</sup>

mes	significar (%)	estándar (%)	mín (%)	1% (%)	25% (%)	50% (%)	75% (%)	99% (%)	máx (%)
Ene	80.24	11.12	48	52	72	83	88	95	100
Feb	83.9	10.63	49	57.13	76	85	94	100	100
Mar	83.43	11.18	52	57.43	75	87	94	100	100
Abr	83.83	11.35	55	57	75	88	94	100	100
Puede	80.68	12.96	48	52	70	83	94	100	100
Jun	80.87	13.7	49	54	70	83	94	100	100
Jul	77.38	11.9	45	49.86	69	78	88	97.57	100
Ago	80.98	10.2	49	58	74	83	88	100	100
Sep	83.99	12.16	49	55	75	86.5	94	100	100
Oct	84.31	13.05	51	55	74	88	94	100	100
Nov	81.47	11.25	52	55	74	83	92	96	100
Dic	86.02	9.98	55	58	80	88	94	100	100
Año	82.24	11.9	45	55	74	83	94	100	100

**Figura 17**

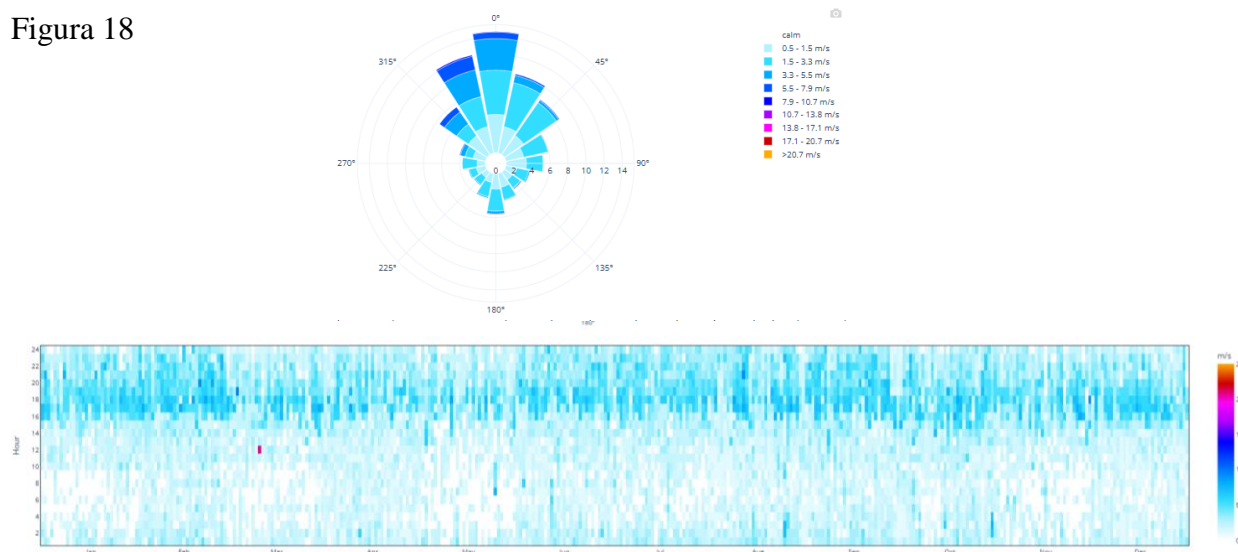
## Vientos Cali

### Vientos:

La ciudad de Cali cuenta con unos vientos anúales entre 0.5 m/s y 10.7m /S.

### Ver figura 18

Figura 18



## 5.5 Características del lugar – Marco Legal

El ruido en la actualidad se ha convertido en un problema no solo ambiental sino un problema a la afectación de la salud humana. Por tal razón los entes encargados de este agente, se ven más a la preocupación a diario de realizar y ejecutar normas que sean aplicables al control y seguimiento para prevenir cualquier tipo de impacto negativo al medio ambiente y a la salud. A continuación, se presenta un resumen de la historia de las normas con relación a este tema:

### **Constitución política 1991**

Rescata temas relacionados con la protección del medio ambiente y el derecho de la comunidad de gozar de un ambiente sano. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

### **Decreto ley 2811 – 1974**

Según el artículo 9, los recursos naturales y demás elementos ambientales deben ser utilizados en forma eficiente, para lograr su máximo aprovechamiento con arreglo al interés general de la comunidad y de acuerdo con los principios y objetos que orientan este código. Además, en sus artículos 3, 8, 33 y 75 establece al ruido como un aspecto a reglamentar, así como se plantean las condiciones y requisitos necesarios para preservar y mantener la

salud y tranquilidad de las personas, mediante el control de ruido, originado en actividades industriales, comerciales, domésticas, deportivas, de esparcimiento, de vehículos de transporte, o de otras actividades análogas.

### **Ley 99 de 1993**

Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones en materia ambiental.

**Decreto 948 – 1945**

Se tienen en cuenta los Capítulos I “Contenido, objeto y definiciones”, II “Disposiciones generales sobre normas de calidad del aire, niveles de contaminación, emisiones contaminantes y de ruido” y V “De la generación y emisión de ruido”.

**Resolución 0627 – 2006**

En esta se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental, así como los estándares para equipos de medida, las mediciones y los mapas de ruido.

**Artículo 22**

Obligatoriedad de la realización de mapas de ruido. Corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales, las de Desarrollo Sostenible y las Autoridades Ambientales a que se refiere el artículo

66 de la Ley 99 de 1993, y el artículo 13 de la Ley 768 de 2002, elaborar, revisar y actualizar en los municipios de su jurisdicción con poblaciones mayores de cien mil (100.000) habitantes, mapas de ruido ambiental para aquellas áreas que sean consideradas como prioritarias. En cada uno de estos municipios, la elaboración del primer estudio y sus respectivos mapas de ruido se deben efectuar en un período máximo de cuatro (4) años, contados a partir

de la entrada en vigencia de la presente resolución. Los estudios y mapas de ruido de los municipios mayores de cien mil (100.000)

habitantes se deben revisar y actualizar periódicamente cada cuatro (4) años.

**Resolución 8321 – 1983 del Ministerio de Salud**

Por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos.

**La Ley 1801 – 2016 - Congreso de Colombia**

Por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos.

**Decreto 530 de 2014 Alcaldía de Santiago de Cali**

**El Plan de Gestión Ambiental de Cali 2019 (PGAC).**

**El Plan de Desarrollo 2020-2023 “Cali unida por la vida”**

## VI. CAPÍTULO 3: SIMULACIONES

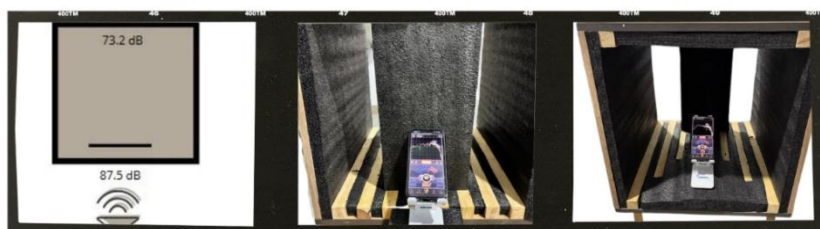
### 6.1. Ensayos y resultados del sonido

A continuación, se muestran los resultados de los diferentes ensayos realizados con el prototipo con barrera frontales, donde la resultante de disminución de decibeles es óptima, pero con muy poca iluminación y ventilación.

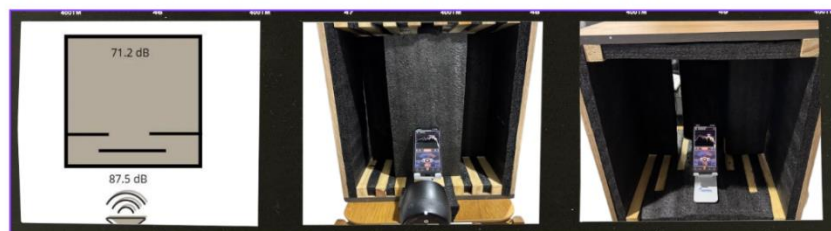
BARRERA: 0%    RUIDO INICIAL: 87.5 dB    RUIDO FINAL : 85 dB



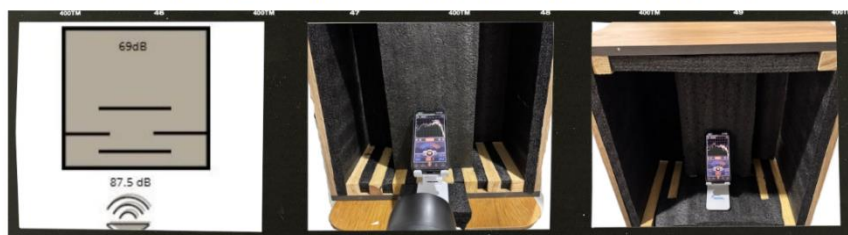
BARRERA: 26%    RUIDO INICIAL: 87.5 dB    RUIDO FINAL : 73.2 dB



BARRERA: 66%    RUIDO INICIAL: 87.5 dB    RUIDO FINAL : 71.2 dB



BARRERA: 92%    RUIDO INICIAL: 87.5 dB    RUIDO FINAL : 69 dB

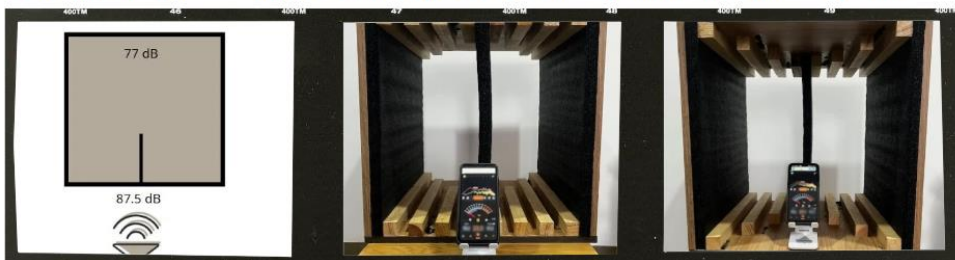


A continuación, se muestran los resultados de los diferentes ensayos realizados con el prototipo con barrera lateral, Ruido inicial 87.5dB, se realizan diferentes pruebas así:

BARRERA: 0%      RUIDO INICIAL: 87.5 dB      RUIDO FINAL : 85 dB



BARRERA: 5%      RUIDO INICIAL: 87.5 dB      RUIDO FINAL : 77 dB



BARRERA: 15%      RUIDO INICIAL: 87.5 dB      RUIDO FINAL : 74.5 dB



BARRERA: 25%      RUIDO INICIAL: 87.5 dB      RUIDO FINAL : 73 dB



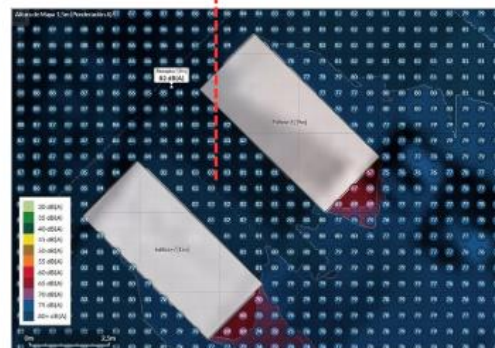
BARRERA: 35% RUIDO INICIAL: 87.5 dB RUIDO FINAL : 72 dB



Se utiliza la App dBmap.net, para verificar el cambio de decibeles en el volumen propuesto.

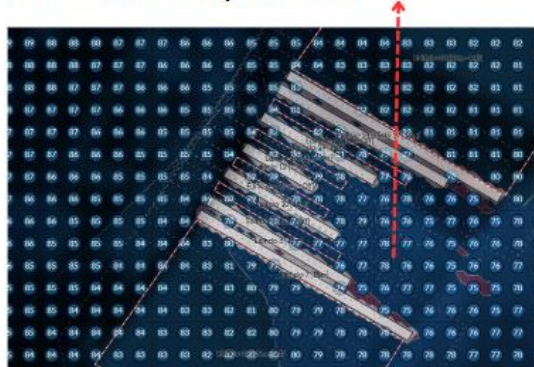
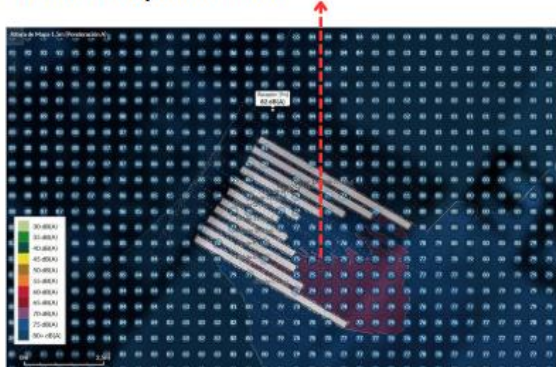
Se utilizan fuentes de sonido vehicular, las cuales emiten entre 82 - 89 dB, donde a la fachada llegan 82 - 83 dB

Sin las barreras se muestra que el sonido pasa con poca disminución.



Con 35% de barreras baja el ruido, pero con poca iluminación y ventilación.

Con 25% de barreras baja el ruido, pero con buena iluminación y ventilación.



A continuación, se muestran los resultados de los diferentes ensayos realizados con el prototipo con barrera lateral, Ruido inicial 70.3dB, se realizan diferentes pruebas así:

BARRERA: 0%      RUIDO INICIAL: 70.3 dB      RUIDO FINAL : 59.9 dB



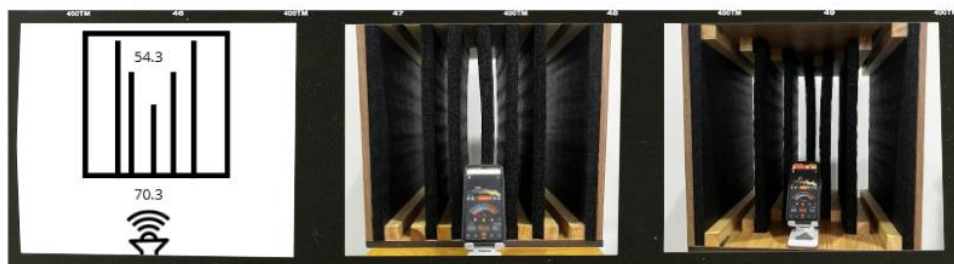
BARRERA: 5%      RUIDO INICIAL: 70.3 dB      RUIDO FINAL : 58.8dB



BARRERA: 15%      RUIDO INICIAL: 70.3 dB      RUIDO FINAL : 56.1dB



BARRERA: 25%      RUIDO INICIAL: 70.3 dB      RUIDO FINAL : 54.3 dB



BARRERA: 35%      RUIDO INICIAL: 70.3 dB      RUIDO FINAL : 53.8dB



BARRERA: 15%      RUIDO INICIAL: 70.3 dB      RUIDO FINAL : 56.1dB



## 6.2 Ensayos y resultados de la luz natural

A continuación, se muestran los resultados de los diferentes ensayos realizados con el prototipo, se realizan diferentes pruebas así:

BARRERA: 0%

LUX: 2349



BARRERA: 5%

LUX: 1866



BARRERA: 15%

LUX: 819



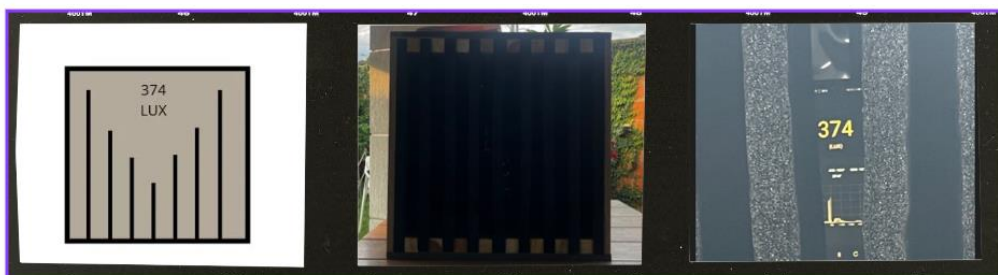
BARRERA: 25%

LUX: 395



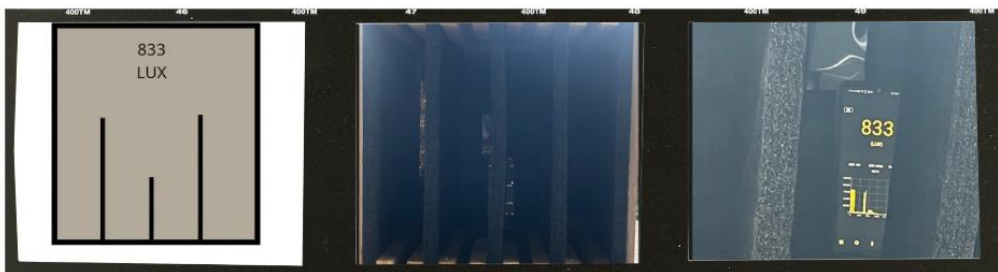
BARRERA: 35%

LUX: 374



BARRERA: 15%

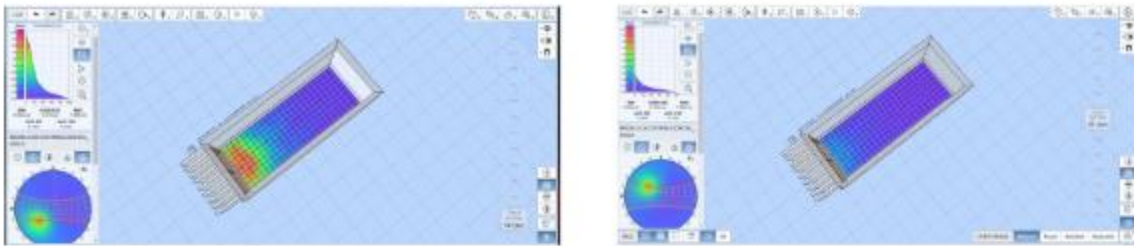
LUX: 833



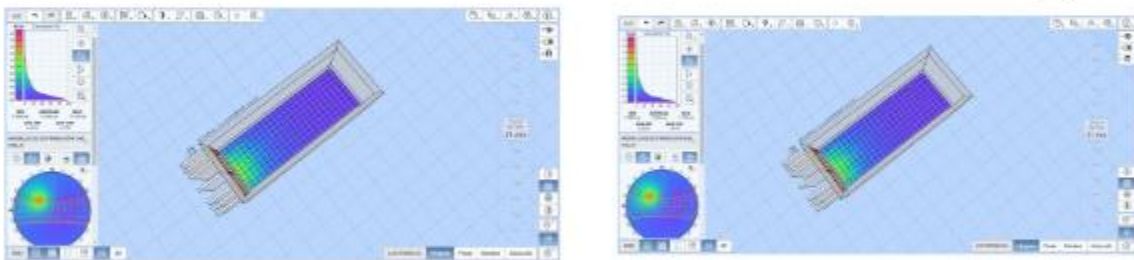
Como se muestra en la gráfica, se ve que con una barrera de al 15% tenemos 833 lux, el cual es el óptimo para este espacio.

Se utiliza el programa Andrew marsh (<https://andrewmarsh.com/software/>) analizando la iluminación natural en los meses de Diciembre y Junio, con diferentes porcentajes de barreras, como resultado, se encuentra optima iluminación natural las barreras al 15%.

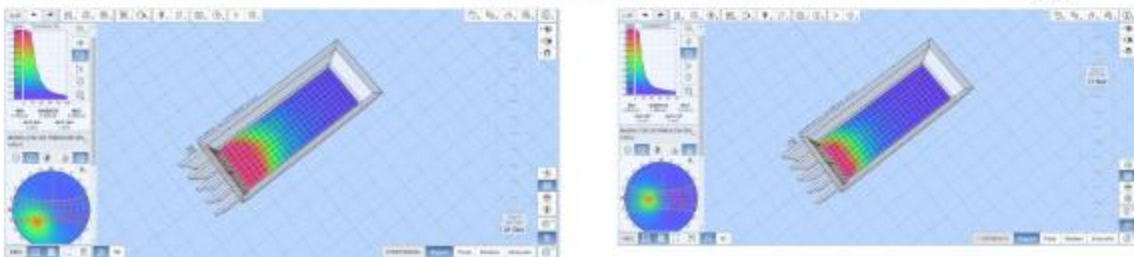
### Iluminación natural 35% de barrera en los meses de diciembre y junio



### Iluminación natural 25% de barrera en los meses de diciembre y junio



### Iluminación natural 15% de barrera en los meses de diciembre y junio



### 6.3 Estrategia de diseño 1 para minimizar la contaminación auditiva.

Por los resultados obtenidos en las simulaciones de sonido e iluminación, se determina que con un 15% de barrera y 87.5 dB iniciales, se obtienen disminución de dB (-13dB) Fig 1– y con un 15% de barrera y 70.3 dB iniciales, se obtienen disminución de dB (-14.2dB) Fig. 2 buena iluminación (833 lux) y ventilación para el edificio. Esta configuración será la base para nuestro diseño.

Figura 1

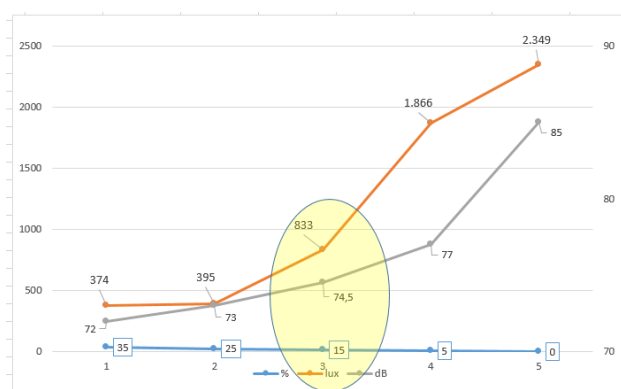
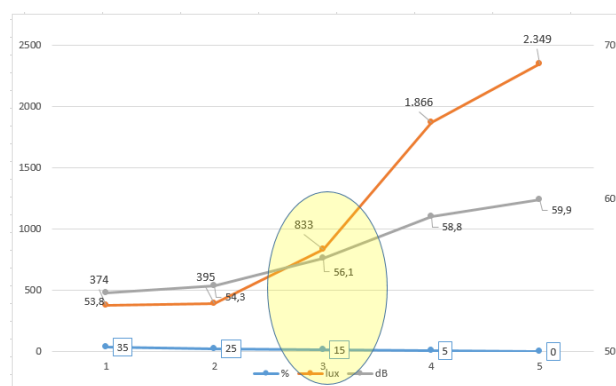


figura 2



BARRERA: 15% RUIDO INICIAL: 87.5 dB RUIDO FINAL : 74.5 dB



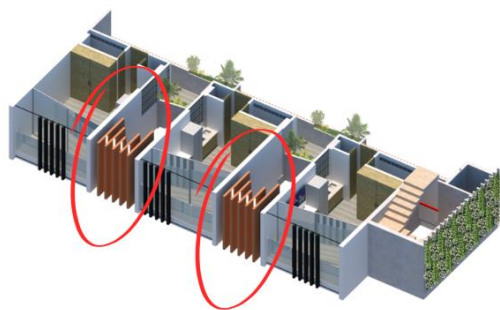
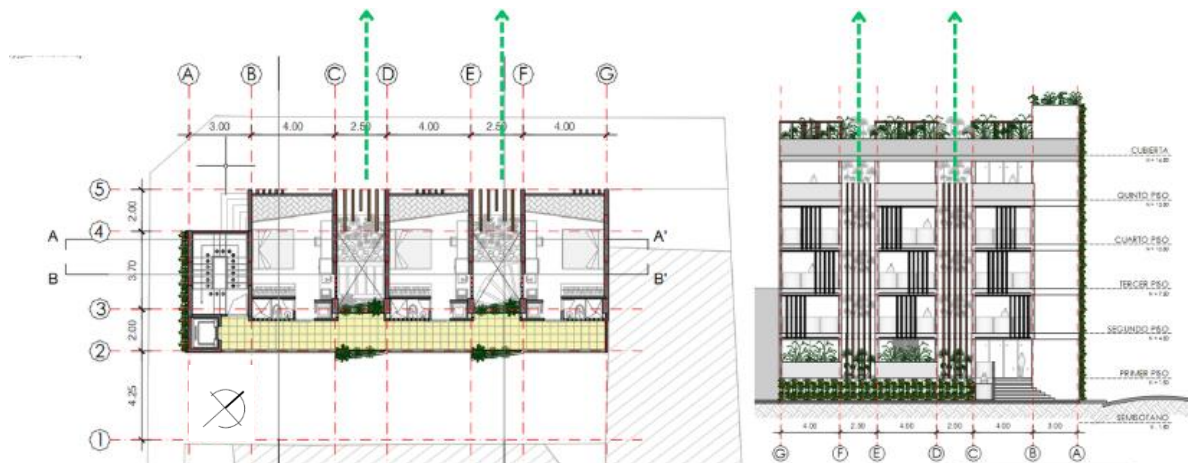
BARRERA: 15% RUIDO INICIAL: 70.3 dB RUIDO FINAL : 56.1dB



BARRERA: 15% LUX: 833

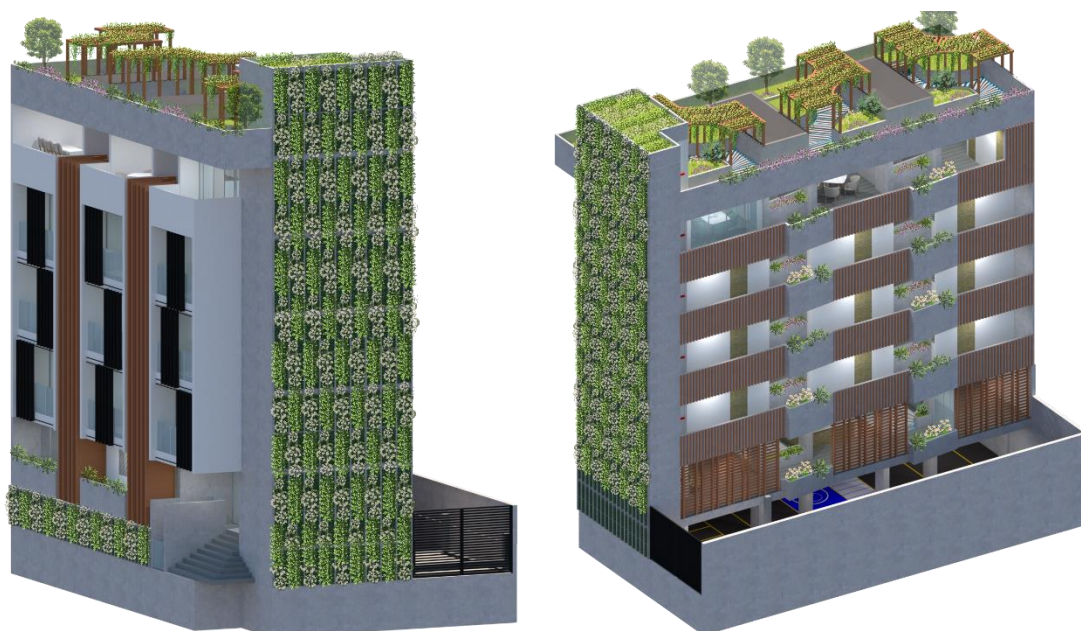
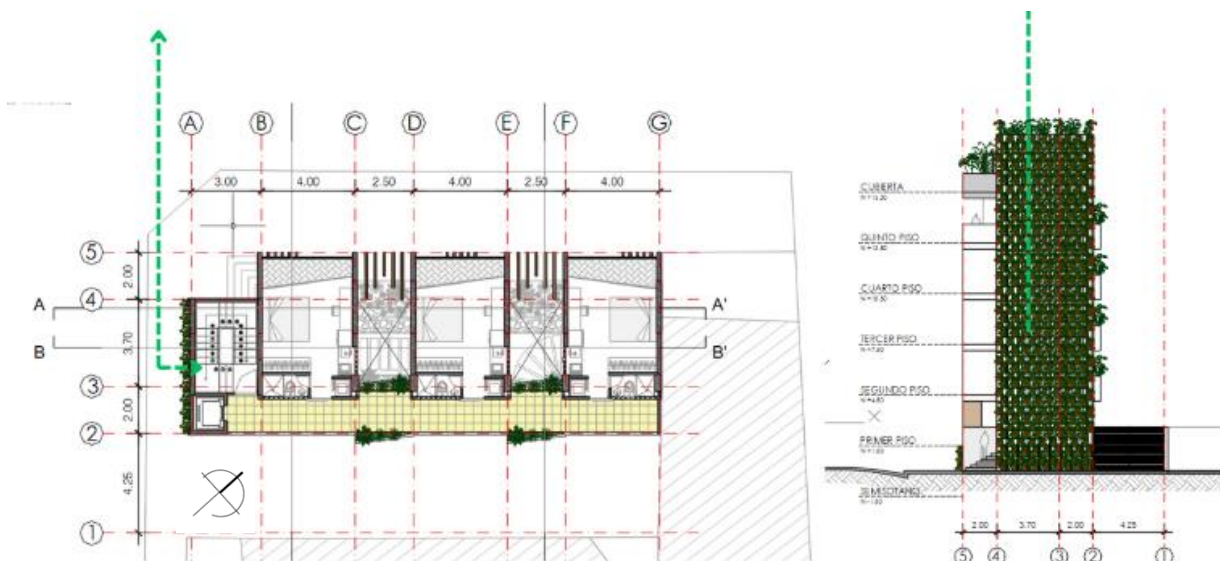


Analizando la gráfica anterior se toma la decisión de utilizar en la fachada Oeste (avenida 9a norte, 15% de barrera en los vacíos del edificio donde se obtiene una disminución de 13dB y 14.2 dB con 833 lux.



## Estrategia de diseño 2 para minimizar la contaminación auditiva.

Para la fachada sur ( Cra 15a), se utiliza un muro verde donde este mitiga el ruido exterior. La vegetación produce CO<sub>2</sub> y produce oxígeno. Todos estos aspectos van a influir de forma directa en la percepción del sonido. por otro lado, la pantalla vegetal se proyecta como una solución contra el ruido, ya que puede reducir el sonido del ambiente urbano.



### Estrategia de diseño 3 para minimizar la contaminación auditiva.

En la fachada Oeste (avenida 9a norte) el primer nivel donde funciona el acceso, la recepción y el gym del edificio, el nivel es de +1.50, creando una barrea en concreto + vegetación, para mitigar el ruido que genera el exterior.

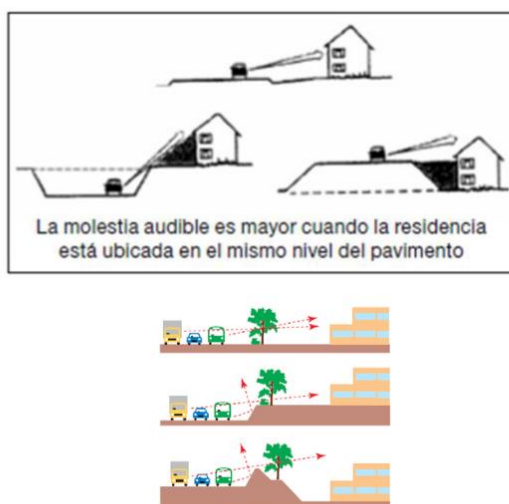
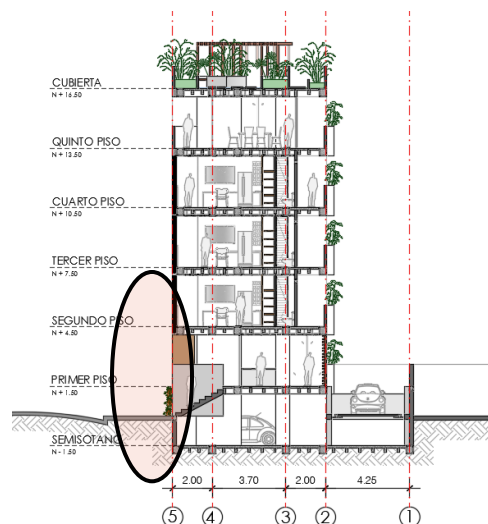
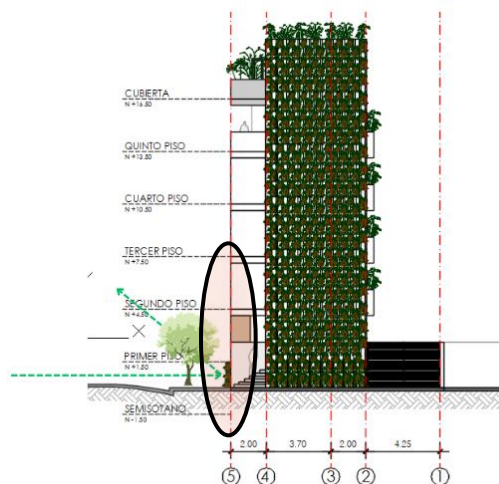


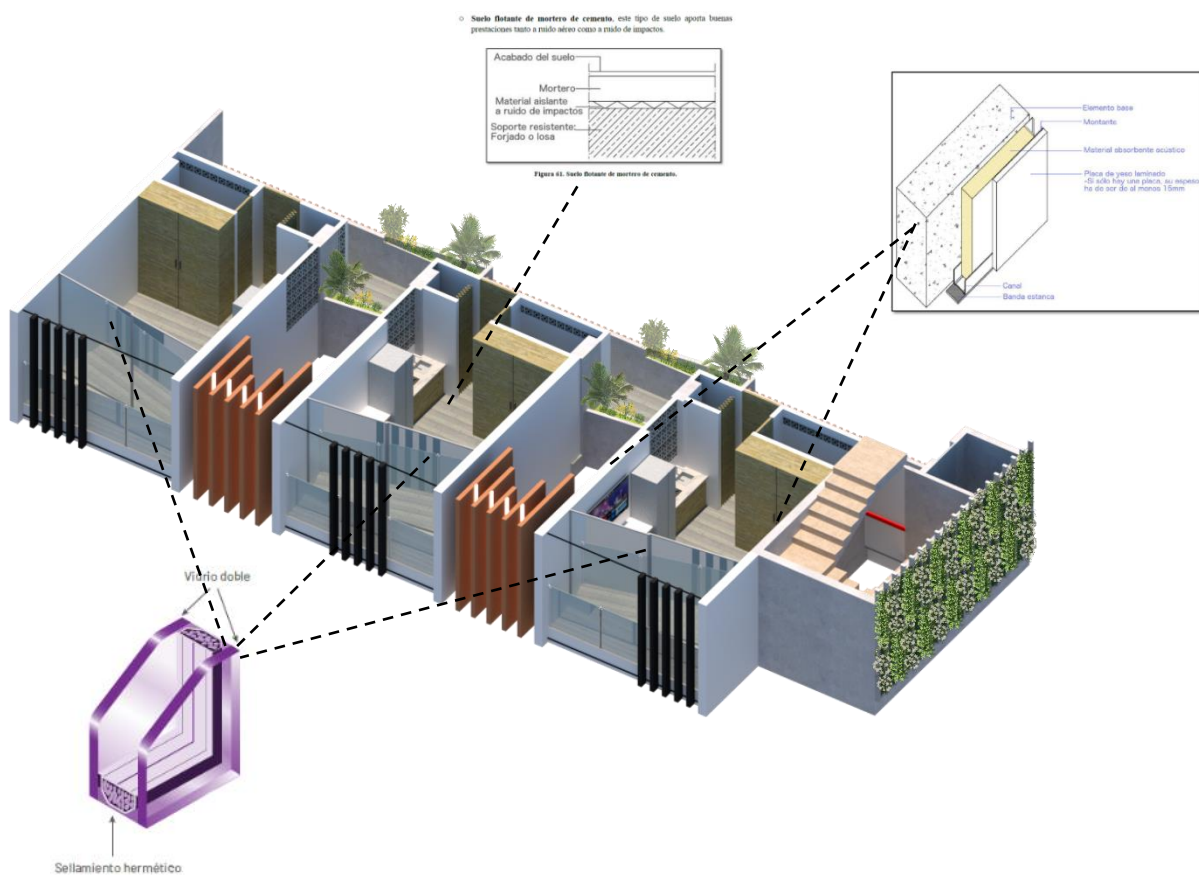
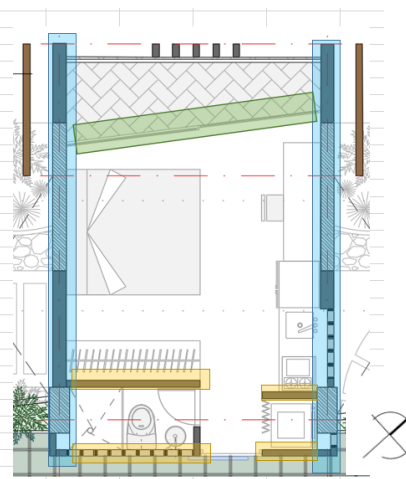
Figura 1. Es posible controlar la cantidad de ruido incidente en la vivienda mediante el uso de barreras acústicas naturales (3).



## Estrategia de diseño 4 para minimizar la contaminación auditiva.

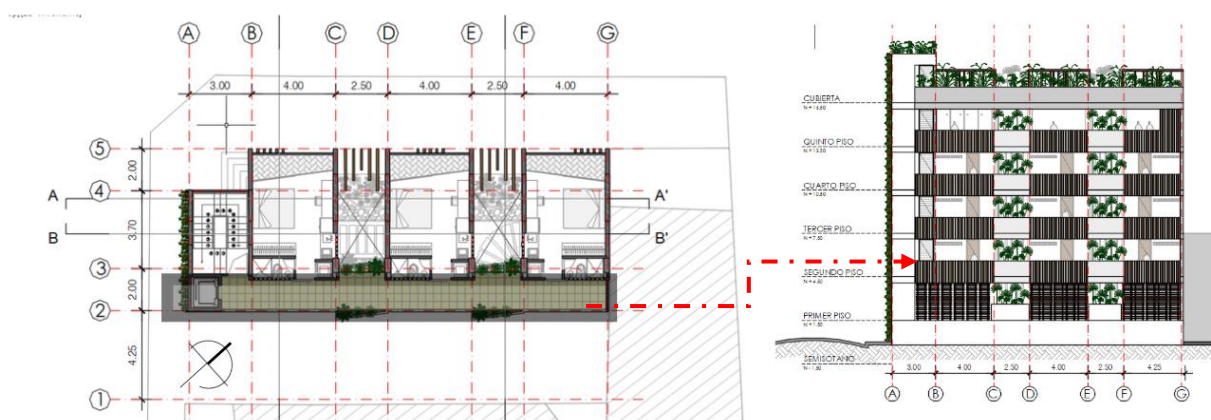
En el interior de los apartamentos, los acabados de los muros, pisos, cielos y ventanas, se especifican con materiales que ayudan al control del ruido.

SUPERFICIES	CANTIDAD	AREA	AREA TOTAL	MATERIAL	COEF. MATERIAL	
1 MURO 1	2	18,36	36,72	FIBRA DE VIDRIO SOBRE PARED	0,78	28,6416
2 MURO 2	2	8,34	16,68	FIBRA DE VIDRIO SOBRE PARED	0,78	13,0104
3 CUBIERTA 1	11	25	275	PANEL CIELO RAZO FISURADO	0,71	195,25
4 PISO	1	25	25	AGLOMERADO CORCHO	0,85	21,25
5 PUERTA VENTANA	1	11,4	11,4		1	11,4
			364,8			269,552
<b>VOLUMEN</b>	<b>74,4</b>					
	0,161			<b>TR= 0,161 * V/A*a</b>		
TR						
1	11,9784	28,6416	0,41821686			
2	11,9784	13,0104	0,92067884			
3	11,9784	195,25	0,06134904			
4	11,9784	21,25	0,56368941			
5	11,9784	11,4	1,05073684	TR		
			3,01467099	<b>0,6029342</b>		

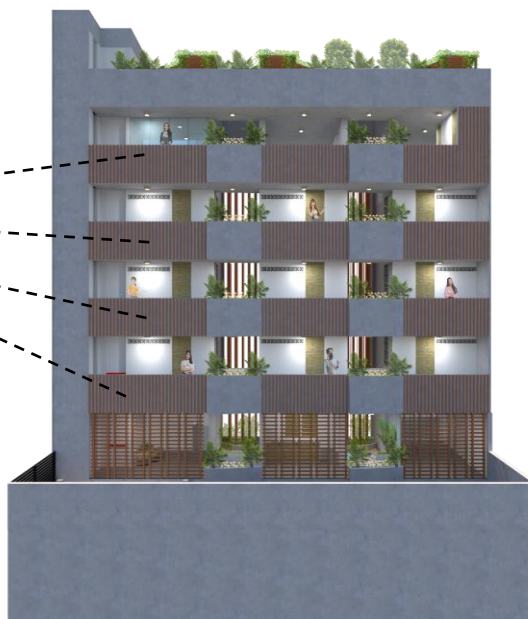


### Estrategia de diseño 5 para minimizar la contaminación auditiva.

En la fachada Oriente los antepechos del pasillo son en concreto + láminas de madera, para mitigar el ruido exterior, igualmente sobre esta fachada está dispuesta la circulación del edificio, creando un aislamiento entre el exterior y el apartamento.

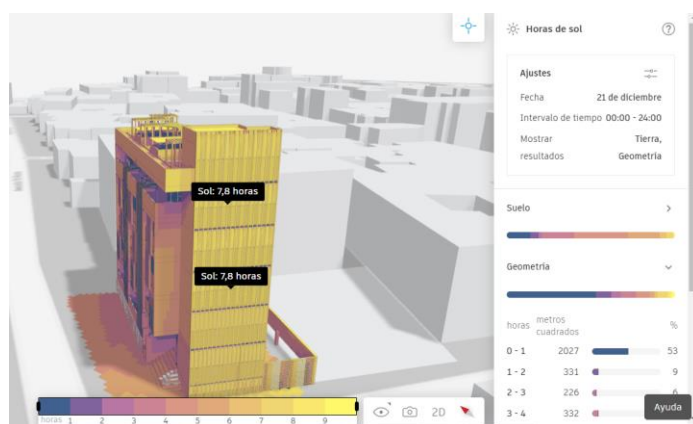
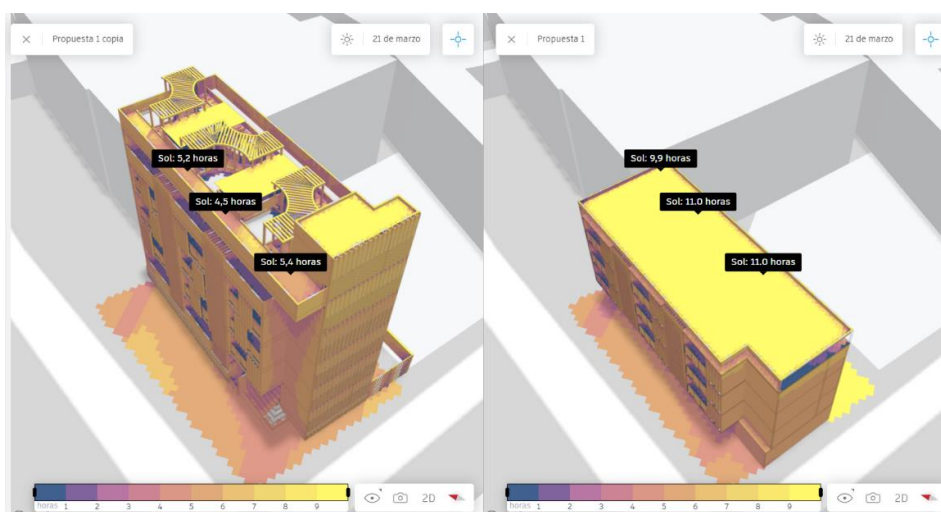


Arkowood panel acústico 600-21  
Color: Teka, Nogal y Wengué



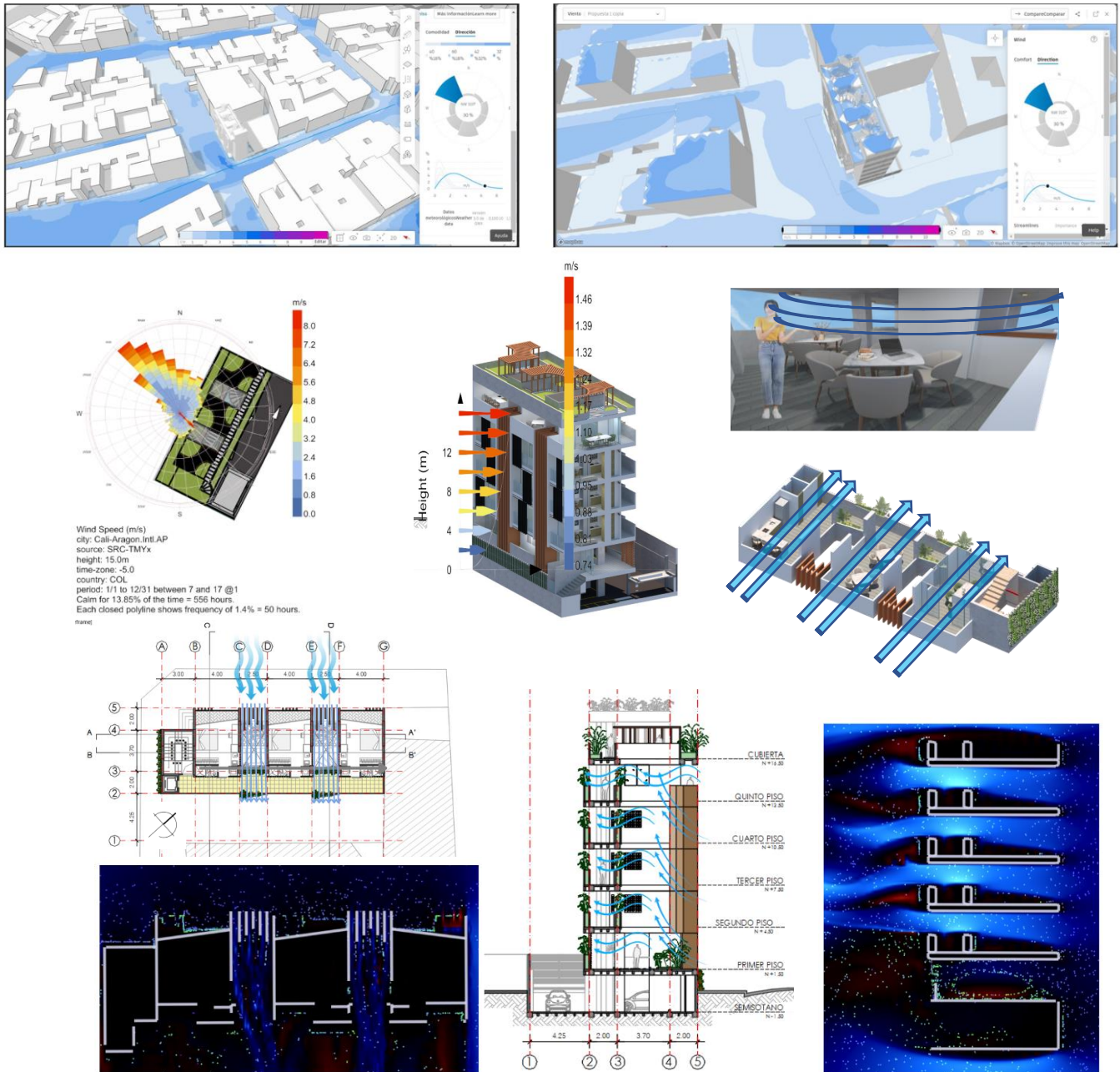
## Estrategia de diseño 6: Horas de sol.

Se simula en el programa (FORMA) el edificio diseñado, donde nos muestra que el espacio que más horas de sol recibe el edificio es la cubierta, para esto se diseñó una cubierta verde y así mitigar esta radiación solar, igualmente la fachada sur está expuesta a muchas horas de sol, donde se diseña un muro verde.



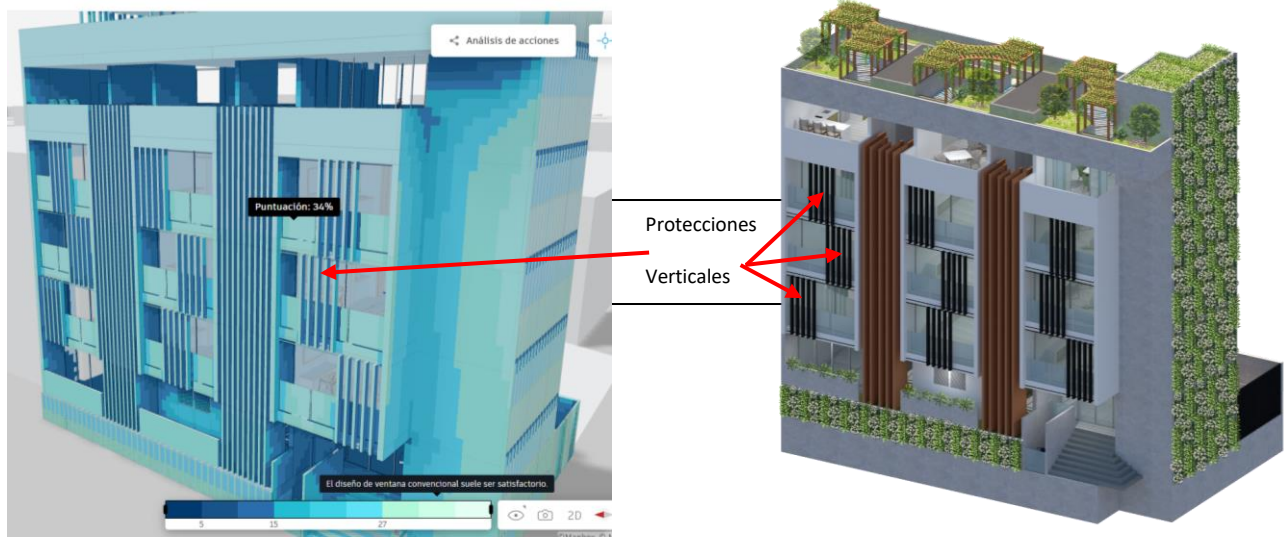
### Estrategia de diseño 7: Ventilación Natural

Los vientos predominantes en este sector vienen de la orientación Norte - Oeste, la fachada principal del proyecto (oeste) recibe estos vientos, donde son direccionados por los vacíos y así tener ventilación cruzada, refrescando los muros de los apartamentos, igualmente en el último piso se diseña una terraza abierta donde funcionan la zona común, sirviendo como espacio ventilado y así aislar los apartamentos del último piso de la radiación solar.

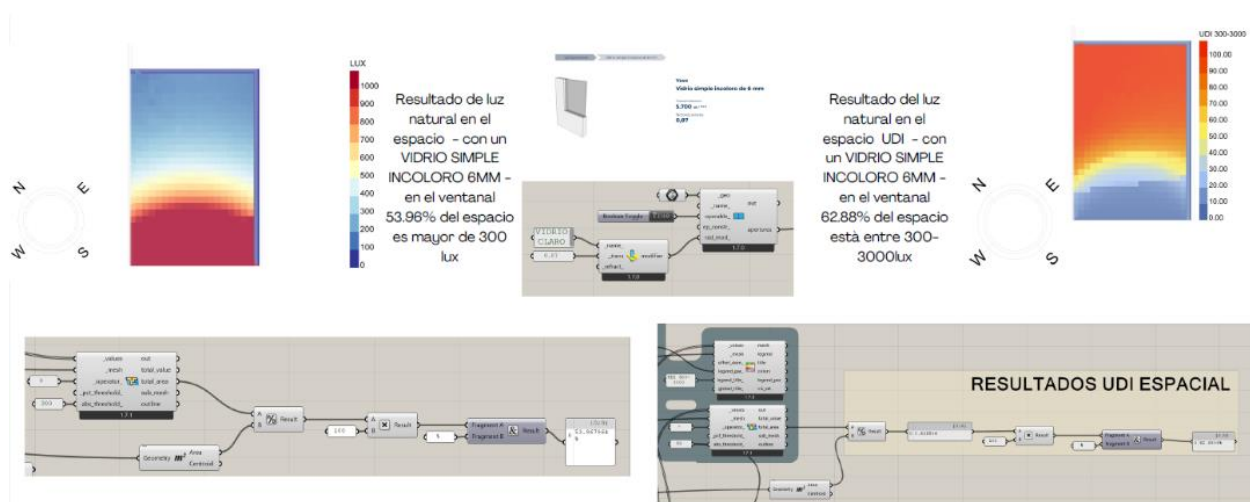


### Estrategia de diseño 8: Iluminación Natural.

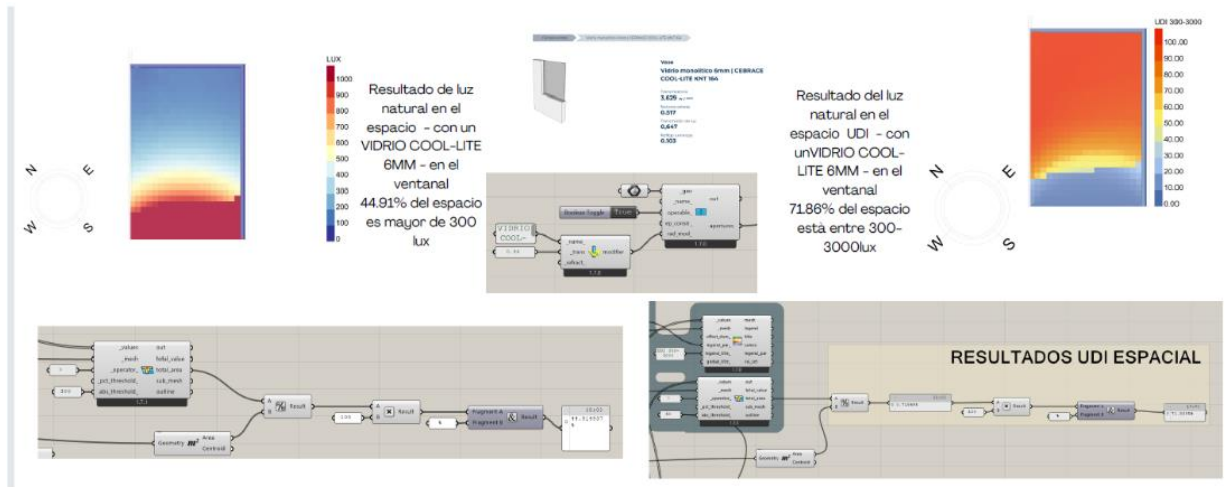
Se analiza la fachada Oeste, requiriendo una puerta ventana que le dará la iluminación suficiente al apartamento, para esta puerta ventana se simula con diferentes tipos de vidrio, con protecciones verticales, dando como resultado un vidrio cool lite 6mm, las protecciones se diseñan móviles tanto en su propio eje como en horizontal, para que cada usuario se proteja a su preferencia.



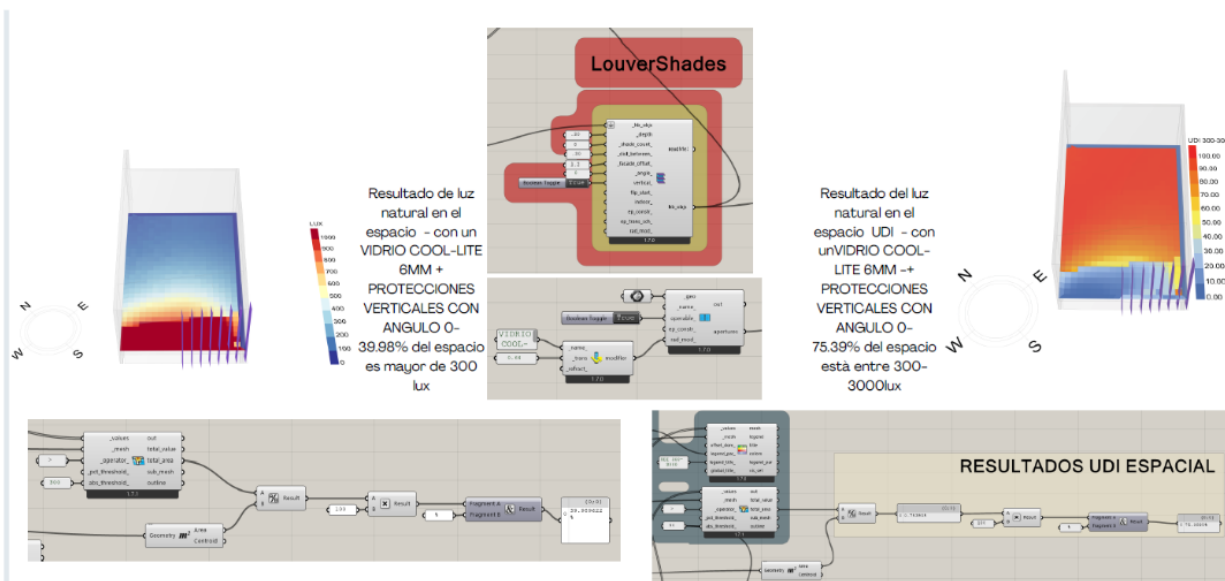
### Vidrio simple incoloro 6mm – sin protección



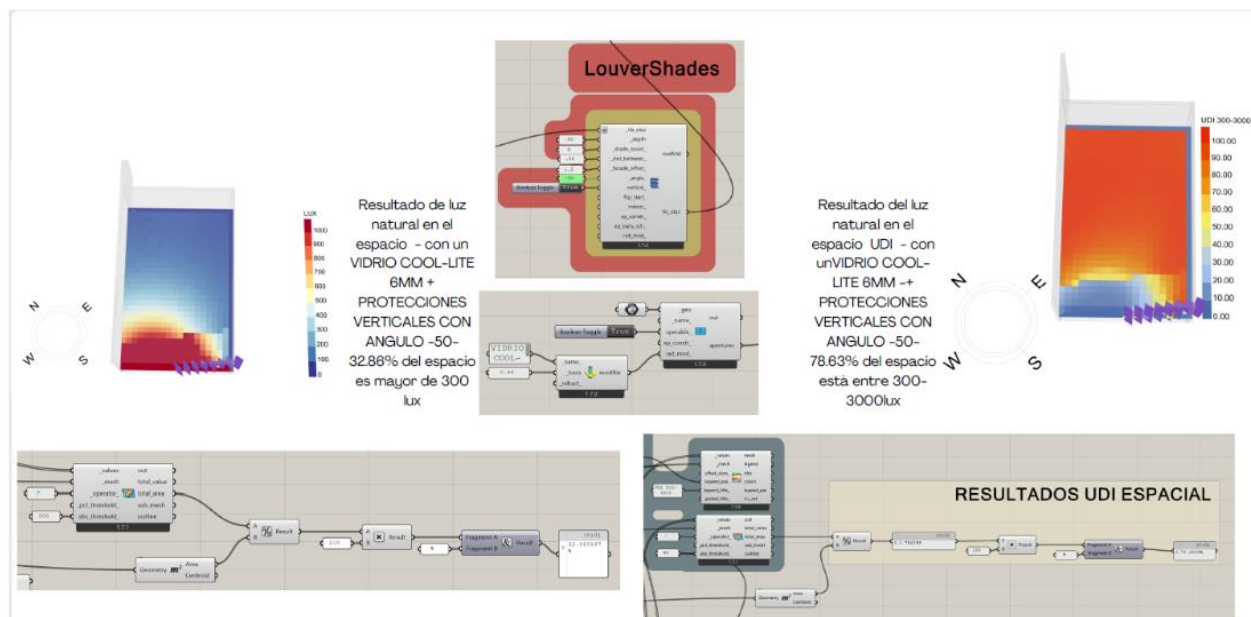
### Vidrio cool lite 6mm – sin protección



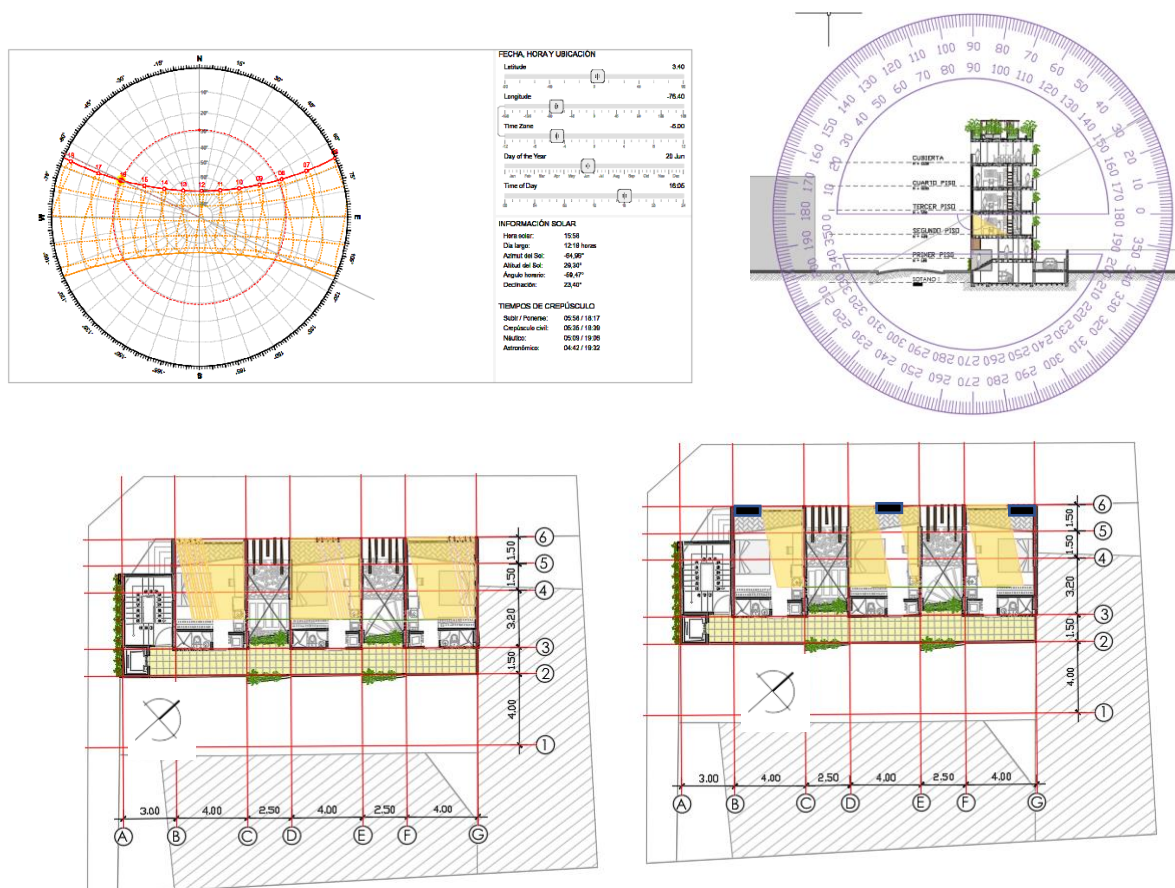
### Vidrio cool lite 6mm – con protecciones verticales, ángulo 0



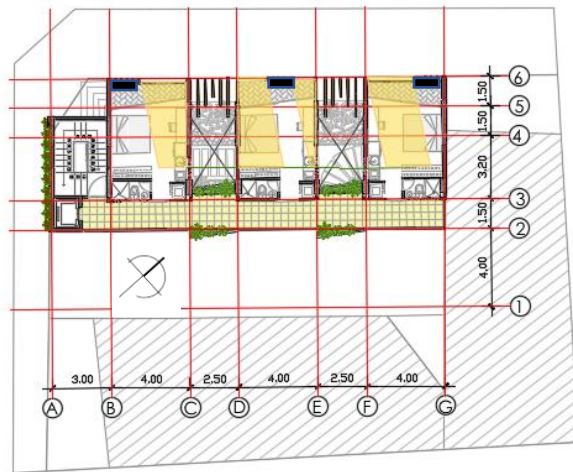
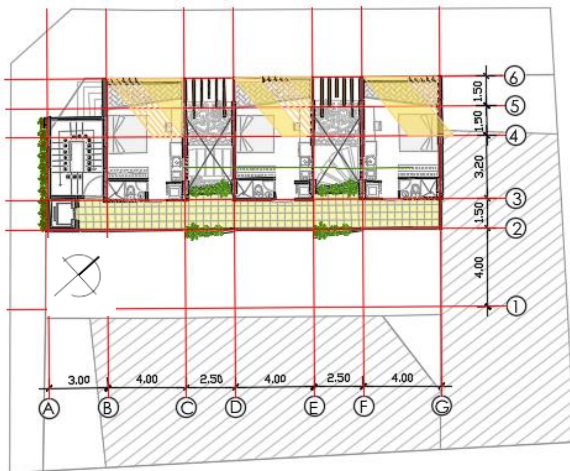
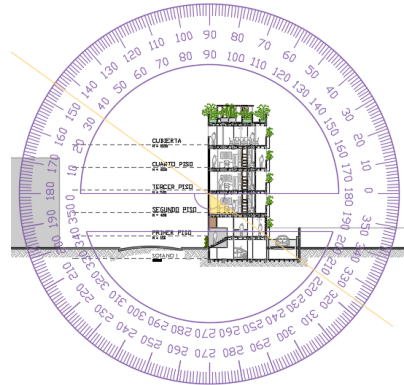
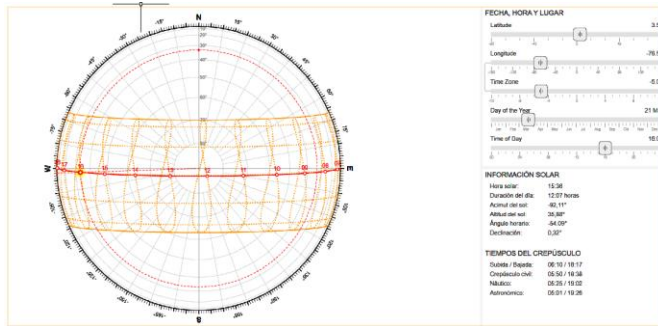
Vidrio cool lite 6mm – con protecciones verticales, ángulo 50°



Illuminación natural mes de junio con la protección vertical en diferentes posiciones.



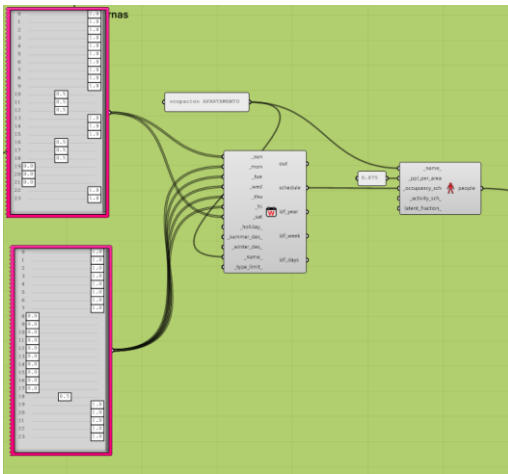
Iluminación natural mes de marzo con la protección vertical en diferentes posiciones.



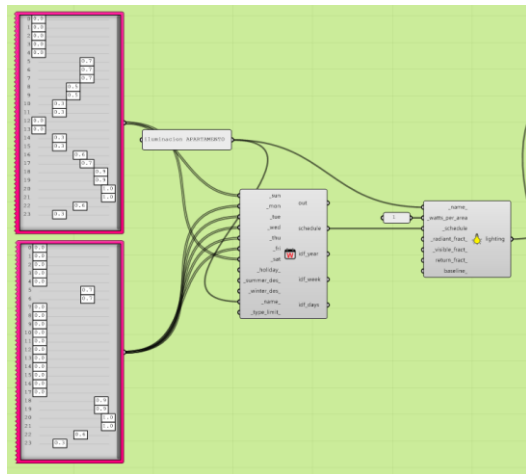
**Estrategia de diseño 9: Desempeño Térmico.**

Se analiza en el programa (Rhinoseros + Grasshopper), el desempeño térmico de un apartamento del proyecto, para este se hacen dos alternativas de materiales con igual rutina semanal, dando como resultado un mejor desempeño térmico el resultado 1, con respecto a la línea base.

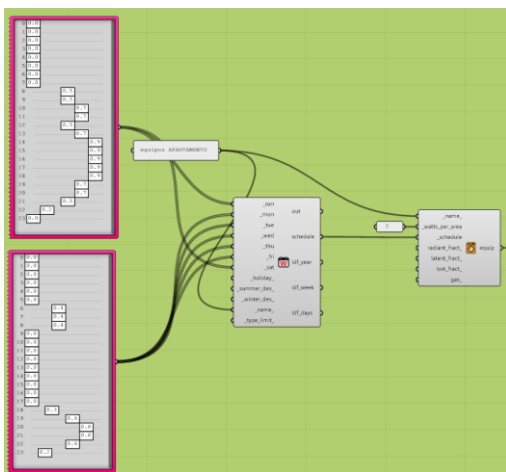
Rutina Ocupación Apartamento:



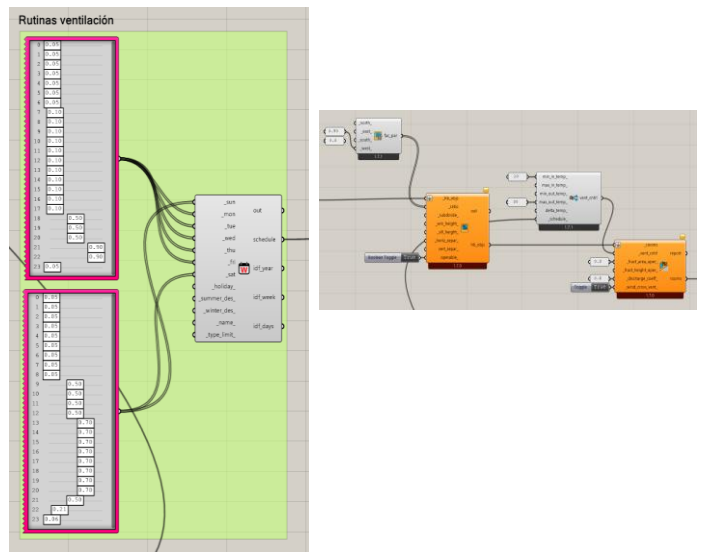
Rutina iluminación Apartamento:



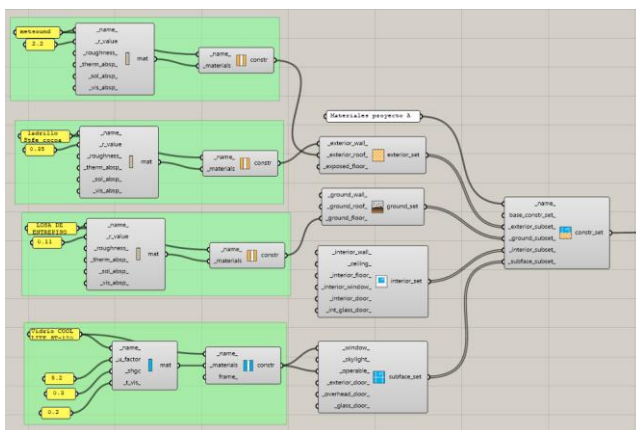
Rutina equipos Apartamento:



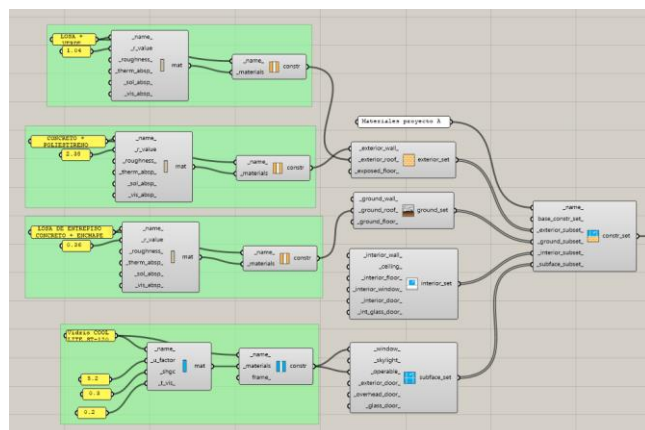
Rutina ventilación Apartamento:



Materiales línea base

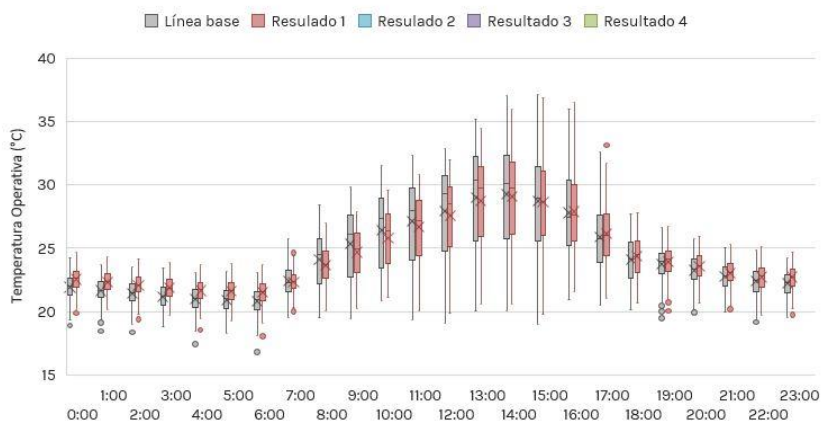


Materiales resultado 1



Hora	Temp. Ext.	Línea base	Resultado 1
0:00	20.5	22.645023	23.1
1:00	19.4	22.821806	23.2
2:00	19.5	22.741512	23.1
3:00	19.2	22.217329	22.7
4:00	18.5	21.602965	22.2
5:00	20.5	21.201976	21.8
6:00	20.6	20.897094	21.5
7:00	23.7	23.817826	22.8
8:00	25.3	26.169175	24.8
9:00	26.8	24.126593	23.1
10:00	28.4	27.390962	25.8
11:00	30.0	29.591467	28.3
12:00	31.5	30.425122	29.5
13:00	33.1	32.203396	31.4
14:00	33.3	32.926423	32.3
15:00	33.6	31.959092	31.6
16:00	26.6	31.254301	31.0
17:00	24.7	30.678487	30.5
18:00	23.1	26.370457	26.6
19:00	22.8	24.390266	24.8
20:00	22.5	24.217216	24.4
21:00	21.5	23.550306	23.7
22:00	21.4	23.958004	24.1
23:00	21.5	23.625152	24.0

Paralelo Temperatura operativa



Los resultados 1, con el cambio de materiales en el apartamento tiene una mejora en la temperatura operativa del apartamento.

## **Conclusiones**

Para minimizar los efectos de contaminación auditiva y proporcionar un ambiente tranquilo y confortable de un edificio de vivienda en el barrio granada de la ciudad de Cali, debemos tratar el sonido desde el inicio es importante empezar a tratar el sonido desde el principio de un proyecto, ya que solo de esta manera será posible crear el ambiente propicio para el desarrollo de la tarea para la cual el edificio está siendo diseñado, para esto hay que encontrar evidencia que admita la posibilidad de controlar el aislamiento acústico diseñando elementos que permitan la reducción del ruido, sin dejar a un lado la iluminación natural y la ventilación. Los fundamentos teóricos y el sentido común establecen que, cuanto mayor sea la masa, mayor será la mitigación del sonido. Sin embargo, se pudo constatar que la disposición de estos elementos, el porcentaje de área y la materialidad son imprescindibles para logra la mitigación del sonido, manteniendo la iluminación natural y el viento óptimo para los espacios a diseñar.

Hay que mencionar que la problemática de la contaminación acústica se pudo contrarrestar gracias al aislamiento propuesto en el presente proyecto, disponiendo en los vacíos del edificio muros paralelos, cubriendo 7.52% del área, con un material tipo polietileno expandido, separados entre si permitiendo que la luz natural y el aire accedan, creando confort en el espacio.

Para finalizar hay que mencionar que se logró determinar que el aislamiento con estos elementos cumplió con las expectativas, llegando a generar una disminución del ruido de 13dB, llegando a obtener 830 lux en estos espacios.

## 6.5 Bibliografía.

- Guía de insonorización de establecimientos de comercio Cali

DAGMA – CVC – ALCALDIA DE CALI

- Informe del impacto auditivo de la ciudad de Cali

DAGMA – CVC – ALCALDIA DE CALI

- Mapa de ruido del Municipio de Santiago de Cali

DAGMA – CVC – ALCALDIA DE CALI

- Ruido Ambiental - Bruel & Kjaer

- Plan de mejora del ambiente sonoro, Santiago de Cali 2020-2023

DAGMA – CVC – ALCALDIA DE CALI

- Plan de mejora del ambiente sonoro, Santiago de Cali 2020-2023

DAGMA – CVC – ALCALDIA DE CALI

- PLEA 2020 A CORUÑA Planning *Post Carbon Cities* - Influence of the Form of the Perforation of the Perforated Block in the Loss by Acoustic Transmission
- Consideraciones sobre el control del ruido en viviendas – CENAM – Centro Nacional de Metrología.
- Sistema de insonorización en materiales renovables para viviendas en Bogotá – Ramiro de Jesus Gloria Lambraño – Universidad Católica de Colombia – Facultad de Ingeniería – Programa de Ingeniería Civil Modalidad Proyecto de Grado – Bogotá.

