

PFG CIENTÍFICO-TÉCNICO

MARZO 2013

ADAPTACIÓN DE LA IGLESIA DE LA BENEFICENCIA A SALA ACÚSTICA

GRADO DE INGENIERIA DE EDIFICACIÓN



ALUMNO: SIMEÓN SANSEBASTIÁN, MIGUEL ÁNGEL
DIRECTOR: GUILLÉN GUILLAMÓN, IGNACIO
REIG GARCÍA SAN PEDRO, SALVADORA



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIERÍA DE
EDIFICACIÓN

ÍNDICE

▶ OBJETIVO del proyecto	Pág. 02
▶ EMPLAZAMIENTO y reseña	Pág. 03
▶ ANÁLISIS de la iglesia	Pág. 05
▶ PROPUESTA y justificación del diseño acústico de la iglesia	Pág. 10
◀ Cambio del volumen contenedor	12
◀ Diseño geométrico	13
◀ Estudio de visuales	21
◀ Materiales y absorción	22
◀ Acondicionamiento acústico	27
▶ CONCLUSIONES del proyecto	Pág. 29
▶ ANEJO I: Cálculos	Pág. 30
◀ Características iniciales	31
◀ Propuesta	35
◀ Ecogramas	37
◀ Estudio de visuales	41
▶ ANEJO II: Material gráfico	Pág. 44
◀ Planos iniciales	45
◀ Propuesta	46
◀ Primeras reflexiones	51
◀ Comparación volúmenes, antes y después de la propuesta	57
▶ BIBLIOGRAFÍA del proyecto	Pág. 60

OBJETIVO del proyecto

El objetivo del presente proyecto es el acondicionamiento acústico de la Iglesia de la Beneficencia, del Centro Cultural de la Beneficencia de Valencia, para un nuevo uso.

Se rediseñará la nave central de la Iglesia de la Beneficencia para poder albergar actividades musicales de solistas o grupos pequeños, con las condiciones acústicas necesarias para desarrollar dichas actividades con el máximo confort acústico y con la distribución sonora más homogénea posible, sin renunciar para ello a la estética, preservando todos los elementos histórico-artísticos neobizantinos que posee esta iglesia.

Para poder realizar esta actuación partiremos de las mediciones existentes de los Tiempos de Reverberación de la iglesia a fecha de 5 de febrero del 1999. Con esta base, más la adaptación geométrica del recinto, conseguiremos la configuración más idónea para el objetivo establecido.

Para poder conseguir el acondicionamiento acústico necesario, además de mejorar las reflexiones de la futura sala, también intentaremos conseguir las siguientes características:

- Tiempo de Reverberación (TR):
 - TR_{mid} = 1'5 segundos
 - TR por octavas de frecuencia:

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150
TR medio deseado	1,70	1,60	1,50	1,50	1,40	1,30

- Brillo (Br):
 - $1 \geq Br \geq 0'87$
- Calidez (BR o Bass Ratio):
 - $1'45 \geq BR \geq 1'10$

EMPLAZAMIENTO y reseña

Emplazamiento

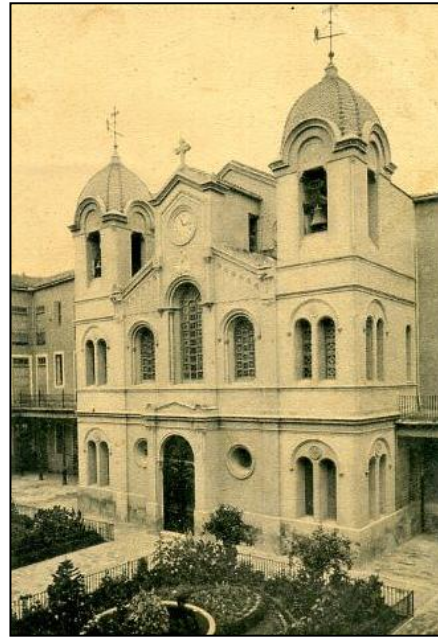
La Iglesia de la Beneficencia es un edificio histórico perteneciente al Centro cultural de la Beneficencia de la ciudad de Valencia. La iglesia está situada en la C/ De la Corona nº 34, muy cerca de las Torres de Quart, el Jardín Botánico o el IVAM



Reseña

La Iglesia de la Beneficencia es un edificio de estilo neobizantino que pertenecía a la Casa de la Beneficencia. Esta casa, junto a la propia iglesia, es la sede actual del Museo de Prehistoria de Valencia y del Museo Etnológico. La iglesia fue erigida por Joaquín M^a Belda en el año 1883.

La iglesia es un edificio de planta cuadrada, de paredes y techos con acabados de pinturas de Antonio Cortina imitando estéticamente a los mosaicos, con ángeles y santos, para acercarse al estilo bizantino. También cuenta con una cubierta plana sobre estructura metálica, que cuenta con una cúpula, también metálica, con vidrieras de colores.

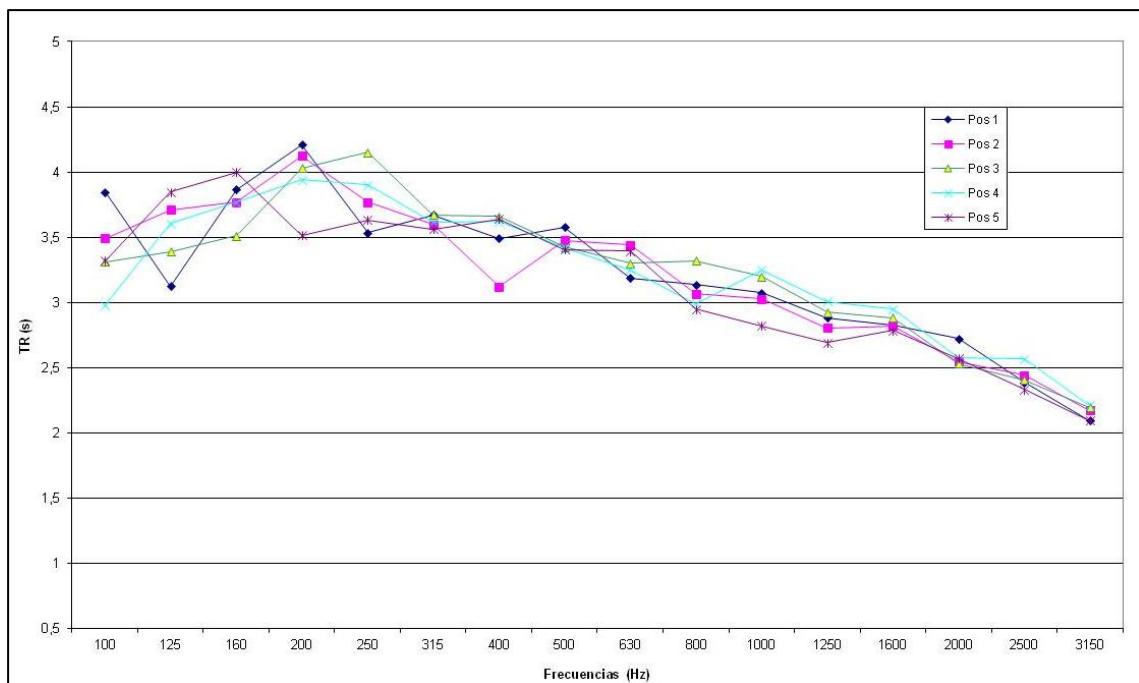


ANÁLISIS de la iglesia

La Iglesia de la Beneficencia es un recinto con unas características muy concretas y comunes con el resto de iglesias existentes.

Nos encontramos frente a un recinto con un volumen de $4.785'63 \text{ m}^3$ y con una superficie útil en planta de $301'65 \text{ m}^2$, con la relación entre estos datos ya podemos hacernos una idea de que estamos frente a un local, a priori, con Tiempos de Reverberación altos, debido a sus dimensiones.

Para comprobar esta suposición hemos obtenido las mediciones hechas desde 5 puntos diferentes de la iglesia, a fecha de 5 de febrero de 1999, con el siguiente resultado:

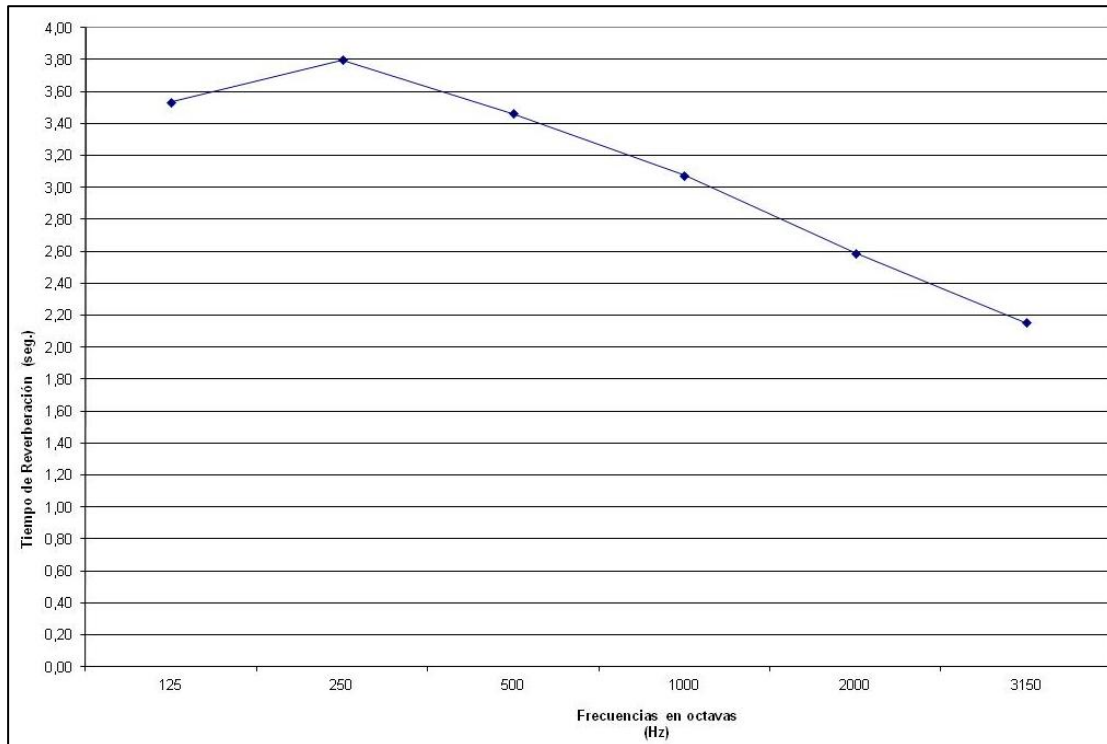


*Los datos a partir de los cuales se ha realizado esta gráfica están en el "ANEXO I: cálculos" del presente documento

En esta gráfica vemos que para frecuencias bajas, o tonos graves, tenemos unos tiempos elevados, superiores a los 3 segundos, y que en ninguna frecuencia se consigue bajar de los 2 segundos.

Para esclarecer y poder analizar mejor los datos, sacamos el Tiempo de Reverberación medio (TRmed) de las 5 posiciones únicamente en bandas de octava (frecuencias de 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz), sustituyendo la banda de 4000 por la de 3150 Hz, al no poseer mediciones a esta frecuencia. El TRmed inicial de la iglesia es el siguiente:

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO IGLESIA DE LA BENEFICENCIA



*los datos a partir de los cuales se ha realizado esta gráfica están en el "ANEXO I: cálculos" del presente documento

Al observar la gráfica con el TRmed, podemos observar con más claridad como las frecuencias bajas están por encima de los 3'40 segundos, para los tonos medios por encima de los 3 segundos, y como las frecuencias altas no bajan de los 2,20 segundos.

De estos datos obtenemos:

TR mid	3,27
Calidez	Bass Ratio = 1,12
Brillo	Bass Ratio = 0,73

Tiempo de Reverberación de la iglesia = 3'27 segundos

El Tiempo de Reverberación es el tiempo que transcurre desde que el foco emisor se detiene hasta el momento en que el nivel de presión sonora SPL cae 60 dB con respecto a su valor inicial.

Según varios autores, como Antoni Carrión, el Tiempo de Reverberación (TR) ideal para las iglesias oscila entre los 2 ~ 3 segundos, según la frecuencia, con el recinto lleno. Nuestra iglesia supera estos tiempos, esto nos indica que es un local vivo, ya que este TR alto implica poseer poca absorción, haciendo que el local parezca vivo por la cantidad de sonidos que puede percibir el receptor desde múltiples emisores en distintos puntos del local.

Este TR también influye en la inteligibilidad de la palabra, siendo escasa. Esto es debido a que cuando pronunciamos las vocales y consonantes de las palabras, empieza a menguar la energía con la que se emiten las vocales, este decaimiento se percibe más lento de lo que sería normal. Si juntamos esto con una mayor duración y nivel sonoro, acaba provocando un solapamiento temporal de las vocales con las consonantes que se emitirán después. La simultaneidad temporal de las vocales y las consonantes con sus correspondientes niveles, así como las características espectrales de ambos sonidos, son las causantes de que las vocales enmascaren total o parcialmente a las consonantes, ya que un tono con baja frecuencia y nivel elevado siempre enmascara a otro tono de frecuencia más elevada y nivel inferior.

Calidez de la iglesia – Brass ratio = 1'12

La Calidez correcta en una sala, según A. Carrión, sería de un Brass Ratio (BR) BR=1'10. Nosotros nos encontramos delante de un local con BR=1'12, siendo un valor adecuado de Calidez. Esto significa que la iglesia produce un sonido cálido rico en tonos graves (frecuencias bajas), siendo un recinto con una acústica cálida.

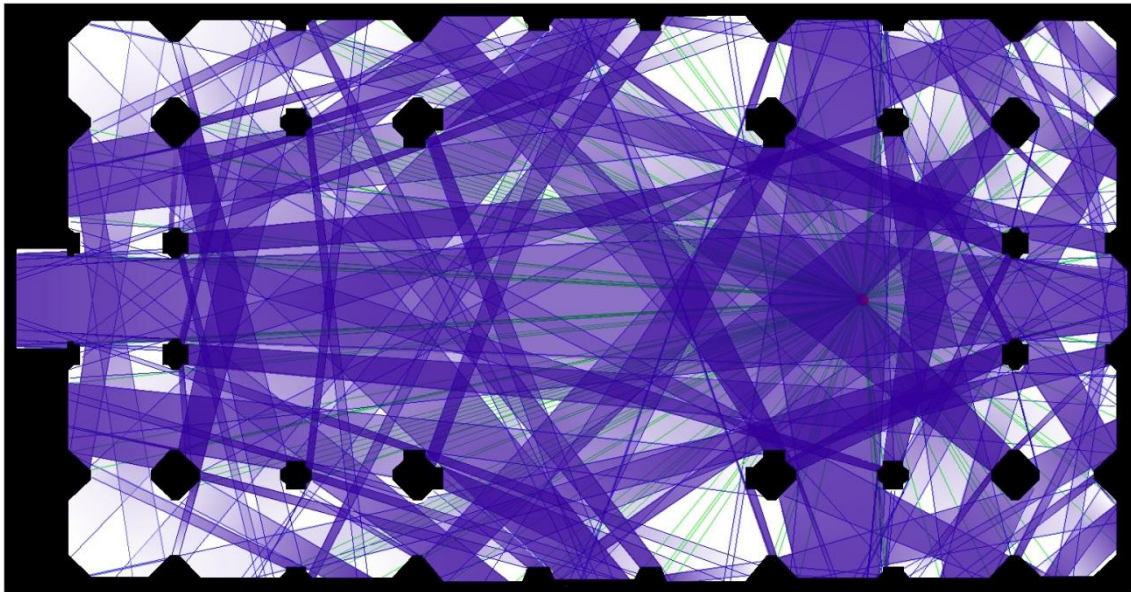
Brillo de la iglesia – Brillo = 0'73

El valor mínimo de Brillo=0'87, siendo el brillo de la iglesia inferior al mínimo recomendado autores como Beranek, que recomiendan un valor mínimo de 0'87 y máximo de 1 (0'87 ≤ Brillo ≤ 1). Este valor nos muestra que tenemos una escasez de tonos agudos (frecuencias altas), estando delante de un local apagado.

1^{as} Reflexiones de la iglesia

A continuación vemos las 1^{as} reflexiones geométricas del sonido en la iglesia:

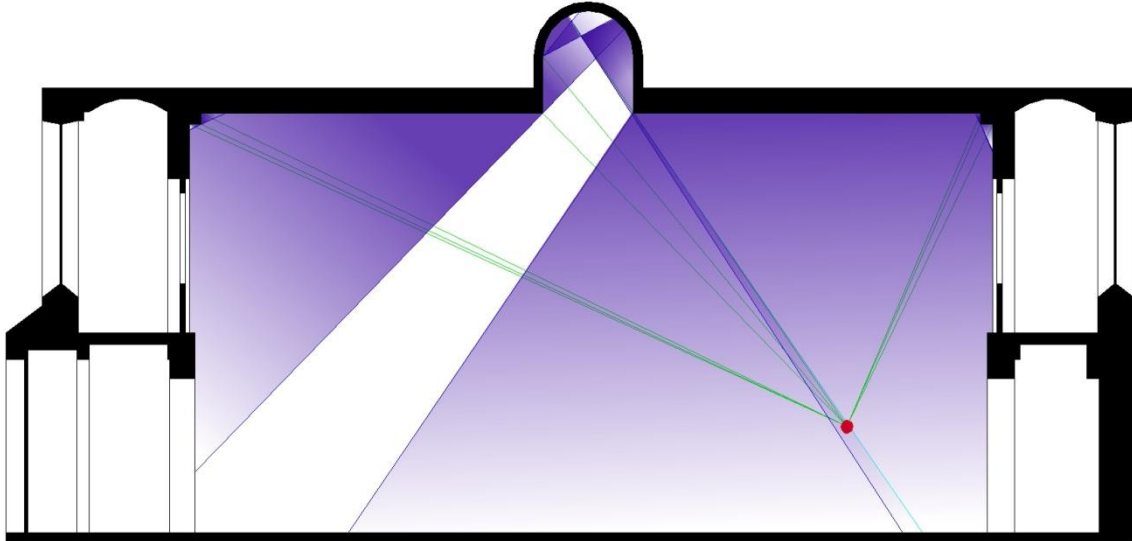
Para ver con más detalle estas imágenes consultar el *Anejo II: Material gráfico*.



En la imagen se nos muestra una distribución geométrica caótica, donde no se controlan las reflexiones para mejorar la acústica, respondiendo su diseño únicamente a criterios constructivos y estéticos. Esta distribución geométrica disminuye en confort acústico del local, pudiendo producir incluso el efecto “cocktail party”, como lo nombra Antonio Carrión, un efecto muy común en muchos lugares de ocio en nuestro país donde la inteligibilidad es muy pequeña, al igual que el radio crítico de la fuente.

A continuación se puede apreciar las reflexiones existentes con el techo en la nave central.

Para ver con más detalle estas imágenes consultar el *Anejo II: Material gráfico*.



En esta sección vemos como las reflexiones del techo no suponen ningún problema, ya que, el único elemento conflictivo, que sería la linterna de la iglesia, influye muy mínimamente desde donde prevemos que estará la fuente sonora.

Conclusión del análisis inicial

En resumen, visto lo dicho anteriormente, la iglesia en su estado inicial posee un TR elevado para su actual uso y demasiado elevado para su futuro uso, con unas 1^{as} reflexiones que debemos redirigir para aprovechar mejor la acústica del local; con una correcta difusión de las frecuencias bajas, y una necesaria corrección para mejorar la difusión de las frecuencias altas, quedando una sala cálida pero apagada, con falta de brillo.

PROPUESTA y justificación del diseño acústico de la iglesia

Propuesta de diseño

La propuesta de diseño acústico para habilitar la Iglesia de la Beneficencia a sala de música para solistas o grupos pequeños de música es la siguiente:

Se realizará, con elementos desmontables que no alteren el conjunto histórico artístico de la iglesia, una sala dentro de la nave central. Para ello colocaremos un patio de butacas, con una inclinación de 18'47º y una capacidad de 149 plazas, 4 de ellas para personas con silla de ruedas, el patio de butacas estará rodeado por paneles para mejorar las 1^{as} reflexiones que describiremos de forma pormenorizada a continuación. En la zona contraria a la entrada colocaremos un escenario, con una tarima de 48'80 m² y con unos paneles laterales y traseros para mejorar la acústica de los intérpretes, añadiendo una concha de escena sujeta por vigas metálicas en celosía con contrapesos situados en la 1ª planta. Todo el espacio alrededor de dicha planta estará rodeado por un cerramiento de láminas de madera sustentadas con un esqueleto metálico y lastres o contrapesos si fuesen necesarios, toda su superficie adyacente a la sala estará cubierta con cortinas de algodón fruncidas.

El acceso a la sala se realizara por los laterales de la planta baja, zonas donde, durante la actuación, se cubrirán con cortinas de algodón fruncidas. El acceso al escenario será a través de un bloque de escalera móvil por la parte frontal del escenario principalmente, aunque se podría utilizar cualquier lado libre del escenario simplemente apartando la cortina fruncida que lo bordeará.

En la planta superior realizaremos un cerramiento de láminas de madera sobre el pavimento existente, que rodeará todo el perímetro de las naves laterales por el lado adyacente a la nave central, de esta forma reduciremos el volumen del recinto. Este cerramiento contará con una cortina de algodón fruncida para mejorar las cualidades acústicas y estéticas, y estará sujeto por un esqueleto metálico de refuerzo y lastres o contrapesos si fuesen necesarios, La zona central de los laterales donde al altura libre es mayor se alzarán la cortina de algodón prolongando el esqueleto metálico del cerramiento, reforzando esta zona, si fuese necesario, para evitar el pandeo de la zona, y cerrando el volumen también con láminas de madera en la zona superior.

Al crear una pequeña sala dentro de la nave central, limitando el volumen con la gradería, las cortinas y los cerramientos, creamos un nuevo volumen, más reducido, que junto a las cortinas de algodón fruncidas, como veremos posteriormente cuando analicemos los materiales, nos permitirá bajar el tiempo de reverberación del recinto.

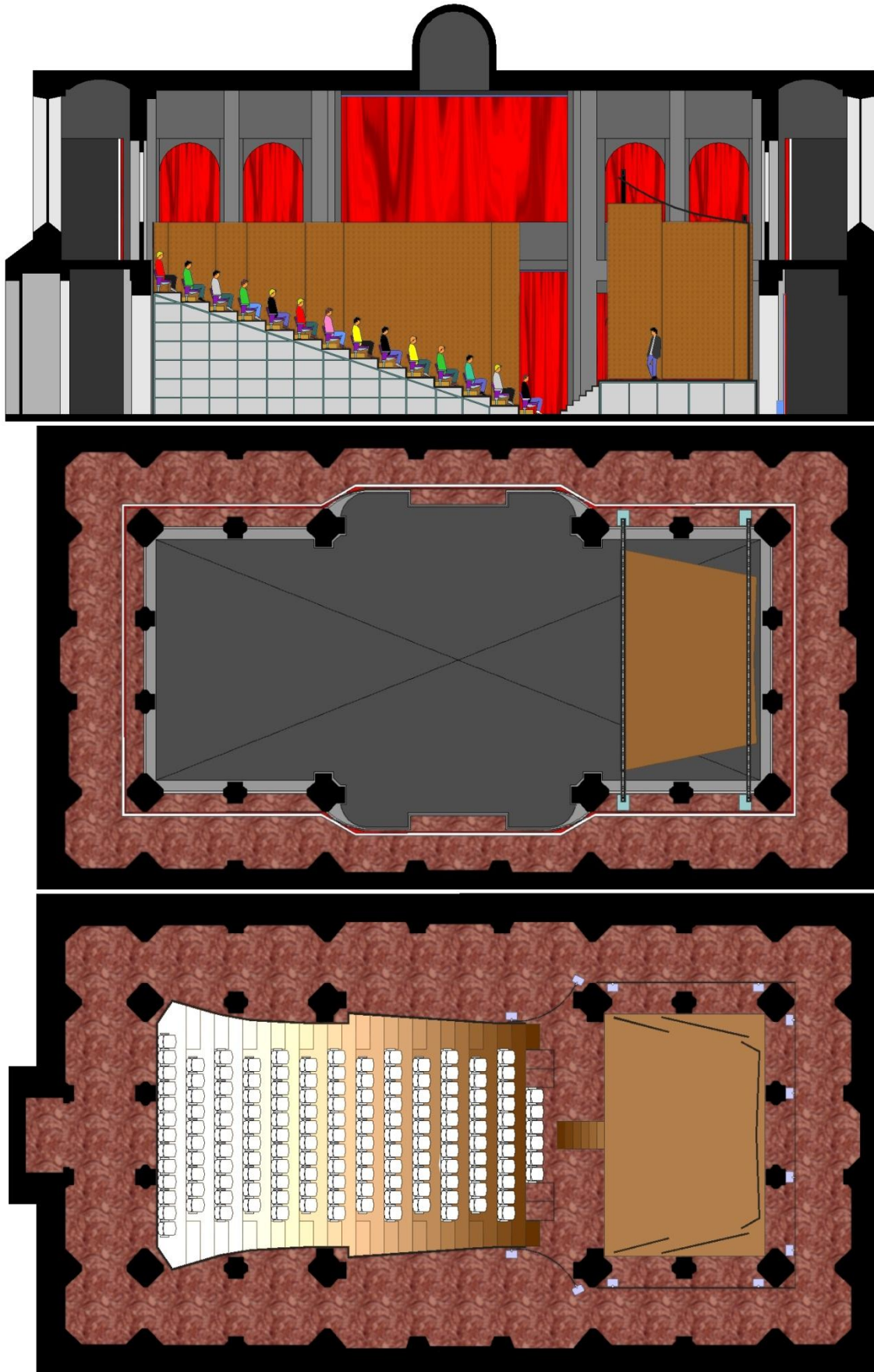
Al colocar las láminas laterales en el patio de butacas y en el escenario, utilizando un material reflectante que actúe de membrana, conseguiremos redirigir las 1^{as} reflexiones para aprovecharlas de manera más eficiente con el fin de distribuir de forma más homogénea y controlada el sonido de la fuente, limitando o incluso eliminando la necesidad de añadir elementos amplificadores electrónicos.

La colocación de una concha de escena nos permitirá reforzar la homogeneidad acústica en la sala, supliendo posibles deficiencias de las reflexiones laterales, aunque principalmente nos permitirá mejorar la acústica del escenario, de forma que los intérpretes puedan percibir de forma adecuada la pieza representada.

Y por último, la inclinación de la gradería del patio de butacas, junto con la disposición de las butacas al tresbolillo, nos permite aprovechar mejor el sonido directo y mejorar el confort tanto acústico como visual, al permitir que el espectador pueda observar sin problema la representación. También nos garantiza, como veremos más adelante, una visión del escenario adecuada para el nuevo uso.

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO IGLESIA DE LA BENEFICENCIA

A continuación se ve de forma gráfica la propuesta, en una sección vertical, y una planta de primera planta y de planta baja (para más información ver el *Anejo II: Material gráfico*):



Justificación del diseño: Cambio del volumen contenedor

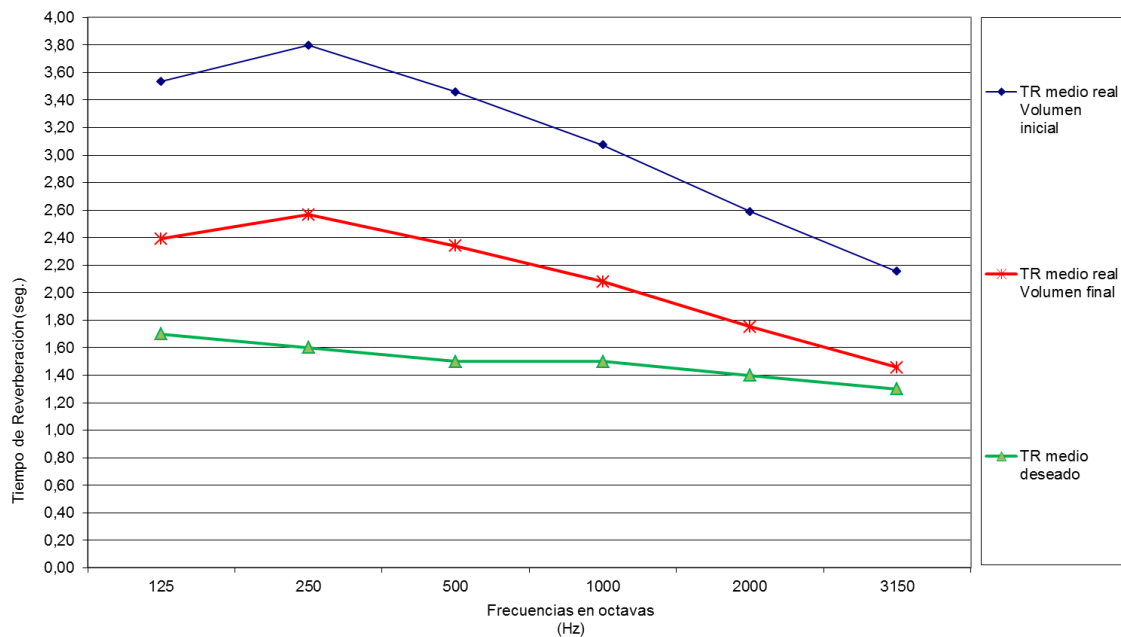
Como hemos mencionado en apartados anteriores, una de las bases de esta propuesta es conseguir reducir el volumen de la sala. Este planteamiento viene de la fórmula de Sabine:

$$\text{Tiempo de Reverberación (TR)} = 0'161 \times \frac{\text{Volumen de la Sala}}{\text{Absorción total de la sala}}$$

$$\text{TR} = 0'161 \times \frac{V}{Abs}$$

Aquí vemos como el volumen de la sala es directamente proporcional al TR, de forma que a mayor volumen, mayor tiempo de reverberación, por esto llegamos a la conclusión de la necesidad de inicialmente conseguir reducir el volumen.

El volumen inicial del cual partimos es de 4.875'63 m³, y con nuestra propuesta conseguimos reducir el volumen hasta los 3.219'78 m³. Esta reducción drástica del volumen conlleva una disminución del TR de la siguiente forma:



Como podemos observar, esta reducción del volumen nos acerca de manera muy eficiente a Tiempo de Reverberación que necesitamos para ello.

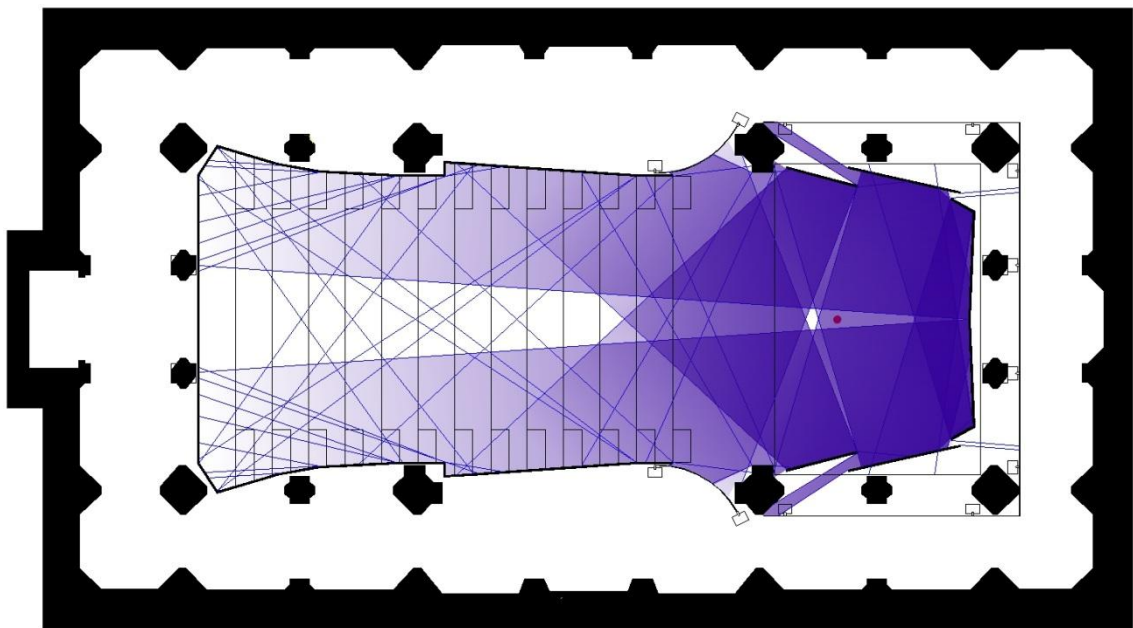
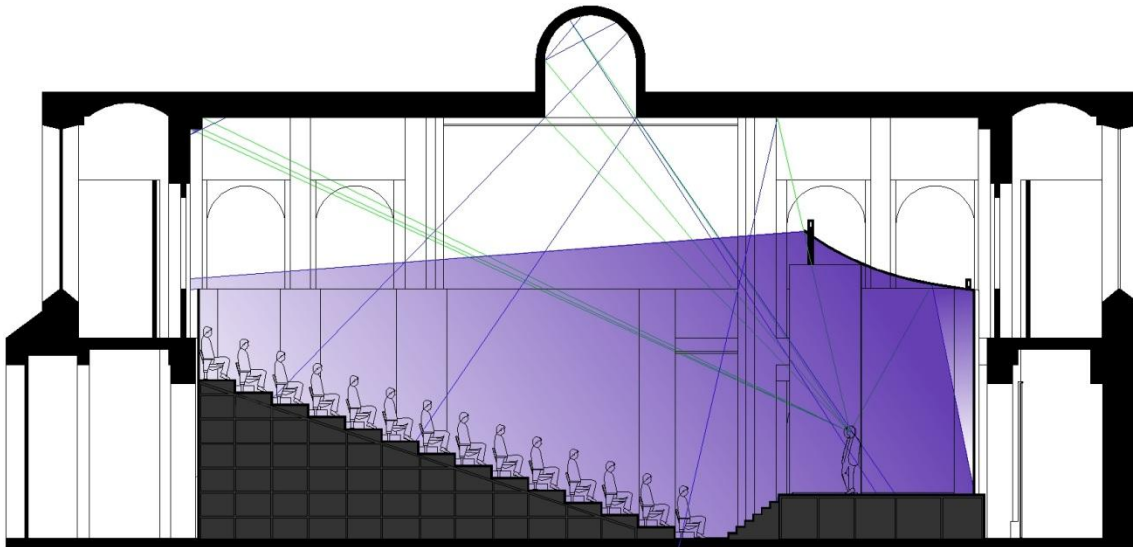
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150
TR volumen inicial	3,54	3,80	3,46	3,07	2,59	2,15
TR volumen final	2,39	2,57	2,34	2,08	1,75	1,46
TR medio deseado	1,70	1,60	1,50	1,50	1,40	1,30

También con el nuevo volumen hemos reducido el aforo del local, considerando que cada persona ocupe 9 m³, tendríamos un aforo máximo de 358 plazas, aunque esto no nos afecta ya que tenemos previsto un aforo máximo de 149 plazas.

Justificación del diseño: Diseño geométrico

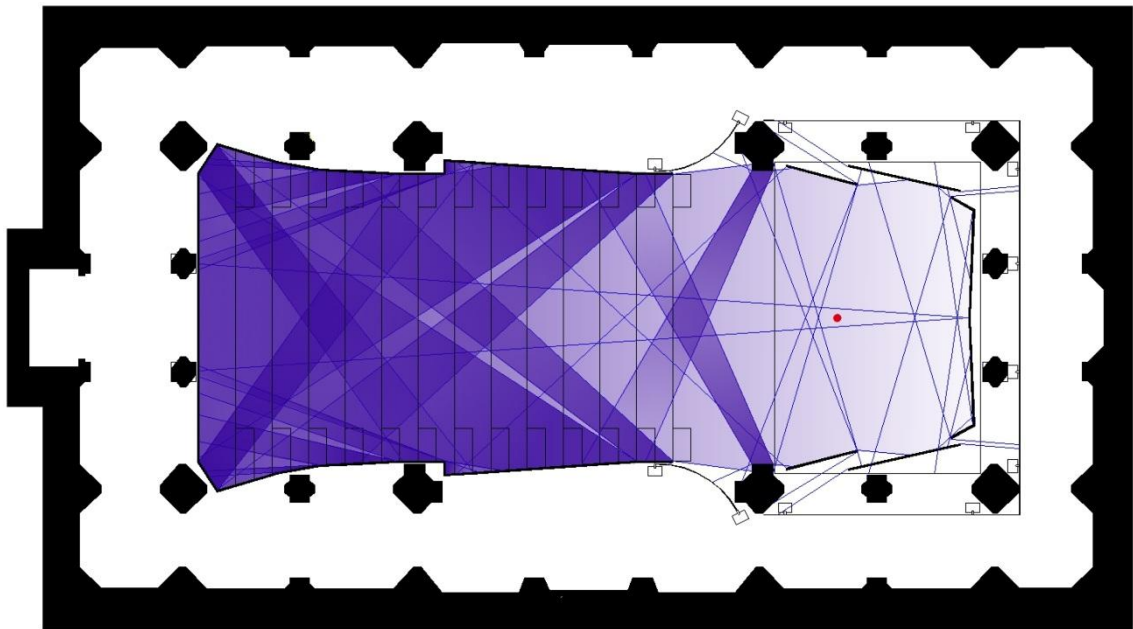
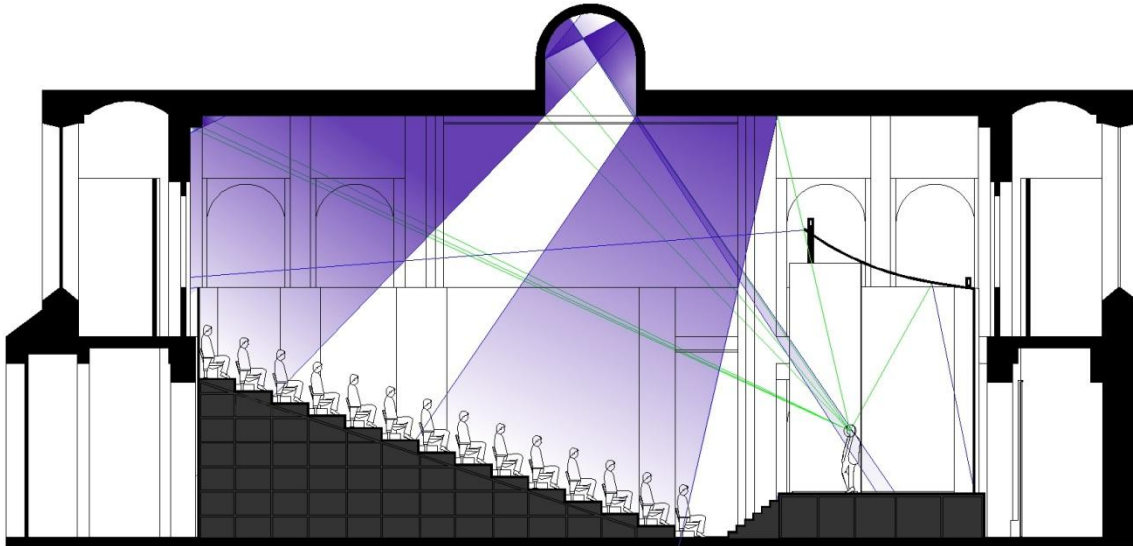
A continuación se verá de forma clara la mejora de las primeras reflexiones existentes en la propuesta realizada, y como estas colaboran a mejorar el confort acústico, así como el sonido directo.

Primeras reflexiones de las zonas adyacentes al escenario:



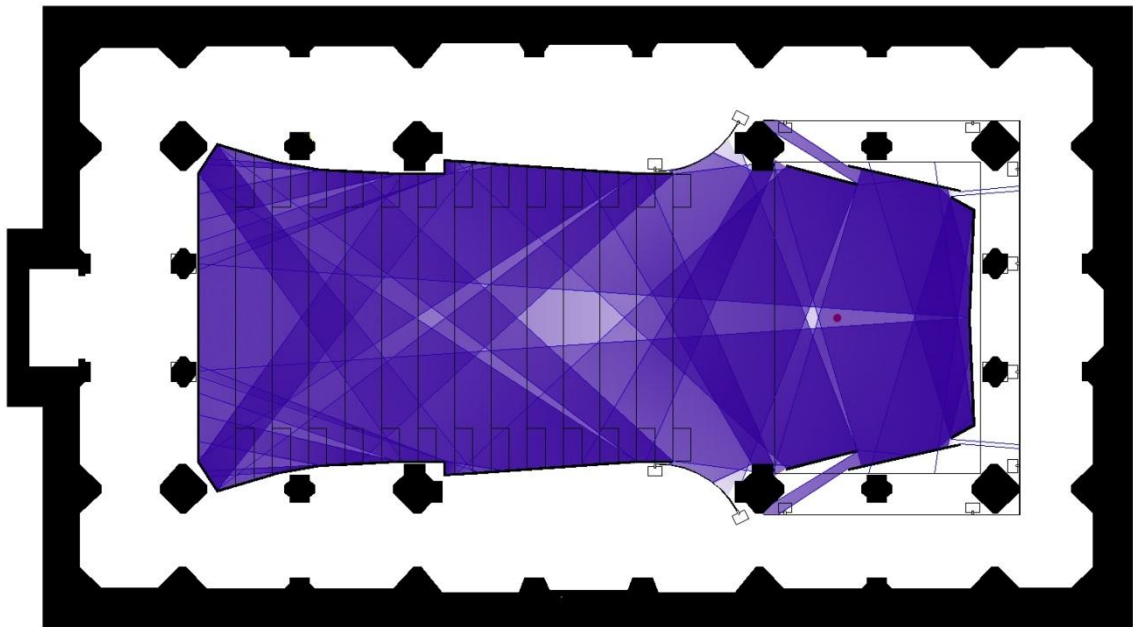
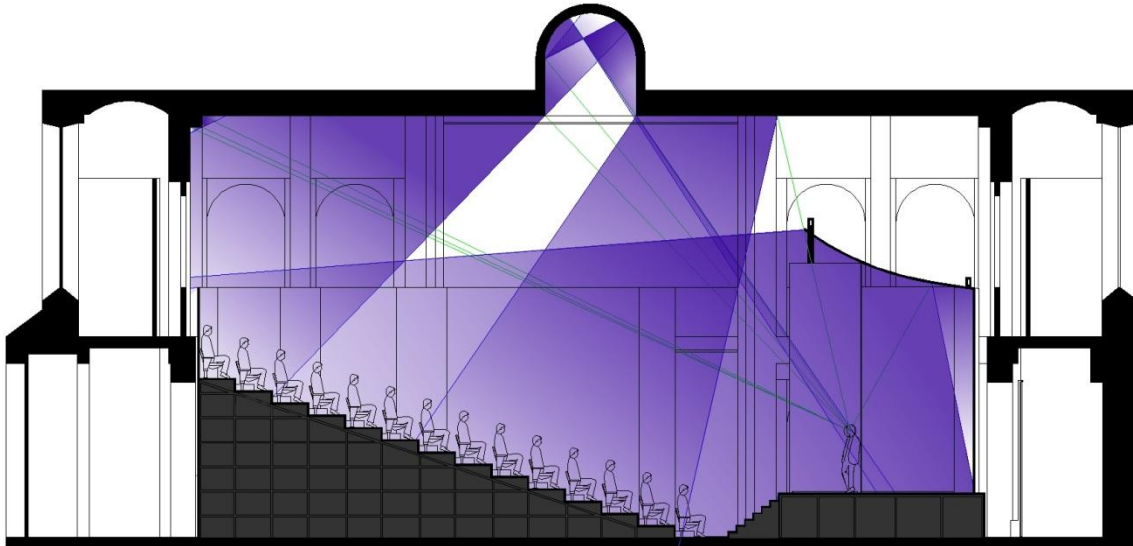
ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO IGLESIA DE LA BENEFICENCIA

Primeras reflexiones de las zonas adyacentes al graderío del patio de butacas:

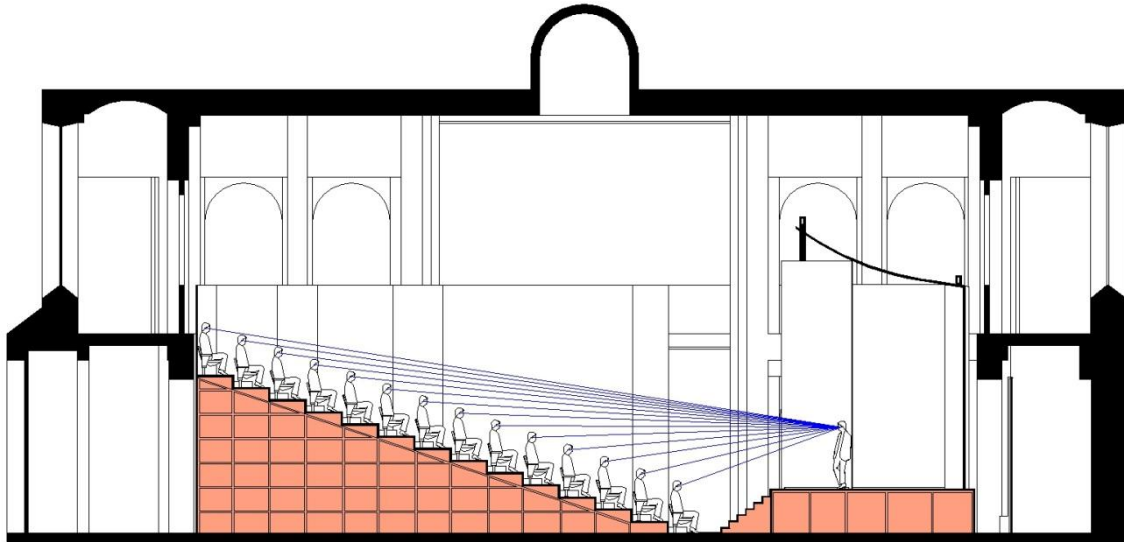


ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO IGLESIA DE LA BENEFICENCIA

Primeras reflexiones totales:



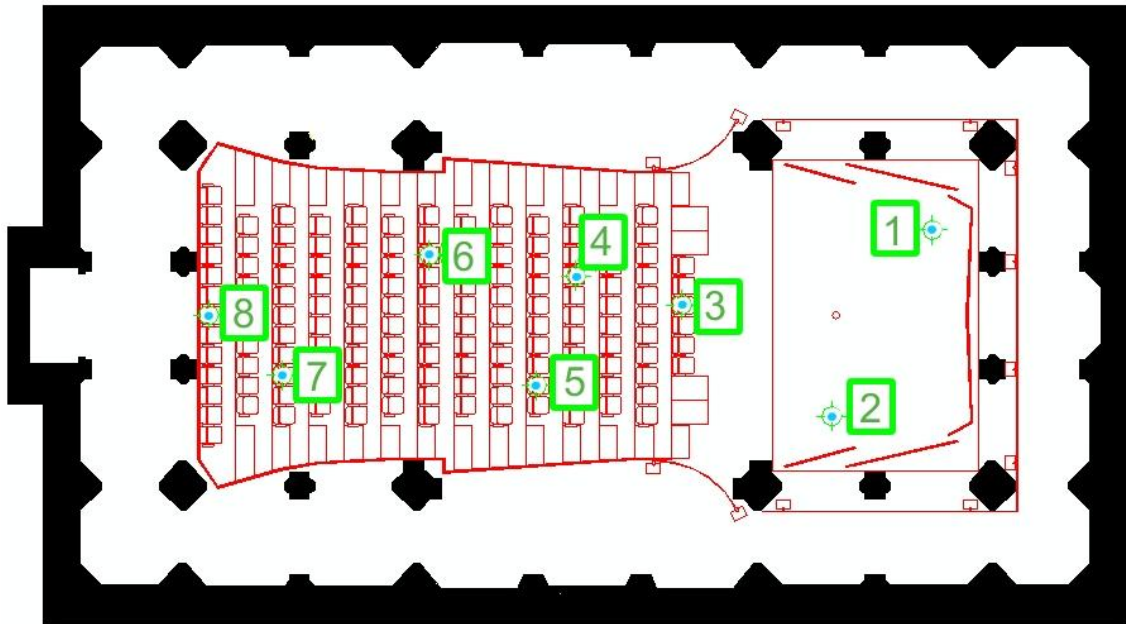
Sonido directo:



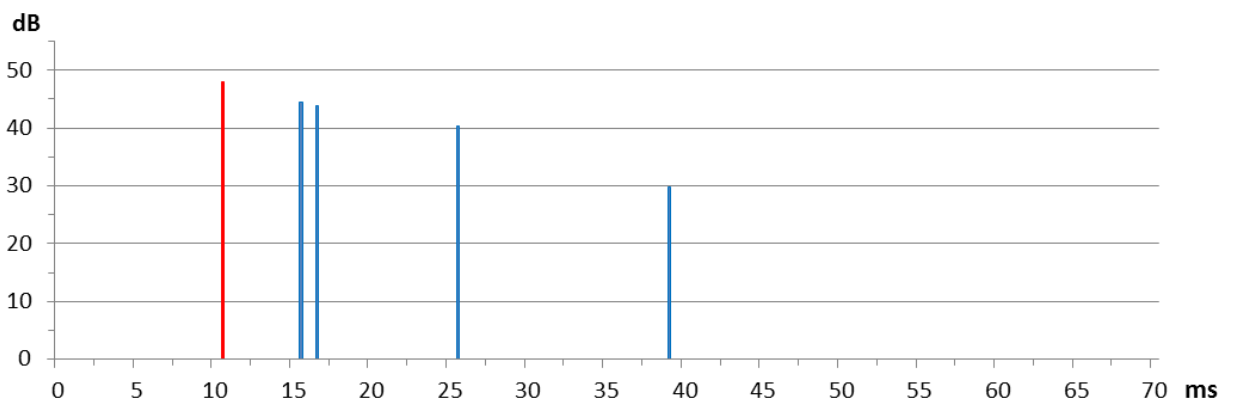
Observando estas primeras reflexiones (para ver las reflexiones de forma individual para cada superficie reflejante ver el *Anejo II: Material gráfico*), podemos ver como con las reflexiones laterales cubrimos casi la totalidad del patio de butacas, y con las láminas del escenario también cubrimos este, de forma que los huecos que quedan, sobretudo el de la zona central en la 3ª, 4ª y 5ª fila, están compensados con las reflexiones superiores, que cubren, gracias a la concha, la totalidad del patio de butacas, y el sonido directo, que no encuentra ningún obstáculo para llegar a cualquier zona de la sala. Con todo esto se consigue una homogenización del sonido en toda la sala.

Para comprobar esto, como veremos a continuación, hemos realizado ecogramas de las primeras reflexiones en 8 posiciones diferentes incluyendo el escenario, con una fuente de 70 dB para constatar el comportamiento de la sala.

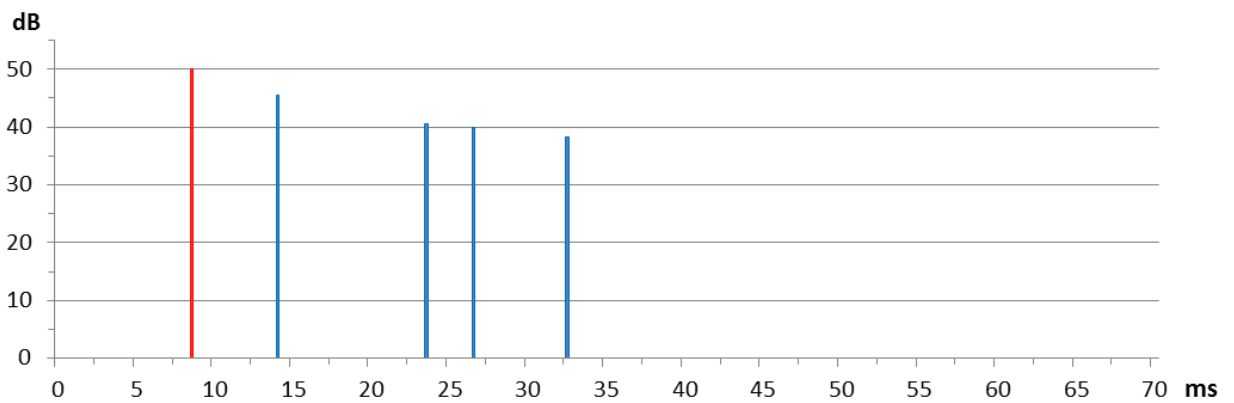
Posición de los puntos de medición:



- Posición 1: Intervalo de sonido: 19'38 ms

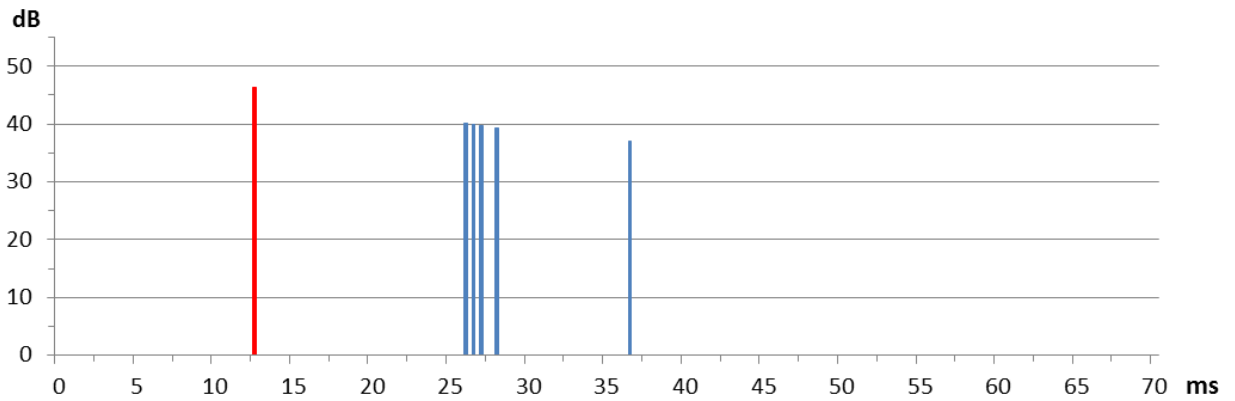


- Posición 2: Intervalo de sonido: 24'11 ms

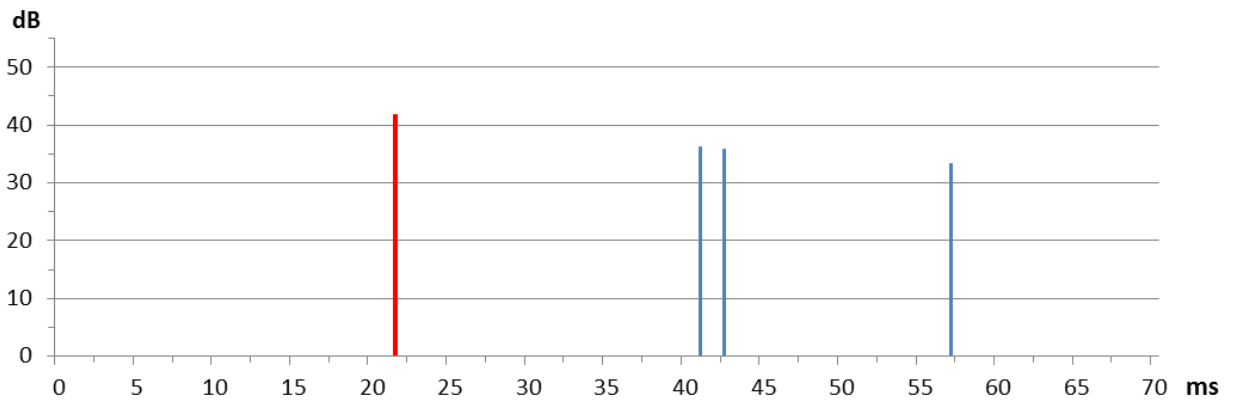


**ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO
IGLESIA DE LA BENEFICENCIA**

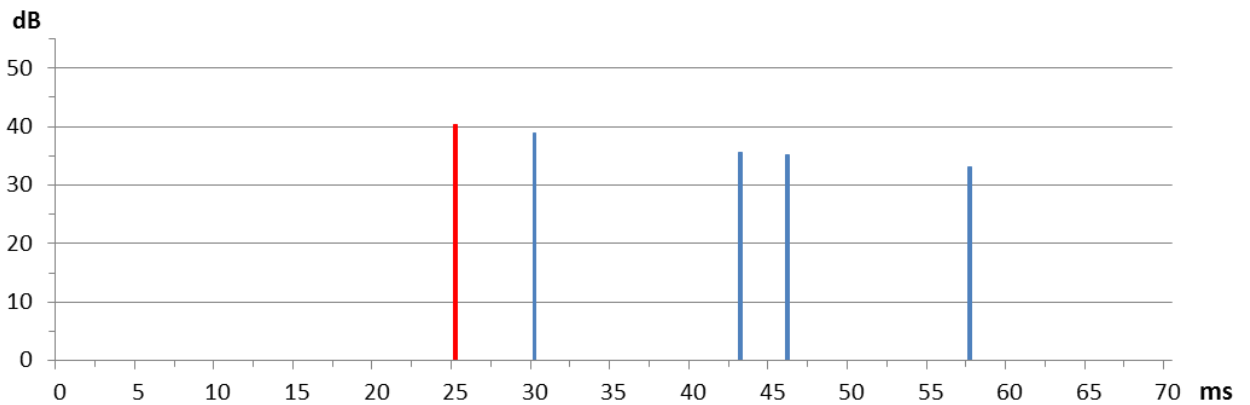
- Posición 3: Intervalo de sonido: 24'23 ms



- Posición 4: Intervalo de sonido: 35'53 ms

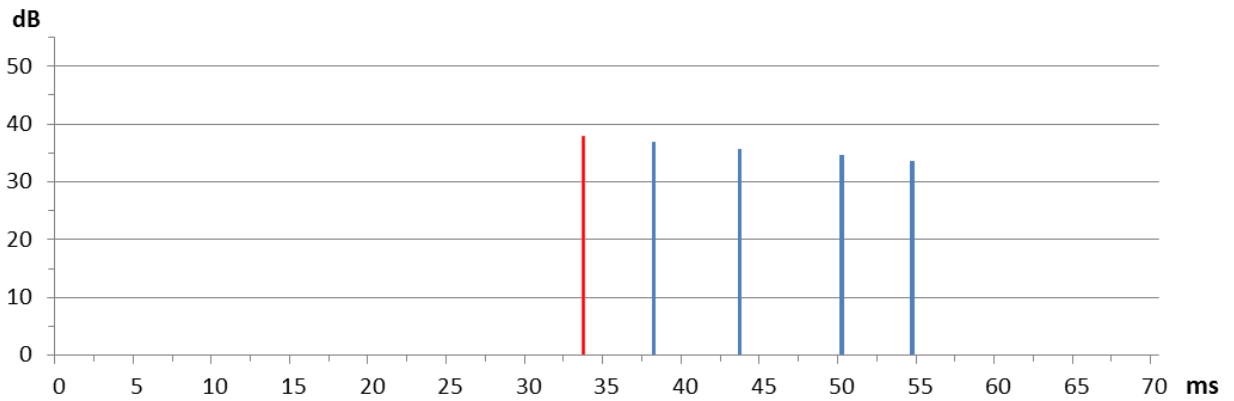


- Posición 5: Intervalo de sonido: 32,29 ms

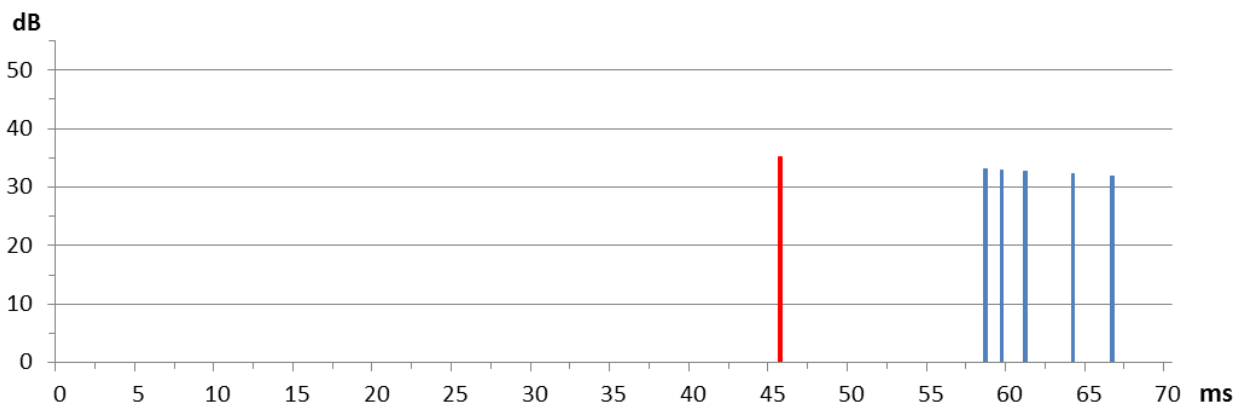


ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO
IGLESIA DE LA BENEFICENCIA

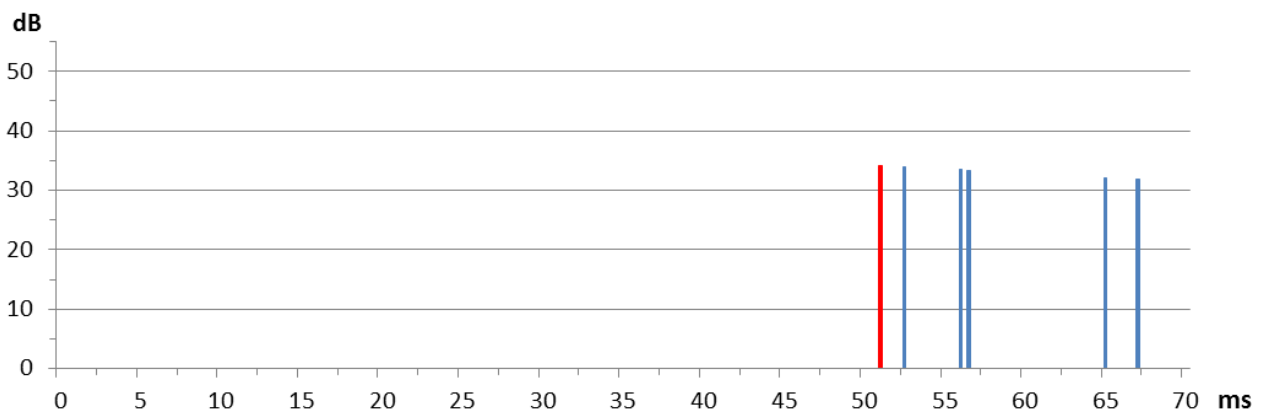
- Posición 6: Intervalo de sonido: 21'27 ms



- Posición 7: Intervalo de sonido: 21,27 ms



- Posición 8: Intervalo de sonido: 16,06 ms



ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO IGLESIA DE LA BENEFICENCIA

Analizando los ecogramas (para información más detallada consultar el *Anejo I: Cálculos*), vemos que tenemos todos los intervalos de tiempo dentro de los primeros 50 ms, intervalo de tiempo límite dónde el oído humano unifica todos los sonidos recibidos como uno solo, evitando así el efecto del eco.

La uniformidad de la sala la vemos a continuación:

Punto 1	Sonido	LPt	Rev	Directo	Punto 2	Sonido	LPt	Rev	Directo
	Distancia			3,57		Distancia			2,79
Sala vacía	dB	52,63	50,83	47,95	Sala vacía	dB	53,48	50,83	50,09
	ms			10,50		ms			8,21
Sala medio	dB	52,64	50,84	47,95	Sala medio	dB	53,49	50,84	50,09
	ms			10,50		ms			8,21
Sala llena	dB	52,65	50,86	47,95	Sala llena	dB	53,50	50,86	50,09
	ms			10,50		ms			8,21
Punto 3	Sonido	LPt	Rev	Directo	Punto 4	Sonido	LPt	Rev	Directo
	Distancia			4,27		Distancia			7,27
Sala vacía	dB	52,16	50,83	46,39	Sala vacía	dB	51,34	50,83	41,77
	ms			12,56		ms			21,38
Sala medio	dB	52,17	50,84	46,39	Sala medio	dB	51,35	50,84	41,77
	ms			12,56		ms			21,38
Sala llena	dB	52,19	50,86	46,39	Sala llena	dB	51,36	50,86	41,77
	ms			12,56		ms			21,38
Punto 5	Sonido	LPt	Rev	Directo	Punto 6	Sonido	LPt	Rev	Directo
	Distancia			8,51		Distancia			11,37
Sala vacía	dB	51,20	50,83	40,40	Sala vacía	dB	51,04	50,83	37,88
	ms			25,03		ms			33,44
Sala medio	dB	51,22	50,84	40,40	Sala medio	dB	51,06	50,84	37,88
	ms			25,03		ms			33,44
Sala llena	dB	51,23	50,86	40,40	Sala llena	dB	51,07	50,86	37,88
	ms			25,03		ms			33,44
Punto 7	Sonido	LPt	Rev	Directo	Punto 8	Sonido	LPt	Rev	Directo
	Distancia			15,41		Distancia			17,35
Sala vacía	dB	50,95	50,83	35,24	Sala vacía	dB	50,92	50,83	34,21
	ms			45,32		ms			51,03
Sala medio	dB	50,96	50,84	35,24	Sala medio	dB	50,94	50,84	34,21
	ms			45,32		ms			51,03
Sala llena	dB	50,98	50,86	35,24	Sala llena	dB	50,95	50,86	34,21
	ms			45,32		ms			51,03

Vemos como la diferencia del nivel de potencia total (LPt) mayor y menor para sala vacía es:

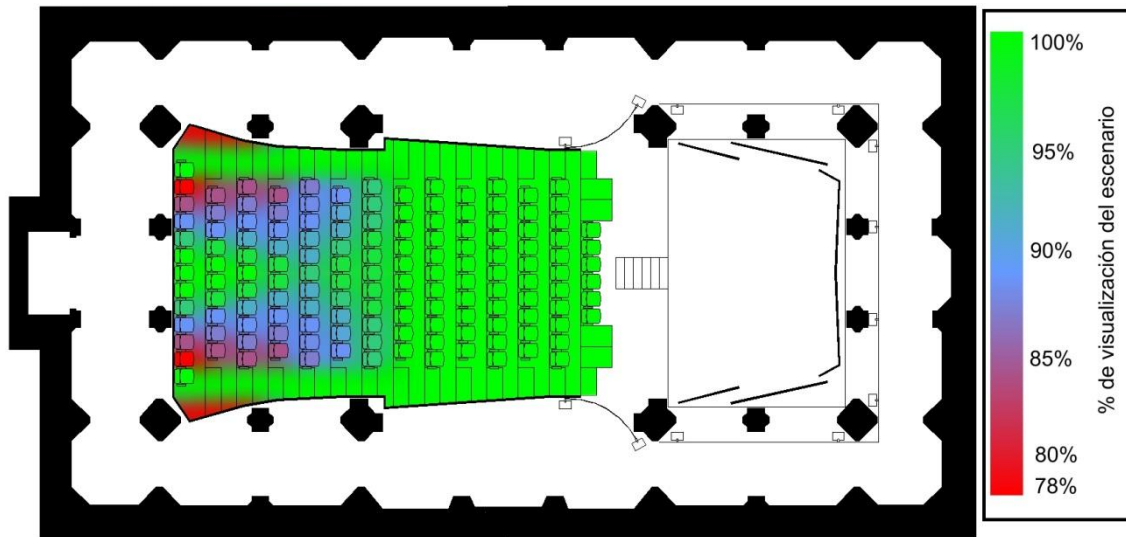
$$LPt = 50'92 \text{ dB} - 53'48 \text{ dB} = 2'56 \text{ dB}$$

Siendo 2'56 dB la diferencia podemos afirmar que hemos conseguido una sala con un nivel sonoro homogeneizado en toda ella.

Tanto en las reflexiones como en los ecogramas hay que tener presente que son primeras reflexiones, con la inclusión de sucesivas reflexiones en el cálculo mejoraría la homogeneidad del nivel sonoro y la cobertura acústica a lo largo de toda la sala.

Justificación del diseño: Estudio de visuales

Para garantizar un correcto disfrute del futuro uso musical previsto tenemos que garantizar una correcta visualización de todo el escenario. Para ello comprobaremos la correcta visualización del escenario en toda su profundidad y anchura:



Para ver con más detalle los cálculos e imágenes consultar el *Anejo I: Cálculo*.

Después del análisis podemos comprobar como más de la mitad de la sala posee la totalidad de la visión de la escena, siendo únicamente dos plazas las que bajan del 80% de visualización (77'81%). El resto de la sala que no llega al 100% se mantiene mayoritariamente por encima del 90%, por ello podemos afirmar que la propuesta cumple con los requisitos necesarios, a nivel visual, para poder disfrutar con el confort necesario del futuro uso.

Justificación del diseño: Materiales y absorción de la sala

Para que nuestra sala tenga las condiciones que tenemos como objetivo (véase el apartado *Objetivo del proyecto*) tenemos que complementar los diseños anteriores con una adecuada elección de materiales. Esta es una parte crucial, ya que aparte de influir de forma abultada en el presupuesto según las calidades elegidas, los materiales nos permitirán corregir algunas deficiencias que pueda tener el diseño de la sala, así como potenciar o limitar las características que nos sean convenientes.

Para ello inicialmente hemos distribuidos los materiales por los diferentes elementos según una característica principal, su capacidad de absorber (reduciéndonos el Tiempo de Reverberación) o de reflejar el sonido (actuando como una membrana y ayudándonos con las reflexiones del sonido). Básicamente hemos dividido las zonas donde elegir materiales de la siguiente forma:

- Cortina alrededor del escenario en la Planta Baja y Primera y en los accesos.
- Patio de butacas: Suelo.
- Patio de butacas: Láminas laterales.
- Patio de butacas: Sillas vacías.
- Patio de butacas: Sillas ocupadas.
- Escenario: Tarima
- Escenario: Láminas laterales y Concha de escena.

Estas zonas son reflejantes o absorbentes como se ve a continuación:

Materiales Reflejantes	Materiales absorbentes
<ul style="list-style-type: none"> ○ Escenario: Láminas laterales y Concha de escena ○ Patio de butacas: Láminas laterales ○ Escenario: Tarima 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cortina alrededor del escenario en la Planta Baja y Primera y en los accesos ○ Patio de butacas: Suelo ○ Patio de butacas: Sillas vacías ○ Patio de butacas: Sillas ocupadas

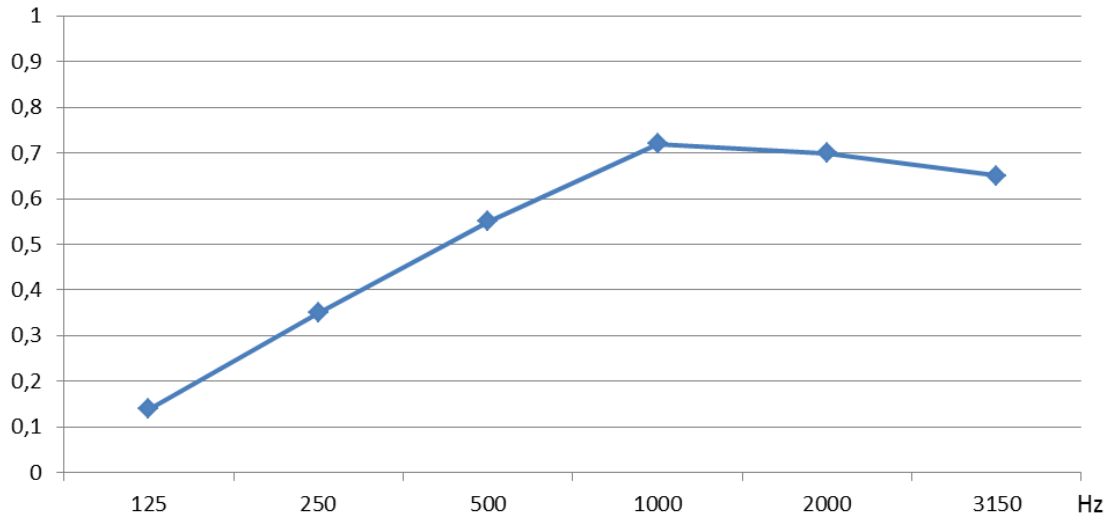
**ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO
IGLESIA DE LA BENEFICENCIA**

De forma que los materiales elegidos son los siguientes:

Cortina alrededor del escenario y de la zona de acceso en 1ª y 2ª pl						
Cortina de algodón de 620,g/m2 fruncida al 150 %						Superficie m2
						246,60
Frecuencias	125	250	500	1000	2000	3150
Coefficiente Absorción	0,14	0,35	0,55	0,72	0,7	0,65
Absorción material	34,52	86,31	135,63	177,55	172,62	160,29

* La superficie de las cortinas de la 1ª planta contamos un 10% y de la 2ª planta un 95%

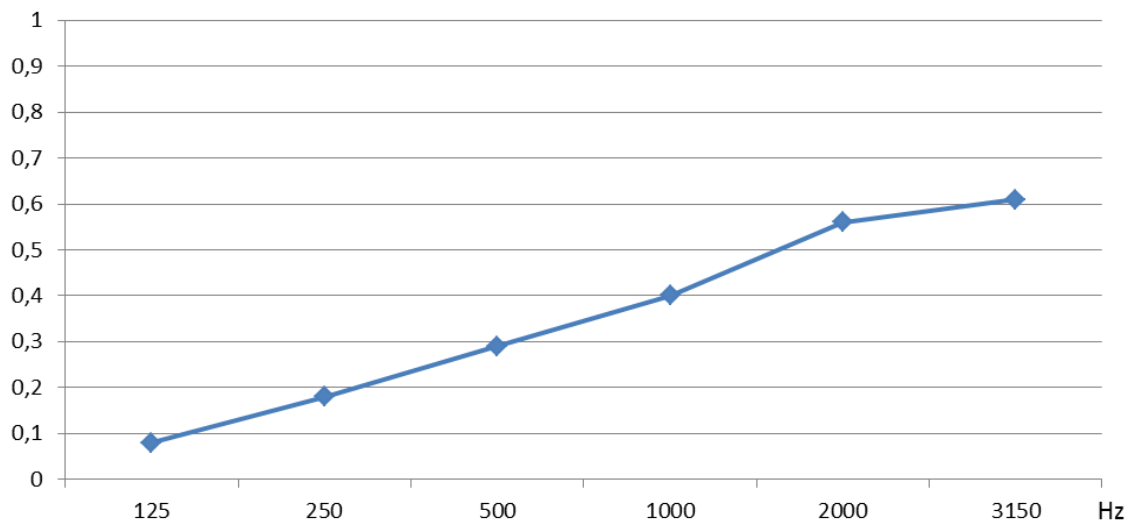
Sabines



Como toda la superficie de las cortinas no está totalmente expuesta a la sala, y por lo tanto a sus reflexiones, hemos considerado que de la superficie de la cortina de la planta baja solo influye un 10% y de la 1ª planta el 95%.

Suelo patio butacas						
Vibrasto 20mm						Superficie m2
						28,66
Frecuencias	125	250	500	1000	2000	3150
Coefficiente Absorción	0,08	0,18	0,29	0,4	0,56	0,61
Absorción material	2,29	5,16	8,31	11,46	16,05	17,48

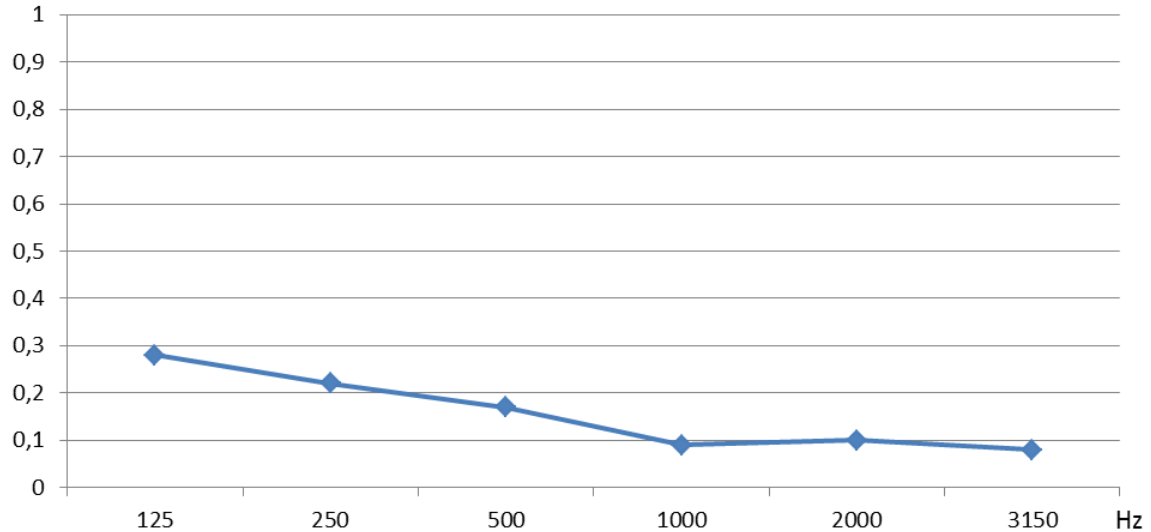
Sabines



**ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO
IGLESIA DE LA BENEFICENCIA**

Láminas laterales del patio de butacas						
Contrachapado de madera de 10 mm formando pequeñas cavidades máx. 25 mm en dorso						Superficie m2
						161,40
Frecuencias	125	250	500	1000	2000	3150
Coeficiente Absorción	0,28	0,22	0,17	0,09	0,1	0,08
Absorción material	45,19	35,51	27,44	14,53	16,14	12,91

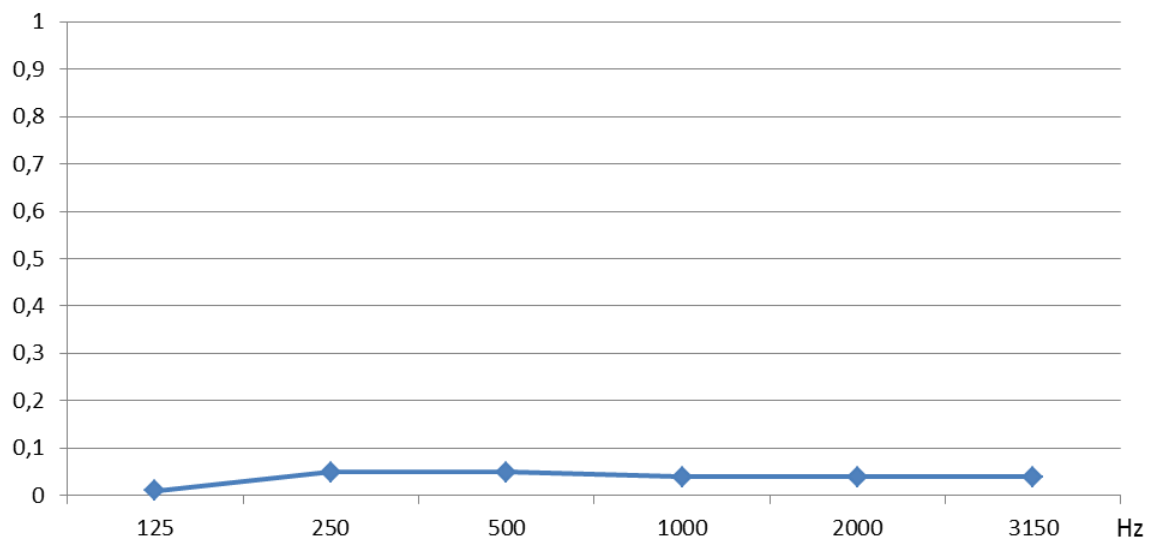
Sabines



Escenario						
Tarima - Madera sólida de 5cm de espesor						Superficie m2
						59,27
Frecuencias	125	250	500	1000	2000	3150
Coeficiente Absorción	0,01	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Absorción material	0,59	2,96	2,96	2,37	2,37	2,37

*Superficie superior y la lámina frontal del escenario

Sabines

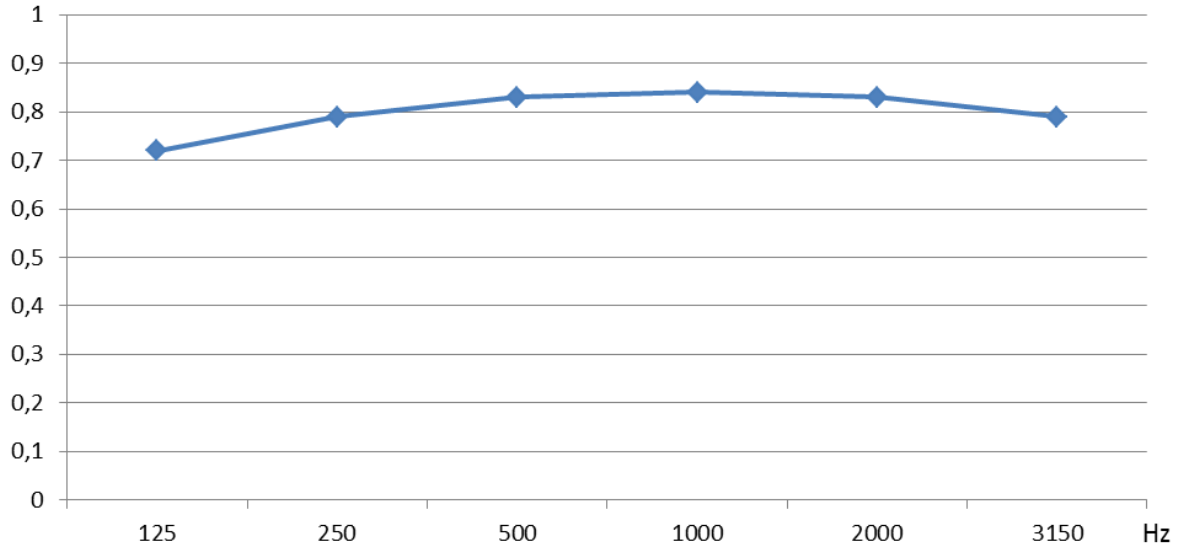


De la tarima del escenario solo contamos con la superficie superior horizontal de la y con la superficie frontal que está con su cara orientada al graderío del patio de butacas.

**ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO
IGLESIA DE LA BENEFICENCIA**

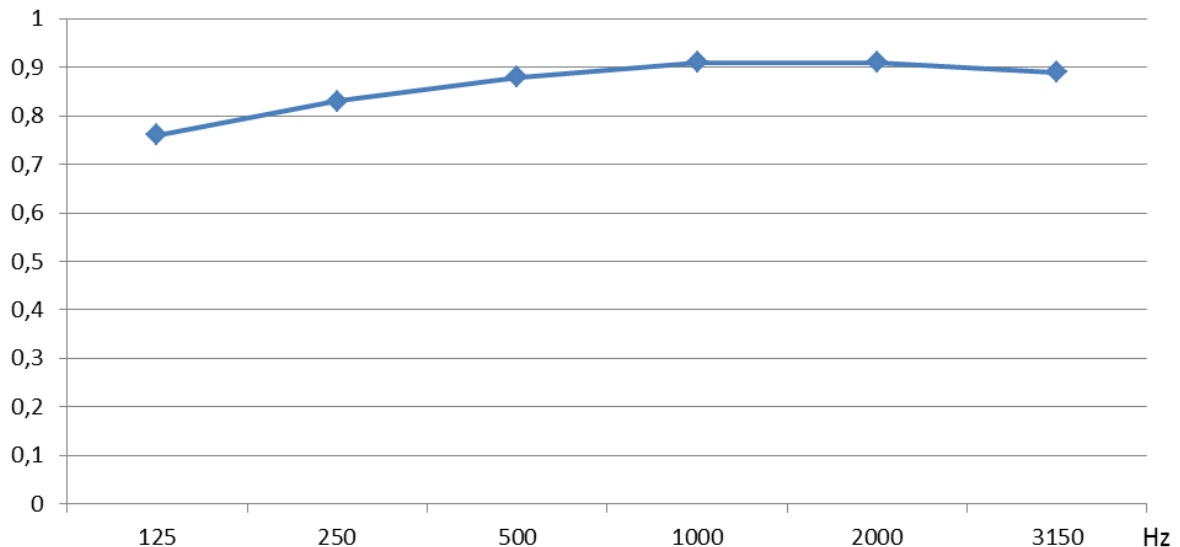
Sillas vacias						
Sillas vacias con alto porcentaje de superficie tapizada						Superficie m2
						40,43
Frecuencias	125	250	500	1000	2000	3150
Coefficiente Absorción	0,72	0,79	0,83	0,84	0,83	0,79
Absorción material	29,11	31,94	33,55	33,96	33,55	31,94

Sabines



Sillas ocupadas						
Sillas ocupadas con alto porcentaje de superficie tapizada						Superficie m2
						40,43
Frecuencias	125	250	500	1000	2000	3150
Coefficiente Absorción	0,76	0,83	0,88	0,91	0,91	0,89
Absorción material	30,72	33,55	35,57	36,79	36,79	35,98

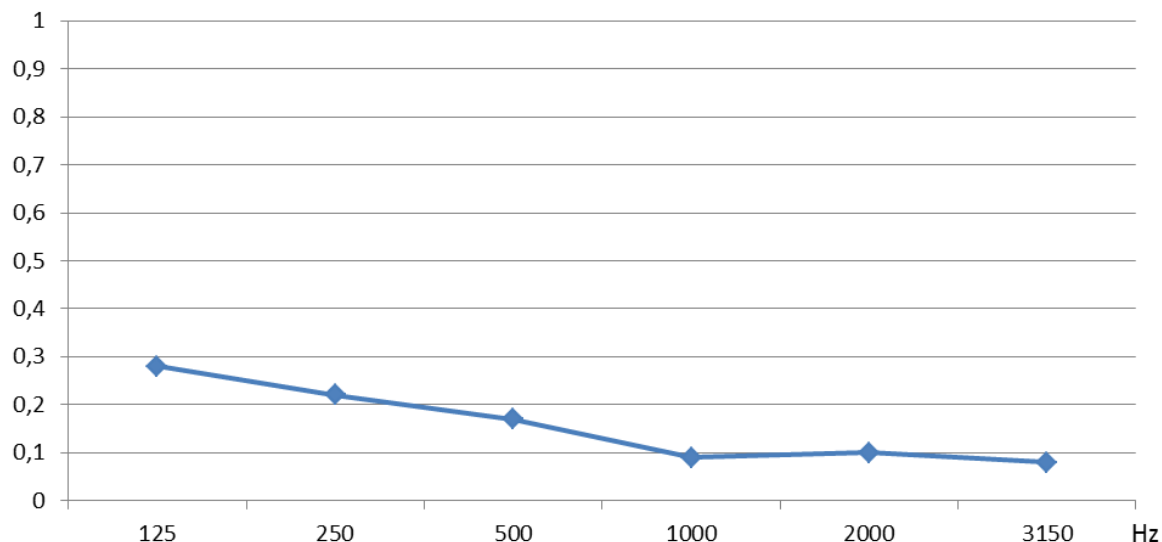
Sabines



**ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO
IGLESIA DE LA BENEFICENCIA**

Escenario: Láminas laterales y concha del escenario						
Madera fijada sólidamente a una pared o a un sólido						Superficie m ²
						142,14
Frecuencias	125	250	500	1000	2000	3150
Coefficiente Absorción	0,28	0,22	0,17	0,09	0,1	0,08
Absorción material	39,80	31,27	24,16	12,79	14,21	11,37

Sabines



Absorción de la sala

Una vez definidos los materiales, ya podemos averiguar que absorción tenemos en la sala para, mediante la fórmula de Sabine, obtener el Tiempo de Reverberación de la sala.

La absorción (en Sabines) que tenemos inicialmente en el recinto antes de la intervención es:

Frecuencias (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150
Absorción inicial	222,19	206,86	227,01	255,51	303,49	364,81

A continuación averiguaremos la absorción que necesitan aportar los materiales elegidos, para ello hemos partido de la base que las superficies de los elementos de la sala son 1.410'22 m², de esta superficie, la actuación propuesta interviene en 678'49 m², de forma que mantenemos inalterados 731'73 m², que representa el 51'89% del total de la superficie, por lo tanto vamos a conservar dicho 51'89% se superficie y renovaremos el restante 48'11%. De forma que:

Frecuencias (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150
Absorción existente	222,19	207,62	198,14	206,86	216,85	224,03
Absorción necesaria	312,51	332,04	354,18	354,18	379,47	408,66
Absorción a conseguir	205,61	232,15	258,84	254,65	275,14	300,88

*La absorción está en Sabines

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO IGLESIA DE LA BENEFICENCIA

Una vez sabemos que absorción necesitamos conseguir vemos si los materiales elegidos son suficientes para conseguir las características deseadas:

Frecuencias (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150
Absorción a conseguir	205,61	232,15	258,84	254,65	275,14	300,88
Absorción conseguida	151,51	193,15	232,06	252,66	254,95	236,36
Diferencia	54,10	39,00	26,78	1,99	20,19	64,51

*Los cálculos están detallados en el *Anejo I: Cálculos*

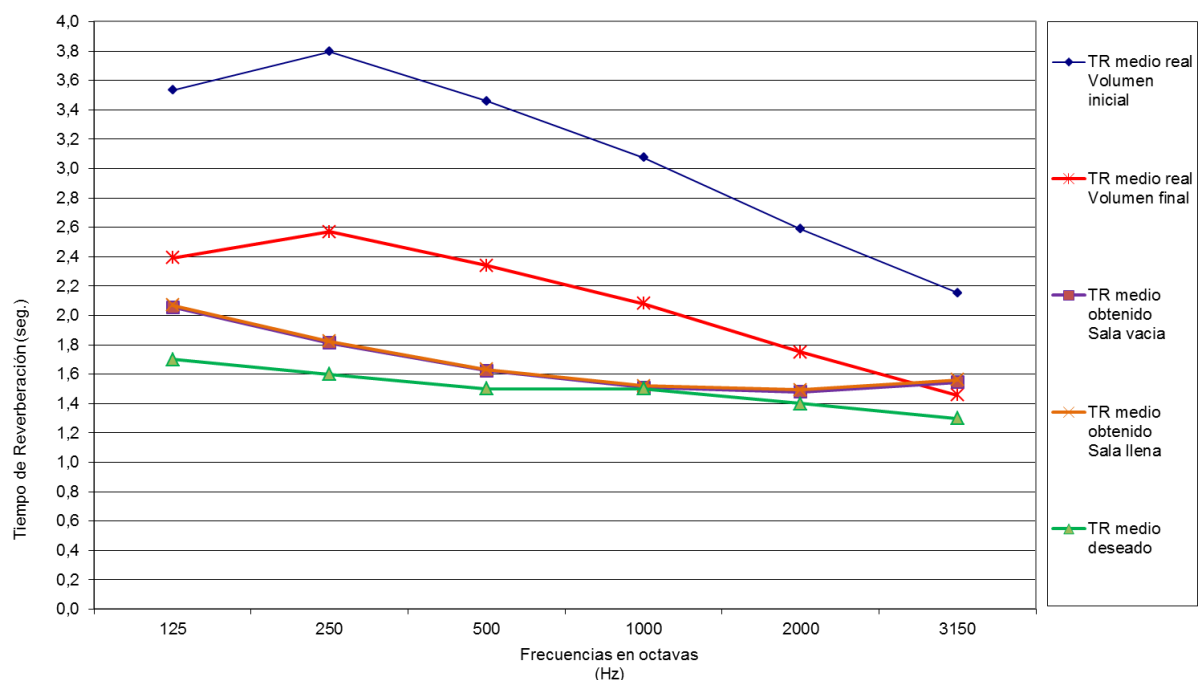
Justificación del diseño: Acondicionamiento acústico

Ahora que ya sabemos la absorción de nuestra sala, podemos empezar a averiguar las características acústicas de esta para averiguar su nivel de confort acústico.

- **Tiempo de Reverberación (TR):**

La reducción del volumen de la sala, junto con la absorción de los materiales ha variado el TR hasta conseguir los valores que mostramos a continuación.

Frecuencias (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150
TR medio obtenido Sala vacía	2,06	1,81	1,62	1,51	1,48	1,54
TR medio obtenido Sala llena	2,07	1,82	1,63	1,52	1,49	1,56
TR medio óptimo	1,70	1,60	1,50	1,50	1,40	1,30



En la gráfica anterior podemos ver claramente como se ha conseguido acercar de forma muy aproximada los tiempos de la sala con lo que queríamos conseguir, aunque tenemos un pequeño exceso de absorción en las frecuencias medias y ha sobrado un poco de absorción a frecuencias bajas, aunque en términos generales hemos conseguido unos TR aceptables.

Con estos datos el Tiempo de Reverberación promedio es el siguiente:

TRmid = 1'6 segundos

Aunque deseábamos obtener un TRmid = 1'5 segundos, el valor de nuestra sala, aunque no óptimo sí que es aceptable y es adecuado para el uso previsto. El TRmid para sala vacía y sala llena son iguales, debido a que las sillas elegidas tienen una absorción prácticamente idéntica a la de una persona.

- **Brillo (Br):**

El brillo obtenido es: Brillo = 0'97. El valor del brillo debe ser de $1 \geq Br \geq 0'87$, de forma que nos movemos dentro del rango permitido. Con un Brillo de 0'97 estamos frente a una sala con mucho brillo, con un sonido muy claro y rico en armónicos, de forma totalmente contraria a como era inicialmente. Como se ha comprobado en la gráfica anterior, hay falta de frecuencias bajas o tonos graves, pero este valor nos indica una gran riqueza tonos agudos.

- **Calidez (BR o Bass Ratio):**

La calidez de nuestra sala es ahora de 1'24, siendo los límites $1'45 \geq BR \geq 1'10$. Con esto nuestro recinto ha ganado calidez, siendo ahora un local muy vivo, esto afectará a la melosidad y suavidad del sonido, enriqueciéndolo. Con este calor la sala tendrá una gran riqueza de tonos graves.

CONCLUSIONES del proyecto

Con nuestra propuesta hemos obtenido una sala de características muy diferentes a las de la iglesia de la cual partíamos como base. Con las modificaciones propuestas en este documento y los materiales elegidos hemos conseguido una sala que, aunque no es excelente, si es adecuada para poder hacer representaciones musicales con solistas o grupos pequeños.

Hemos conseguido una sala brillante y muy viva que nos permitirá disfrutar de actuaciones con suaves sonidos, pudiendo representar a pequeña escala casi cualquier tipo de música, aunque para representaciones de música sinfónica no sería el local más adecuado, atendiendo a los Tiempos de Reverberación necesarios para este tipo de música (1'8 ~ 2 seg.).

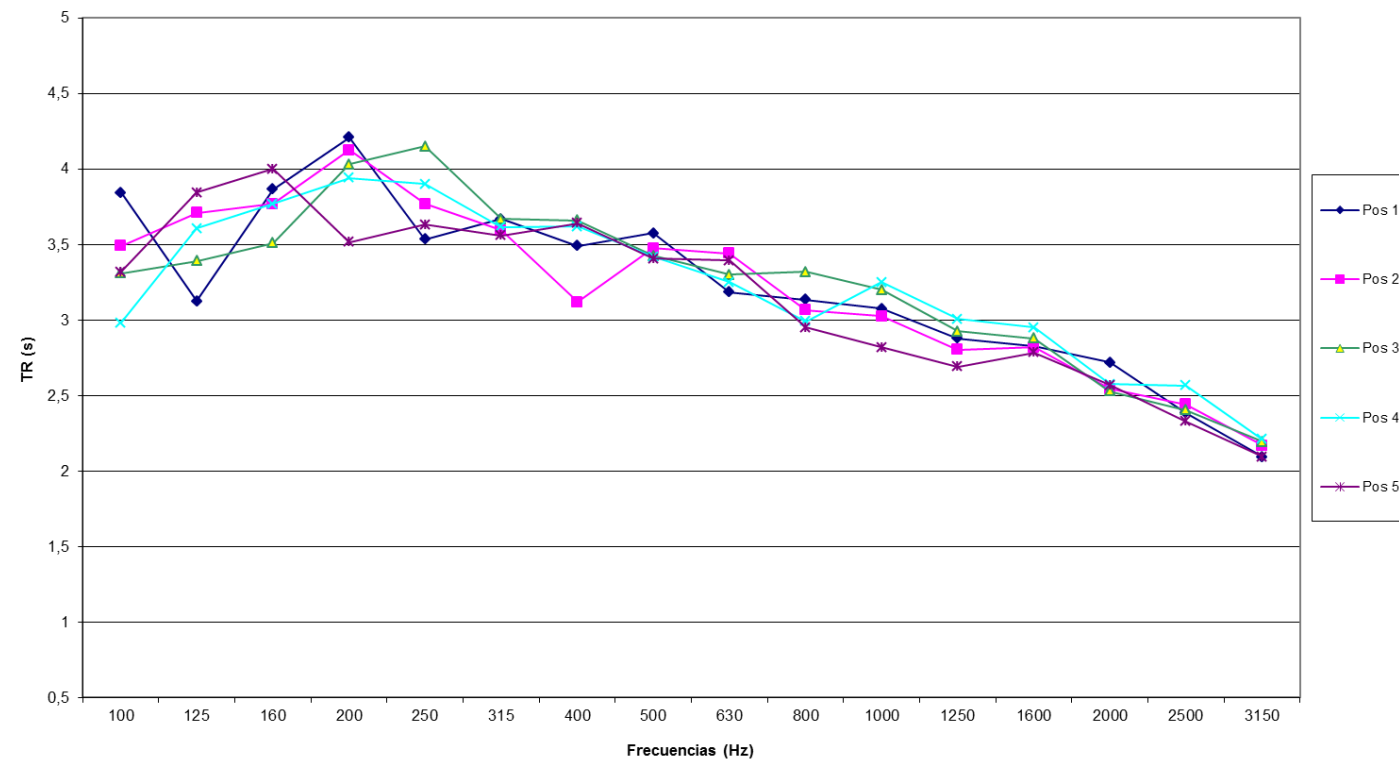
Y todas estas características las hemos conseguido sin alterar lo más mínimo ningún elemento existente, ya que toda la intervención está enfocada con elementos prefabricados, sin anclajes a ningún elemento histórico-artístico, sujetándose mediante vigas en celosía la concha e incluso la iluminación. Los apoyos de las cortinas de la planta baja se sustentan con lastres que las sujetan y estabilizan, estando en la primera planta ancladas al cerramiento realizado sobre el pavimento existente previa autorización expresa de Patrimonio. Siendo las cortinas un elemento de separación de espacios, permitiéndonos observar cualquier detalle de la iglesia con el simple hecho de apartar la cortina, siendo una opción sencilla y cómoda.

ANEJO I: cálculos

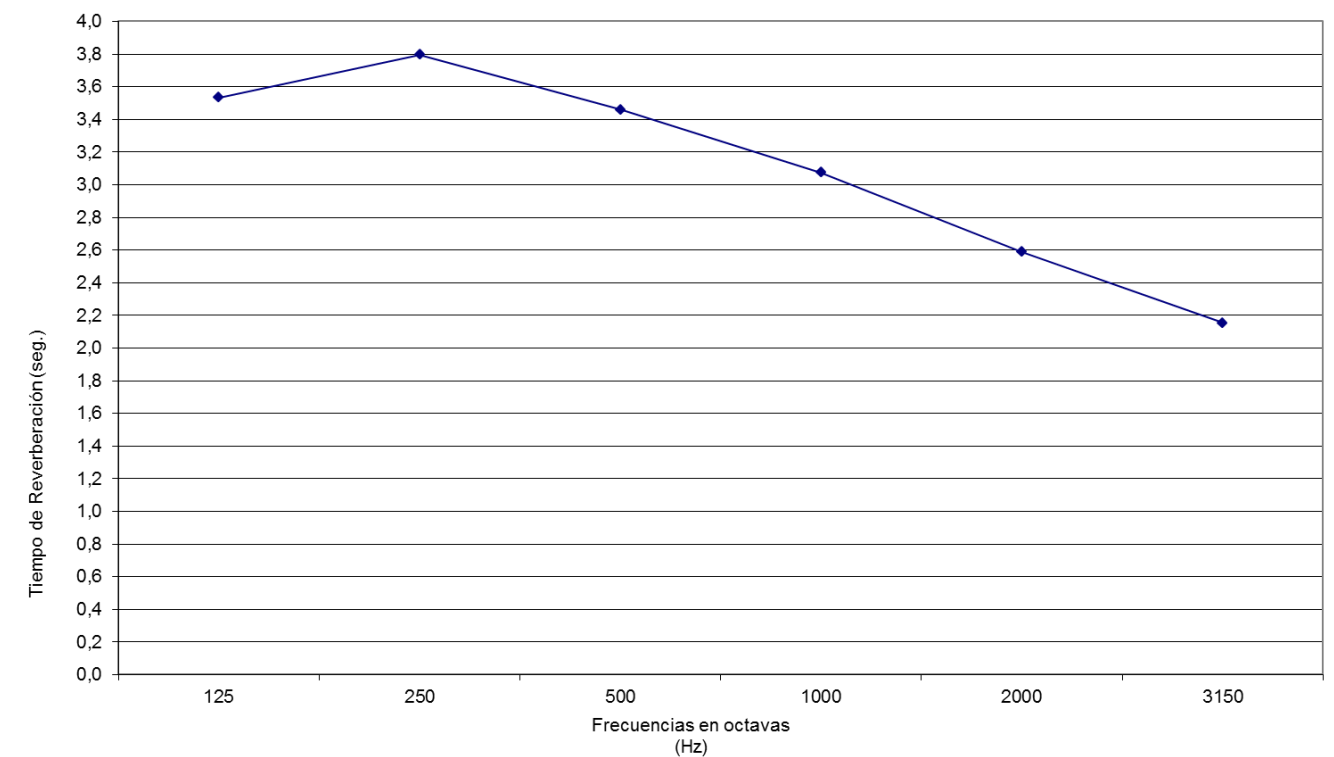
Análisis de la iglesia – Características

Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Pos 1																	
TR20	05/02/1999	3,71	2,88	3,91	4,28	3,57	3,75	3,57	3,75	3,26	3,16	3,15	2,96	2,87	2,68	2,36	2,11
TR30		3,98	3,37	3,82	4,14	3,5	3,59	3,41	3,4	3,11	3,11	3	2,8	2,78	2,76	2,41	2,08
media		3,845	3,125	3,865	4,21	3,535	3,67	3,49	3,575	3,185	3,135	3,075	2,88	2,825	2,72	2,385	2,095
Pos 2																	
TR20		3,09	3,67	3,78	4,14	3,74	3,64	3,14	3,46	3,38	2,97	3,01	2,74	2,81	2,48	2,43	2,19
TR30		3,89	3,75	3,76	4,11	3,8	3,55	3,1	3,49	3,5	3,16	3,04	2,87	2,83	2,61	2,45	2,15
media		3,49	3,71	3,77	4,125	3,77	3,595	3,12	3,475	3,44	3,065	3,025	2,805	2,82	2,545	2,44	2,17
Pos 3																	
TR20	05/02/1999	3,31	3,34	3,52	4,07	4,29	3,77	3,7	3,4	3,4	3,38	3,19	2,89	2,92	2,54	2,42	2,22
TR30		3,31	3,44	3,5	3,99	4,01	3,57	3,62	3,45	3,2	3,26	3,21	2,96	2,84	2,52	2,39	2,17
media		3,31	3,39	3,51	4,03	4,15	3,67	3,66	3,425	3,3	3,32	3,2	2,925	2,88	2,53	2,405	2,195
Pos 4																	
TR20	05/02/1999	2,98	3,42	3,67	3,93	3,94	3,64	3,79	3,44	3,2	2,91	3,35	3,03	3,03	2,58	2,61	2,23
TR30		2,98	3,79	3,87	3,95	3,86	3,59	3,45	3,4	3,3	3,07	3,15	2,98	2,87	2,57	2,52	2,19
media		2,98	3,605	3,77	3,94	3,9	3,615	3,62	3,42	3,25	2,99	3,25	3,005	2,95	2,575	2,565	2,21
Pos 5																	
TR20	05/02/1999	3,32	3,93	4,27	3,35	3,54	3,51	3,65	3,41	3,45	2,88	2,7	2,71	2,81	2,56	2,32	2,08
TR30		3,32	3,76	3,73	3,68	3,72	3,61	3,63	3,4	3,34	3,02	2,94	2,67	2,76	2,58	2,34	2,11
media		3,32	3,845	4	3,515	3,63	3,56	3,64	3,405	3,395	2,95	2,82	2,69	2,785	2,57	2,33	2,095
Media total																	
Medias TR	05/02/1999	3,39	3,54	3,78	3,96	3,80	3,62	3,51	3,46	3,31	3,09	3,07	2,86	2,85	2,59	2,43	2,15

Tiempo de Reverberación desde 5 posiciones distintas:



Tiempo de Reverberación medio (TRmed) en bandas de octavas:



Análisis de la iglesia – Características

- **Tiempo de Reverberación promedio:**

$$TR_{\text{mid}} = \frac{TR_{500\text{Hz}} + TR_{1000\text{Hz}}}{2} = \frac{3'46 + 3'07}{2} = 3'27 \text{ segundos}$$

- **Calidez:**

$$\text{Calidez} = \frac{TR_{125\text{Hz}} + TR_{250\text{Hz}}}{TR_{500\text{Hz}} + TR_{1000\text{Hz}}} = \frac{3'54 + 3'80}{3'46 + 3'07} = 1'12 \text{ (Brass Ratio)}$$

- **Brillo:**

La calidez es un dato que se calcula $\frac{TR_{2000\text{Hz}} + TR_{4000\text{Hz}}}{TR_{500\text{Hz}} + TR_{1000\text{Hz}}}$, pero al no disponer de la medida a 4000 Hz, utilizaremos como referencia de cálculo la medición en la frecuencia más próxima, la de 3150 Hz calcula, quedando $\frac{TR_{2000\text{Hz}} + TR_{3150\text{Hz}}}{TR_{500\text{Hz}} + TR_{1000\text{Hz}}}$.

$$\text{Brillo} = \frac{TR_{2000\text{Hz}} + TR_{3150\text{Hz}}}{TR_{500\text{Hz}} + TR_{1000\text{Hz}}} = \frac{2'59 + 2'15}{3'46 + 3'07} = 0'73$$

Análisis de la propuesta: Absorción sala vacía

Volumen (m3)	3219,78
---------------------	---------

Frecuencias (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150
TR volumen inicial	3,54	3,80	3,46	3,07	2,59	2,15
TR volumen final	2,39	2,57	2,34	2,08	1,75	1,46

Frecuencias (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150
Absorción existente	222,19	207,62	198,14	206,86	216,85	224,03
Absorción necesaria	312,51	332,04	354,18	354,18	379,47	408,66
Absorción a conseguir	205,61	232,15	258,84	254,65	275,14	300,88

Cortina alrededor del escenario y de la zona de acceso:						
Cortina de algodón de 620,g/m2 fruncida al 150 %						
Coefficiente Absorción	0,14	0,35	0,55	0,72	0,7	0,65
Superficie	246,60	10% de la 1ª planta - 95% de la 2ª planta				
Absorción material	34,52	86,31	135,63	177,55	172,62	160,29
Absorción restante a cons.	171,08	145,84	123,21	77,10	102,52	140,59

Sillas vacías: Sillas vacías con alto porcentaje de superficie tapizada						
Coefficiente Absorción	0,72	0,79	0,83	0,84	0,83	0,79
Superficie	40,43					
Absorción material	29,11	31,94	33,55	33,96	33,55	31,94
Absorción restante a cons.	141,98	113,90	89,66	43,14	68,97	108,65

Suelo patio butacas: Vibrasto 20mm						
Coefficiente Absorción	0,08	0,18	0,29	0,4	0,56	0,61
Superficie	28,66					
Absorción material	2,29	5,16	8,31	11,46	16,05	17,48
Absorción restante a cons.	139,68	108,74	81,35	31,68	52,92	91,17

Láminas laterales del patio de butacas:						
Contrachapado de madera de 10 mm formando pequeñas cavidades máx. 25 mm en dorso						
Coefficiente Absorción	0,28	0,22	0,17	0,09	0,1	0,08
Superficie	161,40					
Absorción material	45,19	35,51	27,44	14,53	16,14	12,91
Absorción restante a cons.	94,49	73,23	53,91	17,15	36,78	78,26

Escenario: Tarima: Madera sólida, 5 cm de espesor						
Coefficiente Absorción	0,01	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Superficie	59,27	Superficie + lámina frontal				
Absorción material	0,59	2,96	2,96	2,37	2,37	2,37
Absorción restante a cons.	93,90	70,27	50,95	14,78	34,41	75,89

Escenario: Láminas y concha escenario: Madera fijada sólidamente a una pared o a un sólido						
Coefficiente Absorción	0,28	0,22	0,17	0,09	0,1	0,08
Superficie	142,14					
Absorción material	39,80	31,27	24,16	12,79	14,21	11,37
Absorción restante a cons.	54,10	39,00	26,78	1,99	20,19	64,51

Análisis de la propuesta: Absorción sala vacía

Volumen (m3)	3219,78
---------------------	---------

Frecuencias (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150
TR volumen inicial	3,54	3,80	3,46	3,07	2,59	2,15
TR volumen final	2,39	2,57	2,34	2,08	1,75	1,46

Frecuencias (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150
Absorción existente	222,19	207,62	198,14	206,86	216,85	224,03
Absorción necesaria	312,51	332,04	354,18	354,18	379,47	408,66
Absorción a conseguir	205,61	232,15	258,84	254,65	275,14	300,88

Cortina alrededor del escenario y de la zona de acceso:						
Cortina de algodón de 620,g/m2 fruncida al 150 %						
Coefficiente Absorción	0,14	0,35	0,55	0,72	0,7	0,65
Superficie	246,60	10% de la 1ª planta - 95% de la 2ª planta				
Absorción material	34,52	86,31	135,63	177,55	172,62	160,29
Absorción restante a cons.	171,08	145,84	123,21	77,10	102,52	140,59

Sillas ocupadas: Sillas ocupadas con alto porcentaje de superficie tapizada						
Coefficiente Absorción	0,76	0,83	0,88	0,91	0,91	0,89
Superficie	40,43					
Absorción material	30,72	33,55	35,57	36,79	36,79	35,98
Absorción restante a cons.	140,36	112,28	87,64	40,31	65,73	104,61

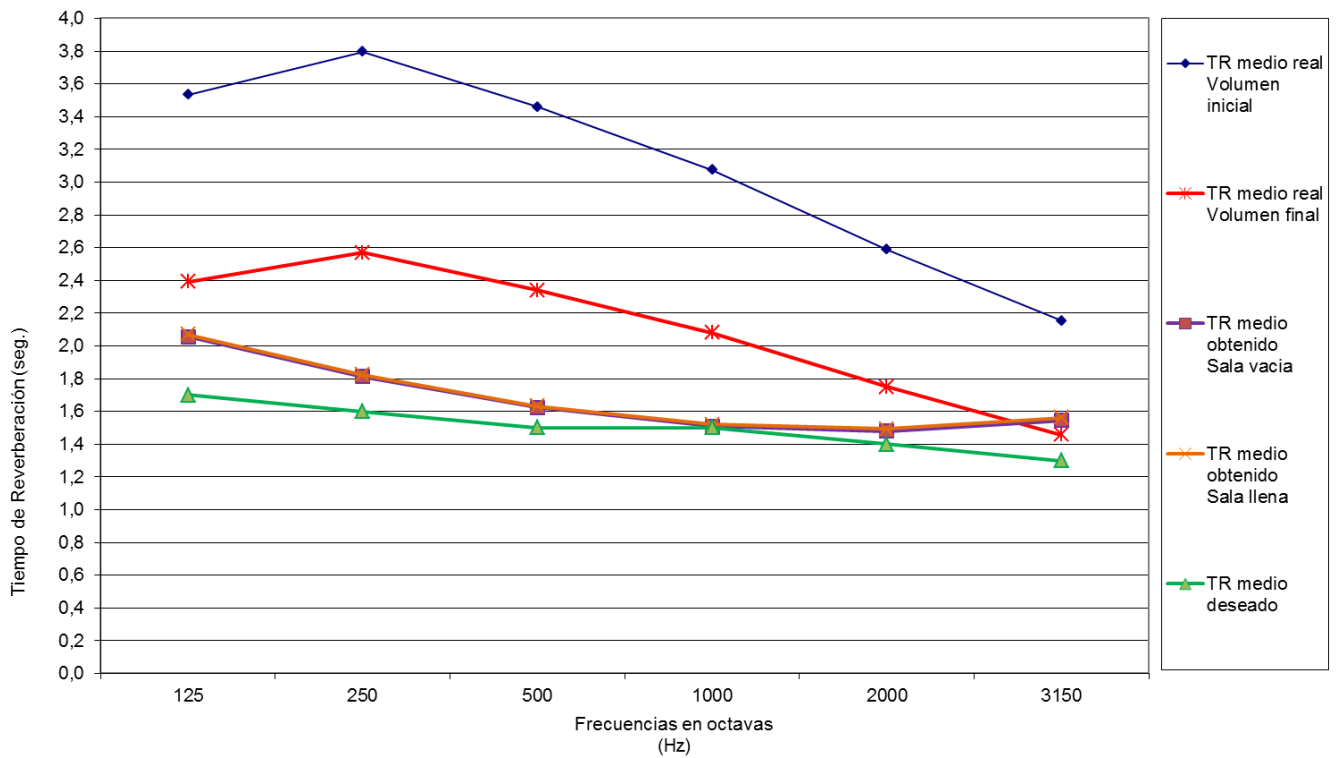
Suelo patio butacas: Vibrasto 20mm						
Coefficiente Absorción	0,08	0,18	0,29	0,4	0,56	0,61
Superficie	28,66					
Absorción material	2,29	5,16	8,31	11,46	16,05	17,48
Absorción restante a cons.	138,07	107,12	79,33	28,85	49,68	87,13

Láminas laterales del patio de butacas:						
Contrachapado de madera de 10 mm formando pequeñas cavidades máx. 25 mm en dorso						
Coefficiente Absorción	0,28	0,22	0,17	0,09	0,1	0,08
Superficie	161,40					
Absorción material	45,19	35,51	27,44	14,53	16,14	12,91
Absorción restante a cons.	92,88	71,62	51,89	14,32	33,54	74,21

Escenario: Tarima: Madera sólida, 5 cm de espesor						
Coefficiente Absorción	0,01	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Superficie	59,27	Superficie + lámina frontal				
Absorción material	0,59	2,96	2,96	2,37	2,37	2,37
Absorción restante a cons.	92,28	68,65	48,93	11,95	31,17	71,84

Escenario: Láminas y concha escenario: Madera fijada sólidamente a una pared o a un sólido						
Coefficiente Absorción	0,28	0,22	0,17	0,09	0,1	0,08
Superficie	142,14					
Absorción material	39,80	31,27	24,16	12,79	14,21	11,37
Absorción restante a cons.	52,48	37,38	24,76	-0,84	16,96	60,47

Análisis de la propuesta: Tiempos de Reverberación



Frecuencias (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150
TR medio obtenido Sala vacía	2,06	1,81	1,62	1,51	1,48	1,54
TR medio obtenido Sala llena	2,07	1,82	1,63	1,52	1,49	1,56
TR medio óptimo	1,70	1,60	1,50	1,50	1,40	1,30

Análisis de la propuesta: Datos

- **Tiempo de Reverberación promedio – Sala vacía:**

$$TR_{mid} = \frac{TR_{500Hz} + TR_{1000Hz}}{2} = \frac{1'62 + 1'51}{2} = 1'60 \text{ segundos}$$

- **Tiempo de Reverberación promedio – Sala llena:**

$$TR_{mid} = \frac{TR_{500Hz} + TR_{1000Hz}}{2} = \frac{1'63 + 1'52}{2} = 1'60 \text{ segundos}$$

- **Brillo:**

$$\text{Brillo} = \frac{TR_{125Hz} + TR_{250Hz}}{TR_{500Hz} + TR_{1000Hz}} = \frac{2'48 + 1'54}{1'62 + 1'51} = 0'97$$

- **Calidez:**

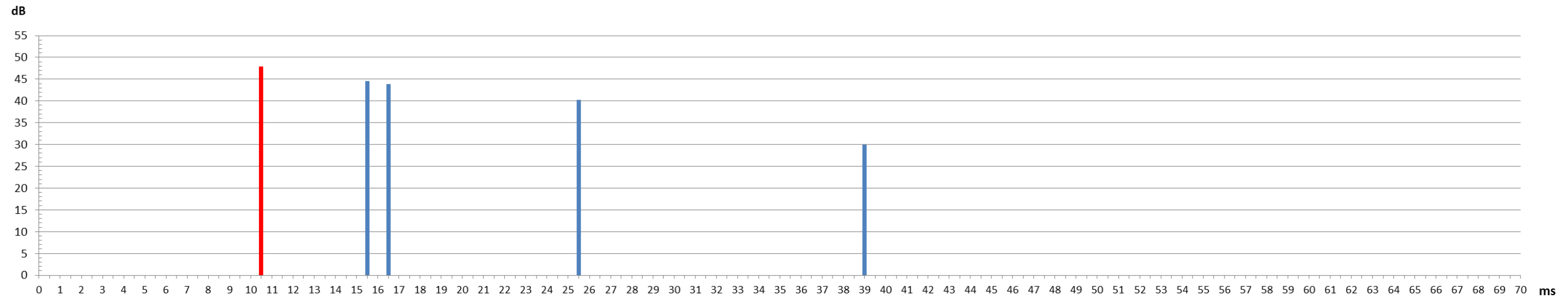
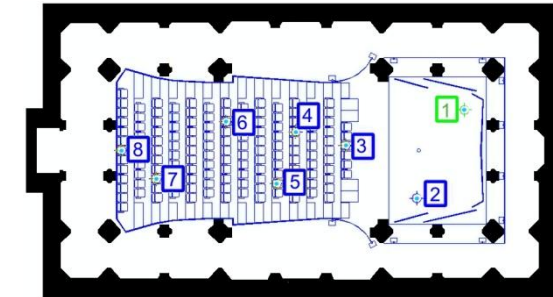
La calidez es un dato que se calcula $\frac{TR_{2000Hz} + TR_{4000Hz}}{TR_{500Hz} + TR_{1000Hz}}$, pero al no disponer de la medida a 4000 Hz, utilizaremos como referencia de cálculo la medición en la frecuencia más próxima, la de 3150 Hz calcula, quedando $\frac{TR_{2000Hz} + TR_{3150Hz}}{TR_{500Hz} + TR_{1000Hz}}$.

$$\text{Calidez} = \frac{TR_{2000Hz} + TR_{3150Hz}}{TR_{500Hz} + TR_{1000Hz}} = \frac{2'06 + 1'81}{1'62 + 1'51} = 1'24 \text{ (Brass Ratio)}$$

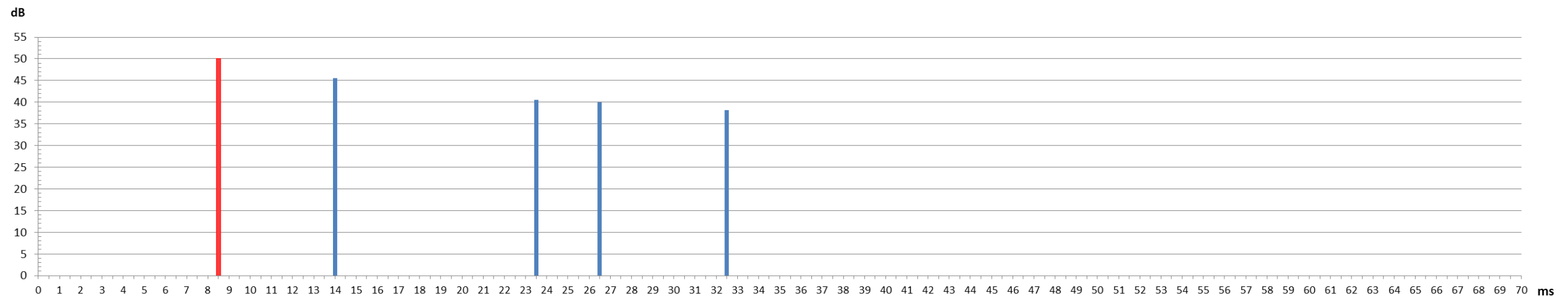
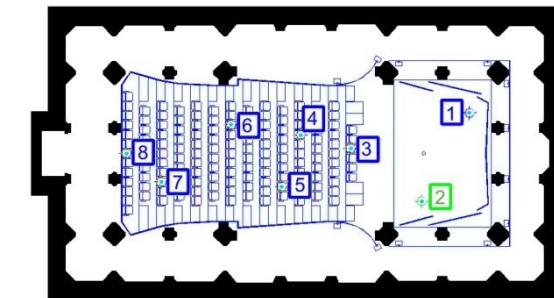
TR mid vacía	1,6	TR mid llena	1,6
Calidez	$(TR_{125} + TR_{250}) / (TR_{500} + TR_{1000})$	Bass Ratio =	1,24
Brillo	$(TR_{2000} + TR_{4000}) / (TR_{500} + TR_{1000})$	Bass Ratio =	0,97

Análisis de la propuesta: Ecogramas

Punto 1	Sonido	LPt	Reverberado	Directo	Rev - Escenario 1	Rev - Escenario 3	Rev - Escenario 4	Rev - Escenario 2'	Rev - Concha 2
	Distancia			3,57	5,27	5,74	5	10,16	8,66
Sala vacía	dB	52,64	50,84	47,95	44,56	43,82	45,02	38,86	40,25
	ms			10,50	15,50	16,88	14,71	29,88	25,47
Sala medio	dB	52,65	50,86	47,95	44,56	43,82	45,02	38,86	40,25
	ms			10,50	15,50	16,88	14,71	29,88	25,47
Sala llena	dB	52,66	50,87	47,95	44,56	43,82	45,02	38,86	40,25
	ms			10,50	15,50	16,88	14,71	29,88	25,47

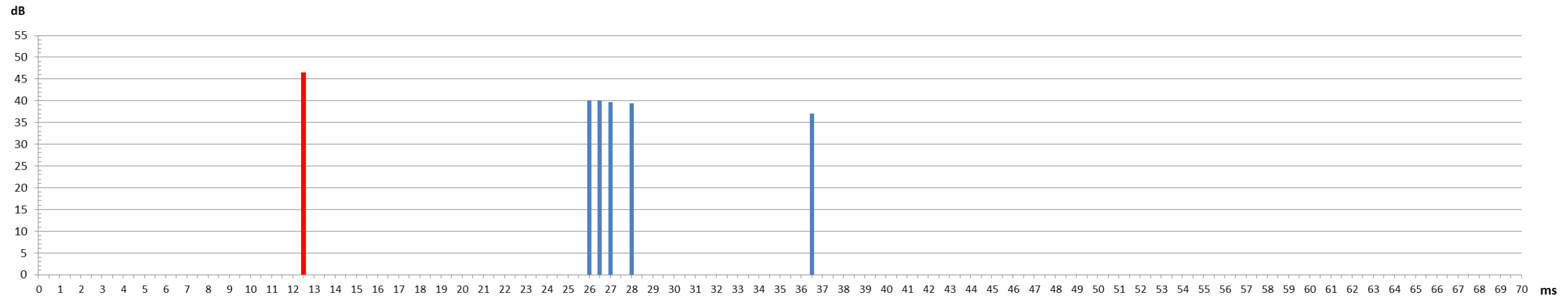
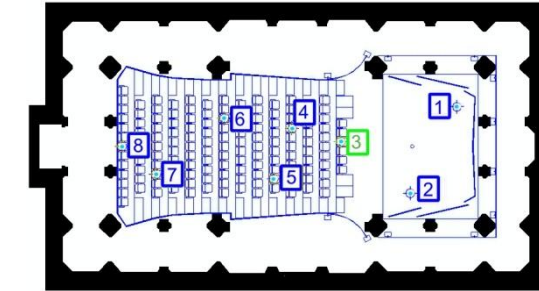


Punto 2	Sonido	LPt	Reverberado	Directo	Rev - Escenario 3	Rev - Escenario 1'	Rev - Escenario 4'	Rev - Concha 2
	Distancia			2,79	10,99	7,95	4,71	8,98
Sala vacía	dB	53,49	50,84	50,09	38,18	40,99	45,54	39,93
	ms			8,21	32,32	23,38	13,85	26,41
Sala medio	dB	53,50	50,86	50,09	38,18	40,99	45,54	39,93
	ms			8,21	32,32	0,00	0,00	26,41
Sala llena	dB	53,51	50,87	50,09	38,18	40,99	45,54	39,93
	ms			8,21	32,32	23,38	13,85	26,41

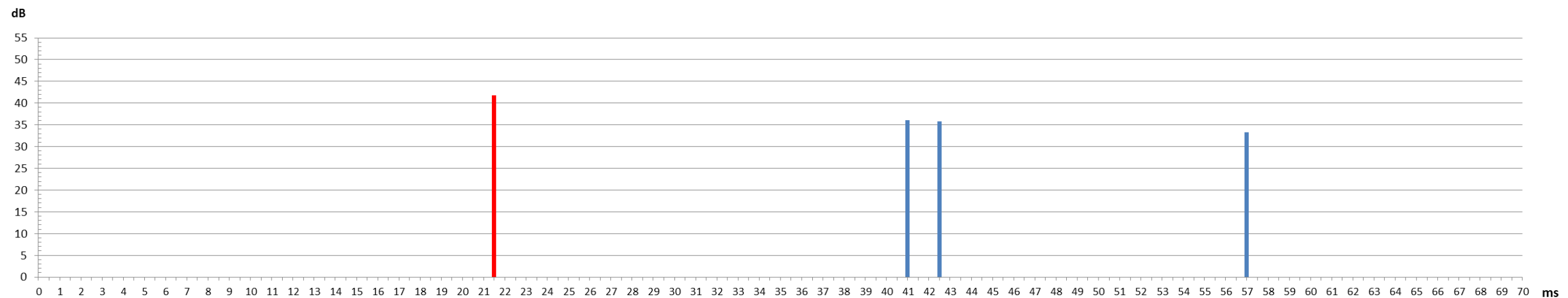
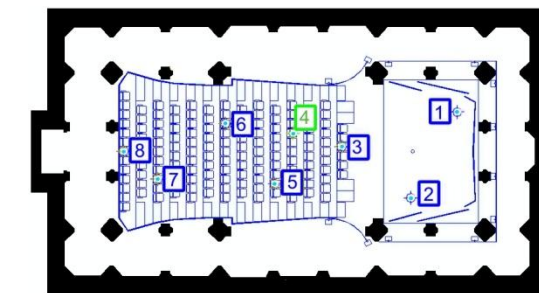


ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO
IGLESIA DE LA BENEFICENCIA

Punto 3	Sonido	LPt	Reverberado	Directo	Rev - Escenario 4	Rev - Escenario 4'	Rev - Pilar 1	Rev - Pilar 1'	Rev - Concha 2
		Distancia			4,27	9,23	9,55	8,9	8,87
Sala vacia	dB	52,17	50,84	46,39	39,70	39,40	40,01	40,04	37,05
	ms			12,56	27,15	28,09	26,18	26,09	36,79
Sala medio	dB	52,18	50,86	46,39	39,70	39,40	40,01	40,04	37,05
	ms			12,56	27,15	0,00	0,00	0,00	36,79
Sala llena	dB	52,20	50,87	46,39	39,70	39,40	40,01	40,04	37,05
	ms			12,56	27,15	28,09	26,18	26,09	36,79

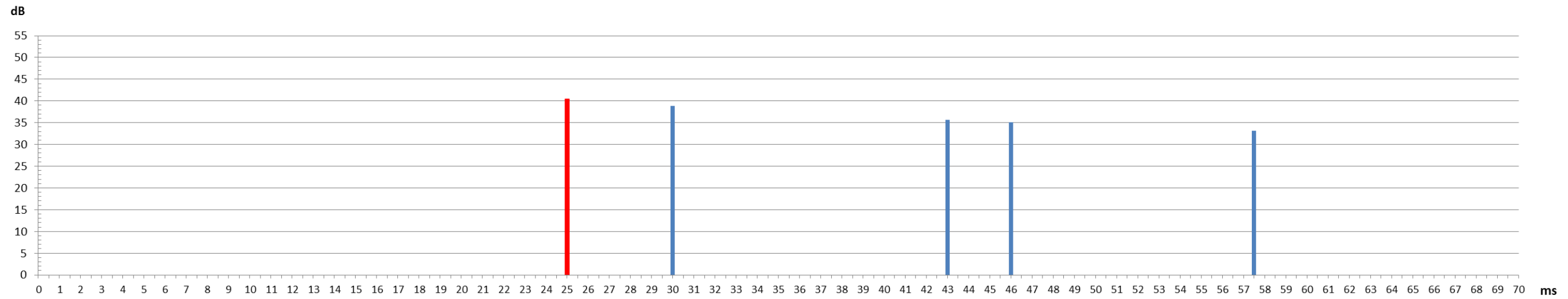
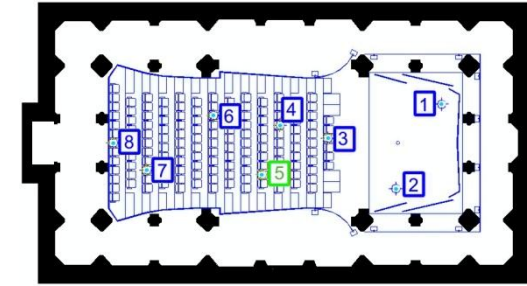


Punto 4	Sonido	LPt	Reverberado	Directo	Rev - Escenario 1	Rev - Concha 2	Rev - Techo1
		Distancia			7,27	14,49	13,93
Sala vacia	dB	51,34	50,83	41,77	35,78	36,12	33,27
	ms			21,38	42,62	40,97	56,91
Sala medio	dB	51,35	50,84	41,77	35,78	36,12	33,27
	ms			21,38	42,62	40,97	56,91
Sala llena	dB	51,36	50,86	41,77	35,78	36,12	33,27
	ms			21,38	42,62	40,97	56,91

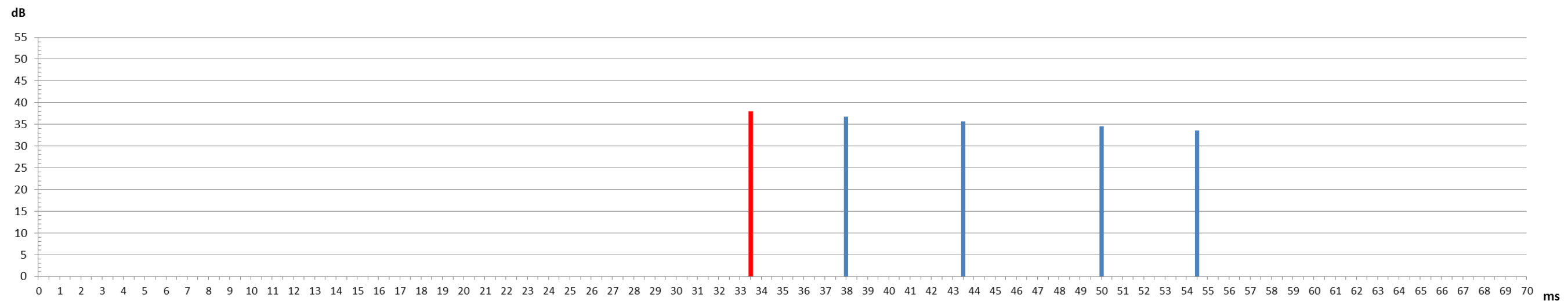
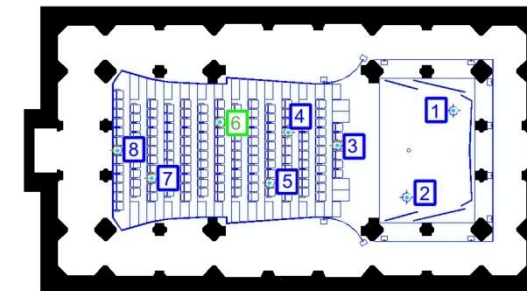


ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO
IGLESIA DE LA BENEFICENCIA

Punto 5	Sonido	LPt	Reverberado	Directo	Rev - Escenario 1'	Rev - Patio butacas 1'	Rev - Concha 2	Rev - Techo1
	Distancia							
Sala vacia	dB	51,20	50,83	40,40	35,09	38,83	35,68	33,20
	ms			25,03	46,12	30,00	43,09	57,32
Sala medio	dB	51,22	50,84	40,40	35,09	38,83	35,68	33,20
	ms			25,03	0,00	0,00	43,09	57,32
Sala llena	dB	51,23	50,86	40,40	35,09	38,83	35,68	33,20
	ms			25,03	46,12	30,00	43,09	57,32

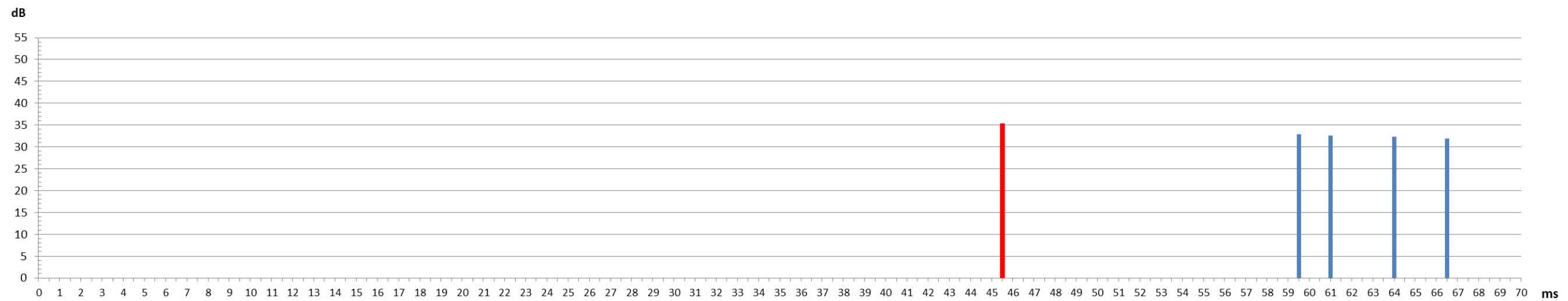
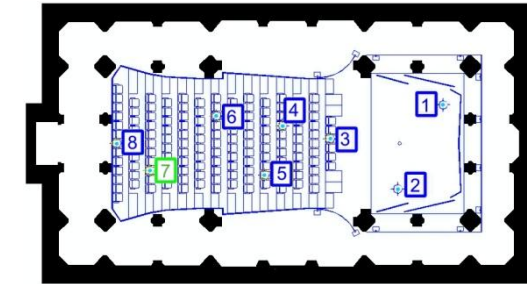


Punto 6	Sonido	LPt	Reverberado	Directo	Rev - Escenario 1	Rev - Patio butacas 2	Rev - Patio butacas 1'	Rev - Concha 2
	Distancia							
Sala vacia	dB	51,04	50,83	37,88	33,61	36,75	35,63	34,47
	ms			33,44	54,71	38,09	43,35	49,53
Sala medio	dB	51,06	50,84	37,88	33,61	36,75	35,63	34,47
	ms			33,44	54,71	0,00	0,00	49,53
Sala llena	dB	51,07	50,86	37,88	33,61	36,75	35,63	34,47
	ms			33,44	54,71	38,09	43,35	49,53

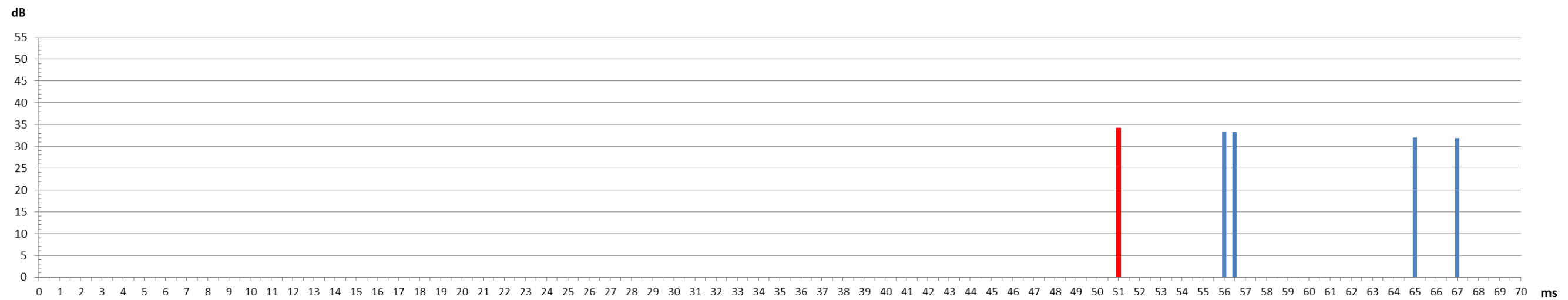
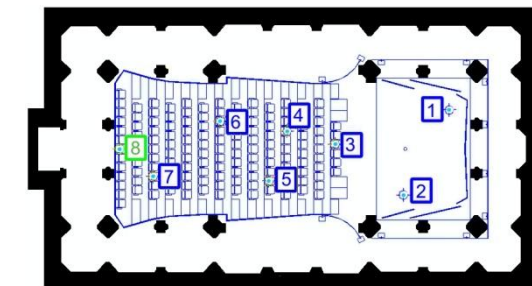


ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO
IGLESIA DE LA BENEFICENCIA

Punto 7	Sonido	LPt	Reverberado	Directo	Rev - Escenario 1'	Rev - Patio butacas 5'	Rev - Concha 2	Rev - Techo2
	Distancia							
Sala vacía	dB	50,95	50,83	35,24	31,90	32,64	32,84	32,25
	ms			45,32	66,59	61,18	59,79	63,97
Sala medio	dB	50,96	50,84	35,24	31,90	32,64	32,84	32,25
	ms			45,32	0,00	0,00	59,79	0,00
Sala llena	dB	50,98	50,86	35,24	31,90	32,64	32,84	32,25
	ms			45,32	66,59	61,18	59,79	63,97



Punto 8	Sonido	LPt	Reverberado	Directo	Rev - Patio butacas 2	Rev - Patio butacas 2'	Rev - Concha 2	Rev - Techo2
	Distancia							
Sala vacía	dB	50,92	50,83	34,21	33,32	33,34	32,07	31,84
	ms			51,03	56,53	56,44	65,29	67,09
Sala medio	dB	50,94	50,84	34,21	33,32	33,34	32,07	31,84
	ms			51,03	0,00	0,00	65,29	0,00
Sala llena	dB	50,95	50,86	34,21	33,32	33,34	32,07	31,84
	ms			51,03	56,53	56,44	65,29	67,09



* El resto de asientos tiene una visibilidad del 100%

Análisis de la propuesta: Estudio de visuales

Para el análisis de las visuales de la sala hemos optado por una estimación, ya que no disponemos del software necesario para realizarlo de forma fehaciente. Para ello hemos partido de las hipótesis que explicaremos a continuación.

La distribución de las butacas en la sala es al tresbolillo, eso quiere decir que la visión directa central del escenario depende de la butaca de dos filas más adelante. Nuestra sala en ningún momento esto es un problema, todas las plazas tiene una visión directa completa, pero eso no nos garantiza que los espectadores de la fila de delante no bloqueen parte de la visión periférica sobre los laterales del escenario.

La primera consideración que hemos hecho para el cálculo es ver, de la visión periférica, que proporción de visibilidad nos puede bloquear la fila de delante en su vertical.

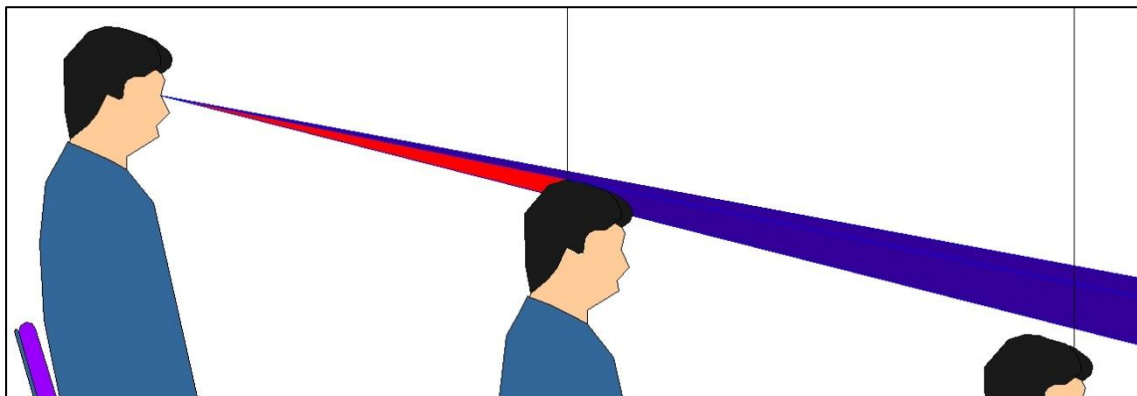


Figura 1

Para ello hemos comprobados el ángulo total de visión del escenario (Visión total_{vertical}), y a éste le hemos quitado el ángulo de visión completa (Visión 100%_{vertical}), obteniendo así la zona que podría ser bloqueada (Visión bloqueada_{vertical}, zona roja en la *Figura 1*).

$$\text{Visión total}_{\text{vertical}} - \text{Visión 100\%}_{\text{vertical}} = \text{Visión bloqueada}_{\text{vertical}}$$

Una vez hecho este paso comprobamos en horizontal si la zona con posibilidades de ser bloqueada (Visión bloqueada _{vertical}, zona roja en la *Figura 1*) realmente está bloqueada. Para ello obtendremos el ángulo de Visión total _{horizontal} y el de Visión 100% _{horizontal}, para así obtener la zona realmente bloqueada (Visión bloqueada real, zona roja *Figura 2*).

$$\text{Visión total}_{\text{horizontal}} - \text{Visión } 100\%_{\text{horizontal}} = \text{Visión bloqueada real}$$

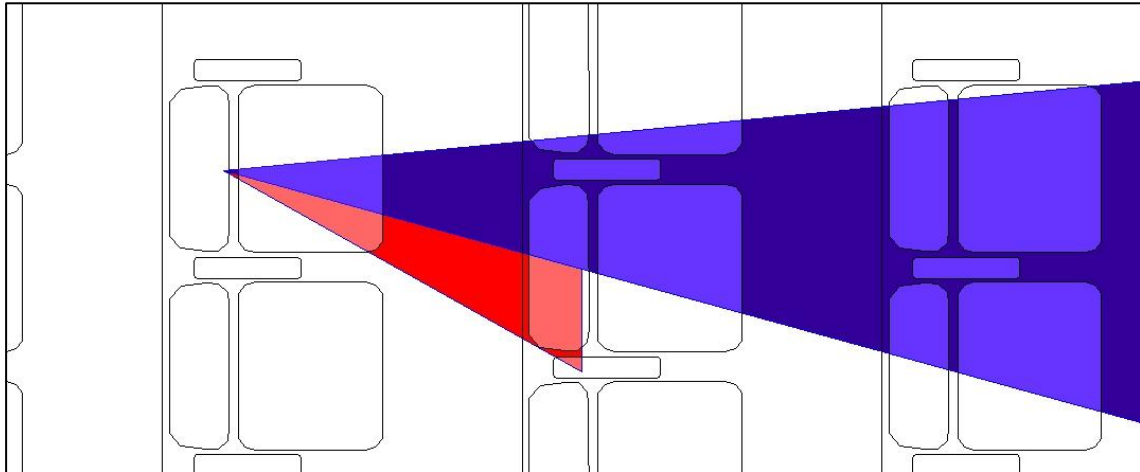


Figura 2

Con estos datos, ya podemos obtener el porcentaje de visión real del escenario (% visión escenario) mediante la siguiente fórmula:

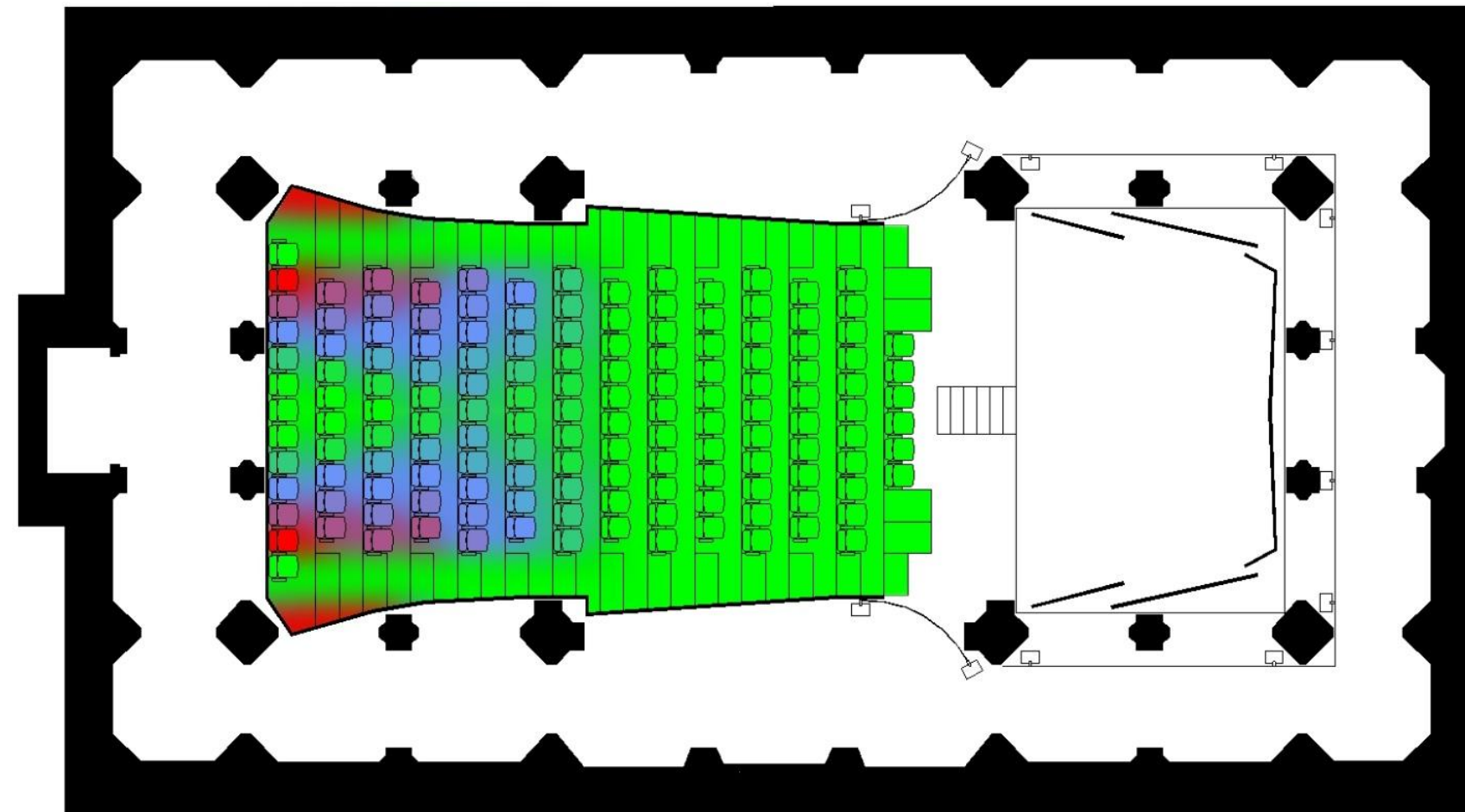
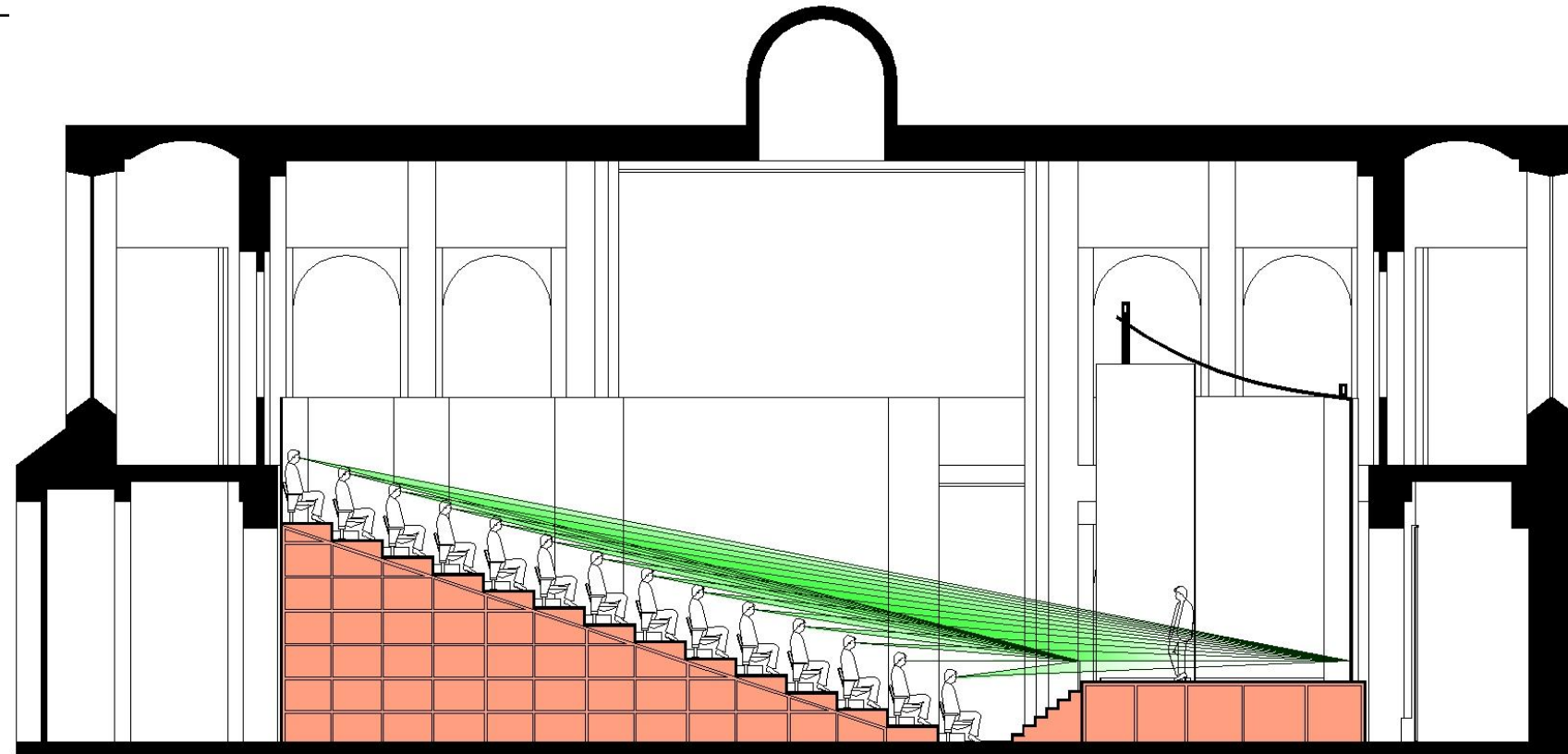
$$\text{Visión bloqueada real} + \frac{(100 - \text{Visión bloqueada real}) \times \text{Visión bloqueada}_{\text{real}}}{100} = \% \text{ visión escenario}$$

A continuación veremos al detalle el cálculo para cada plaza con los resultados gráficos:

Análisis de la propuesta: Estudio de visuales

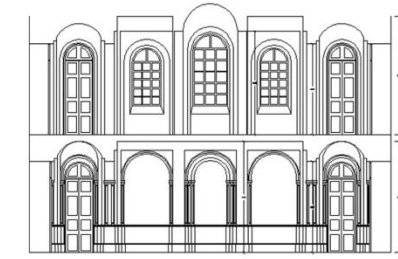
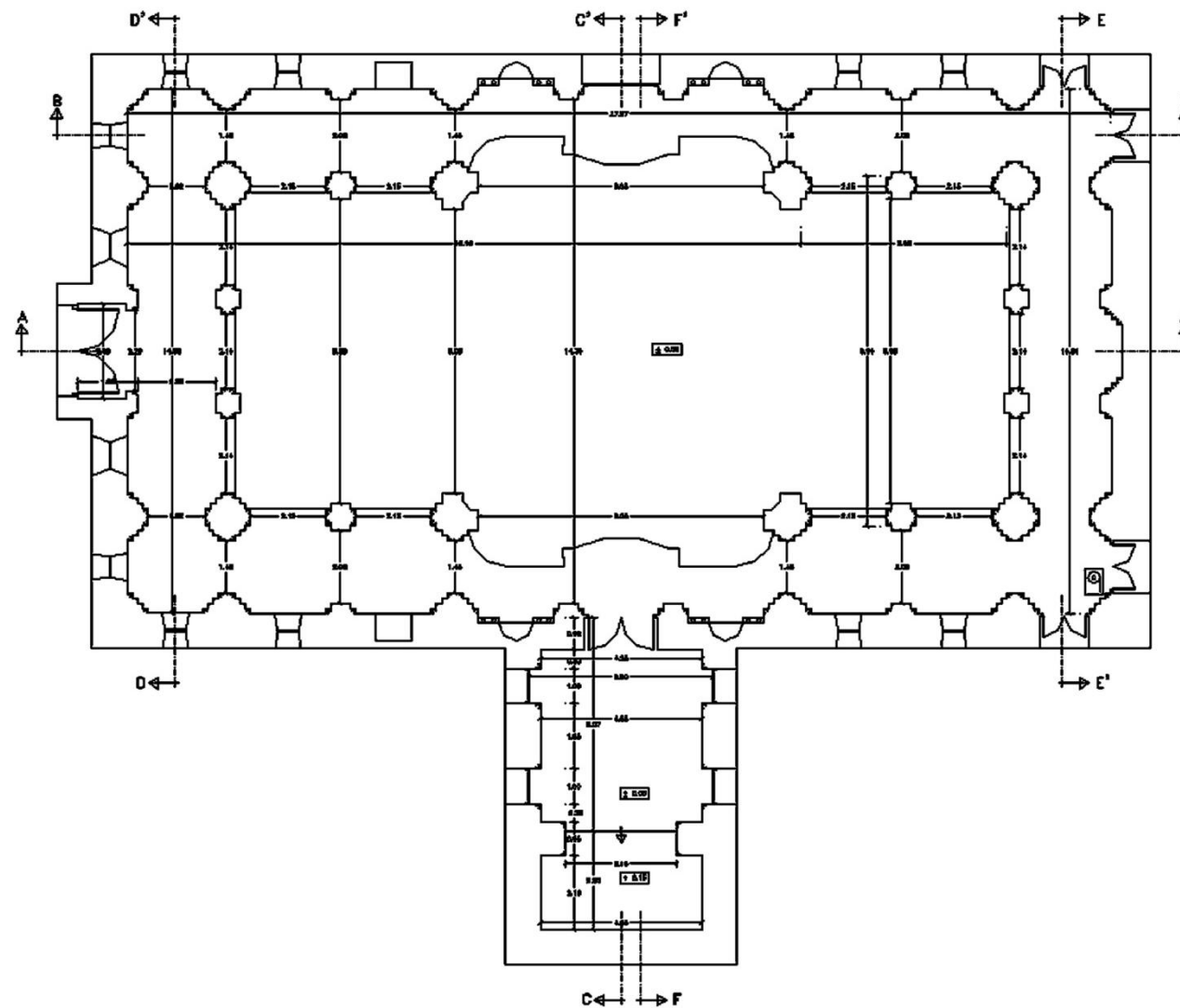
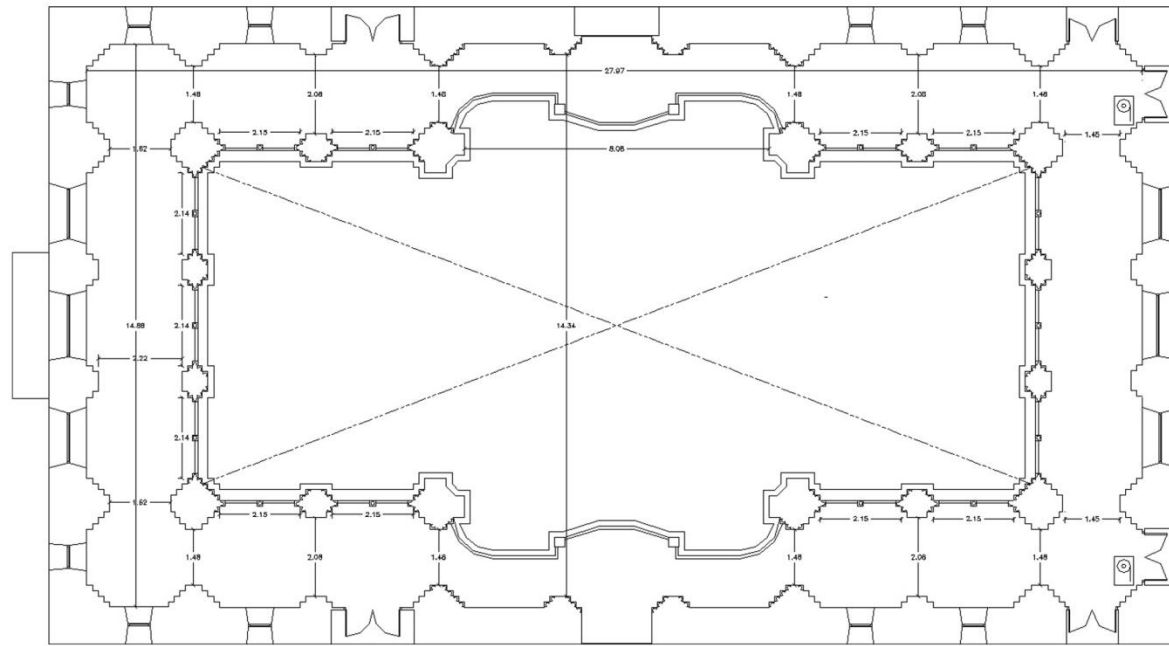
	Horizontal			Vertical			% Visión del escenario
	Ángulo visión total	Ángulo visión 100%	% Visión	Ángulo visión total	Ángulo visión 100%	% Visión	
Asientos - Fila 14	24,30	24,30	100,00	3,63	0,60	16,53	100,00
	24,60	18,06	73,41	3,63	0,60	16,53	77,81
	24,85	20,08	80,80	3,63	0,60	16,53	83,98
	25,04	22,08	88,18	3,63	0,60	16,53	90,13
	25,18	24,21	96,15	3,63	0,60	16,53	96,78
	100,00	100,00	100,00	3,63	0,60	16,53	100,00
	100,00	100,00	100,00	3,63	0,60	16,53	100,00
	100,00	100,00	100,00	3,63	0,60	16,53	100,00
	25,18	24,21	96,15	3,63	0,60	16,53	96,78
	25,04	22,08	88,18	3,63	0,60	16,53	90,13
Asientos - Fila 13	26,28	19,46	74,05	3,74	1,06	28,34	81,40
	26,55	21,61	81,39	3,74	1,06	28,34	86,67
	26,75	23,73	88,71	3,74	1,06	28,34	91,91
	26,89	25,82	96,02	3,74	1,06	28,34	97,15
	100,00	100,00	100,00	3,74	1,06	28,34	100,00
	100,00	100,00	100,00	3,74	1,06	28,34	100,00
	26,89	25,82	96,02	3,74	1,06	28,34	97,15
	26,75	23,73	88,71	3,74	1,06	28,34	91,91
	26,55	21,61	81,39	3,74	1,06	28,34	86,67
	26,28	19,46	74,05	3,74	1,06	28,34	81,40
Asientos - Fila 12	27,83	18,64	66,98	3,86	1,76	45,60	82,03
	28,19	20,93	74,25	3,86	1,76	45,60	85,99
	28,48	23,31	81,85	3,86	1,76	45,60	90,12
	28,68	25,47	88,81	3,86	1,76	45,60	93,91
	28,81	27,69	96,11	3,86	1,76	45,60	97,89
	100,00	100,00	100,00	3,86	1,76	45,60	100,00
	28,81	27,69	96,11	3,86	1,76	45,60	97,89
	28,68	25,47	88,81	3,86	1,76	45,60	93,91
	28,48	23,31	81,85	3,86	1,76	45,60	89,93
	28,19	20,93	74,25	3,86	1,76	45,60	85,99
Asientos - Fila 11	30,01	19,89	66,28	3,98	1,99	50,00	83,14
	30,40	22,45	73,85	3,98	1,99	50,00	86,92
	30,71	24,89	81,05	3,98	1,99	50,00	90,52
	30,91	27,30	88,32	3,98	1,99	50,00	94,16
	31,01	29,59	95,42	3,98	1,99	50,00	97,71
	31,01	29,59	95,42	3,98	1,99	50,00	97,71
	30,91	27,30	88,32	3,98	1,99	50,00	94,16
	30,71	24,89	81,05	3,98	1,99	50,00	90,52
	30,40	22,45	73,85	3,98	1,99	50,00	86,92
	30,01	19,89	66,28	3,98	1,99	50,00	83,14
Asientos - Fila 10	32,00	19,20	60,00	4,09	2,47	60,39	84,16
	32,54	21,87	67,21	4,09	2,47	60,39	87,01
	32,98	24,53	74,38	4,09	2,47	60,39	89,85
	33,29	28,17	84,62	4,09	2,47	60,39	93,91
	33,49	29,72	88,74	4,09	2,47	60,39	95,54
	33,55	30,46	90,79	4,09	2,47	60,39	96,35
	33,49	29,72	88,74	4,09	2,47	60,39	95,54
	33,29	28,17	84,62	4,09	2,47	60,39	93,91
	32,98	24,53	74,38	4,09	2,47	60,39	89,85
	32,54	21,87	67,21	4,09	2,47	60,39	87,01
Asientos - Fila 09	34,94	20,94	59,93	4,19	3,14	74,94	89,96
	35,56	23,86	67,10	4,19	3,14	74,94	91,75
	36,04	26,74	74,20	4,19	3,14	74,94	93,53
	36,36	29,56	81,30	4,19	3,14	74,94	95,31
	36,53	35,12	96,14	4,19	3,14	74,94	99,03
	36,53	35,12	96,14	4,19	3,14	74,94	99,03
	36,36	29,56	81,30	4,19	3,14	74,94	95,31
	36,04	26,74	74,20	4,19	3,14	74,94	93,53
	36,36	23,86	65,62	4,19	3,14	74,94	91,38
	34,94	20,94	59,93	4,19	3,14	74,94	89,96
Asientos - Fila 08	38,07	22,86	60,05	4,26	3,85	90,38	96,15
	38,40	23,12	60,21	4,26	3,85	90,38	96,17
	39,10	26,30	67,26	4,26	3,85	90,38	96,85
	39,62	29,42	74,26	4,26	3,85	90,38	97,52
	39,93	30,60	76,63	4,26	3,85	90,38	97,75
	40,04	30,34	75,77	4,26	3,85	90,38	97,67
	39,93	30,60	76,63	4,26	3,85	90,38	97,75
	39,62	29,42	74,26	4,26	3,85	90,38	97,52
	39,10	26,30	67,26	4,26	3,85	90,38	96,85
	38,40	23,12	60,21	4,26	3,85	90,38	96,17

* El resto de asientos tiene una visibilidad del 100%

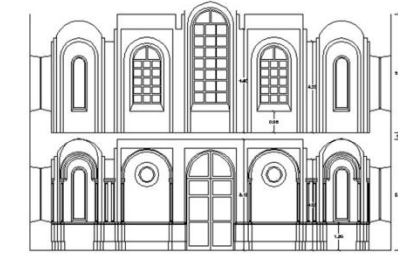


ANEJO II: material gráfico

Planos iniciales



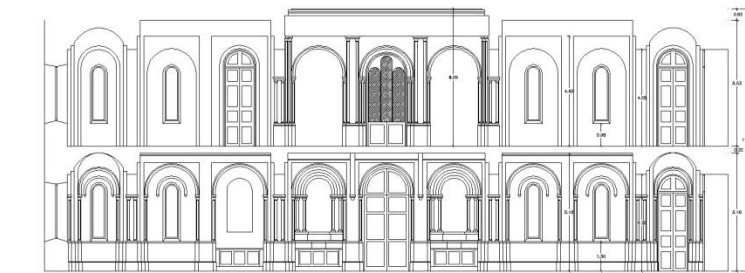
SECCION E-E'



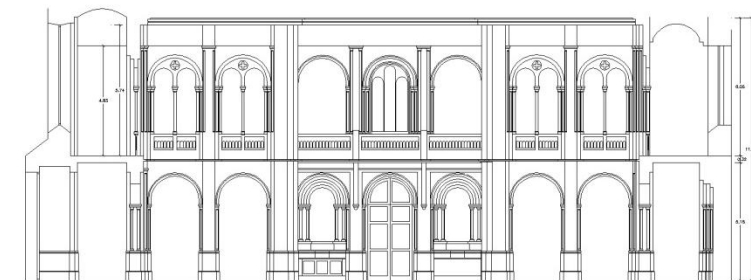
SECCION D-D'



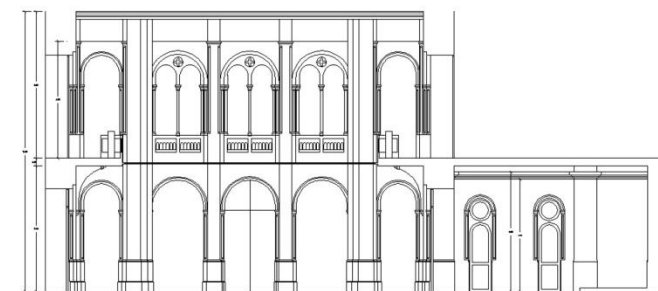
SECCION C-C'



SECCION B-B'

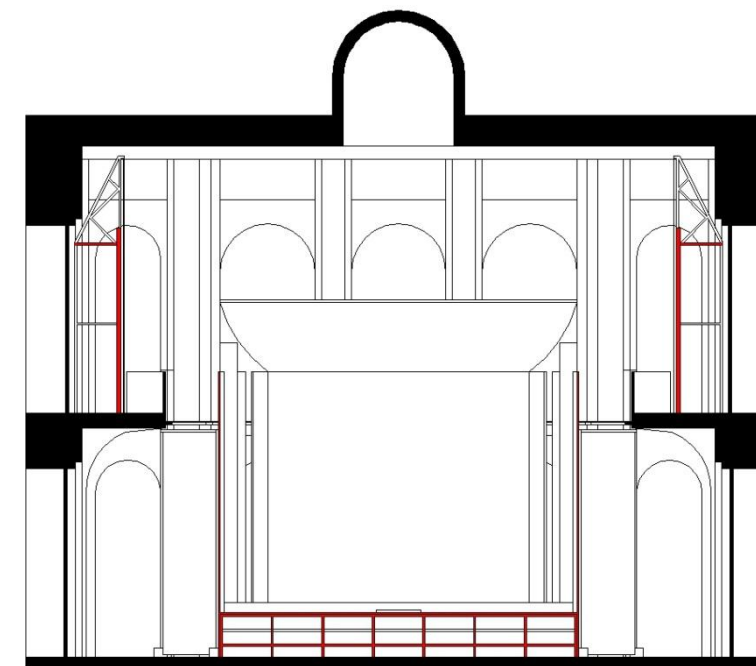
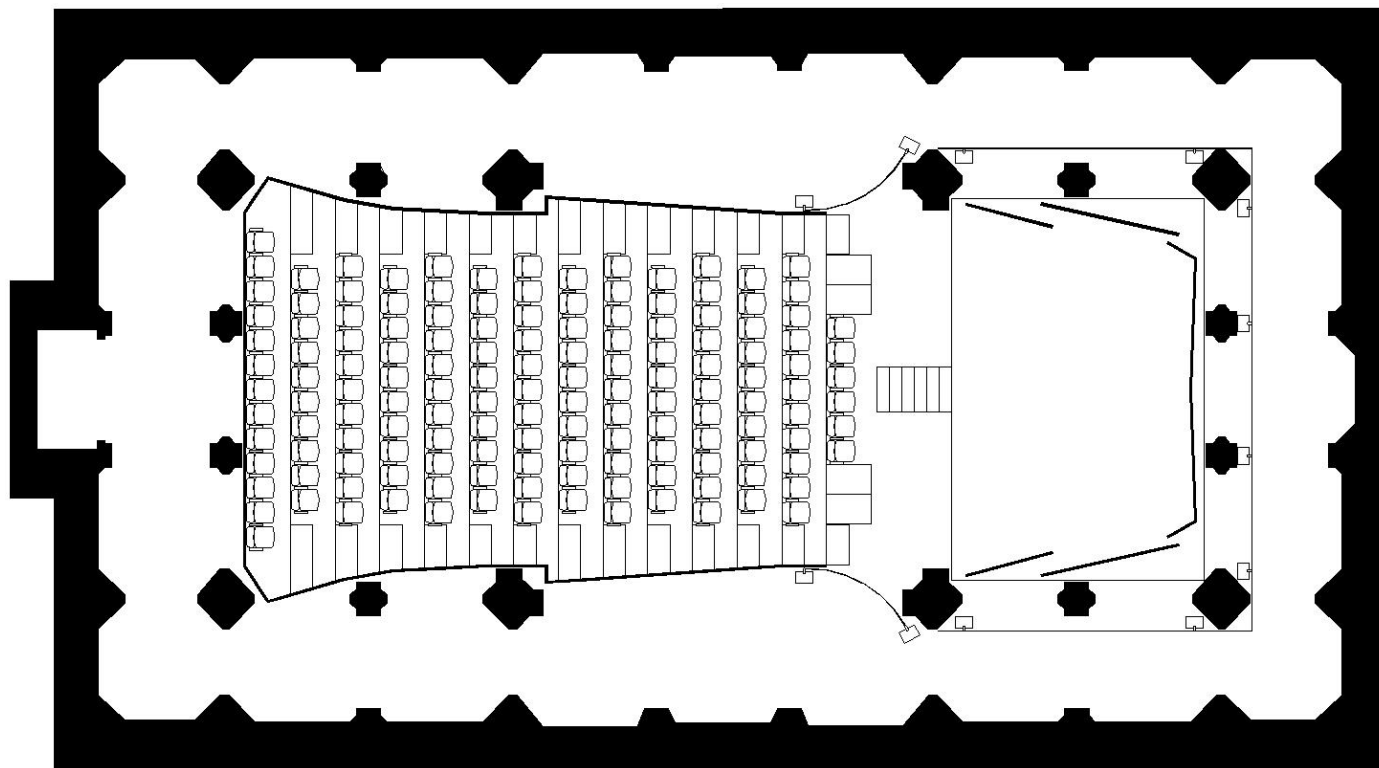
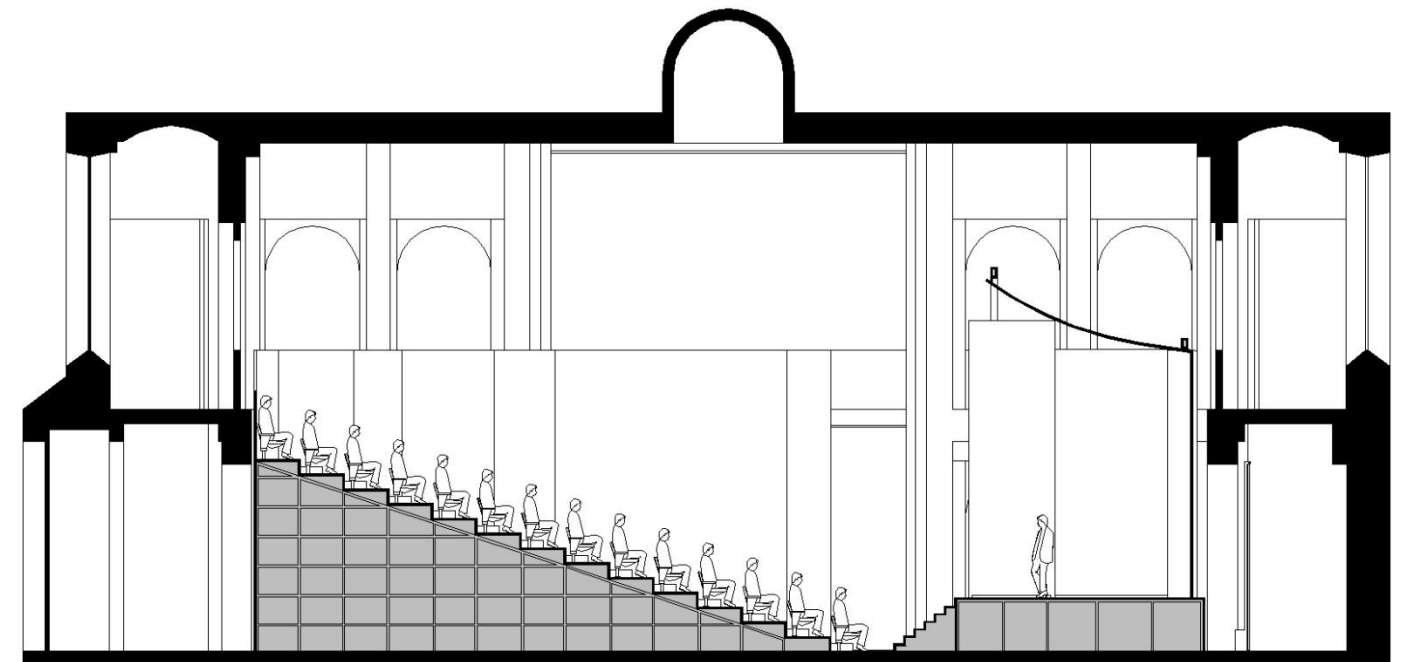
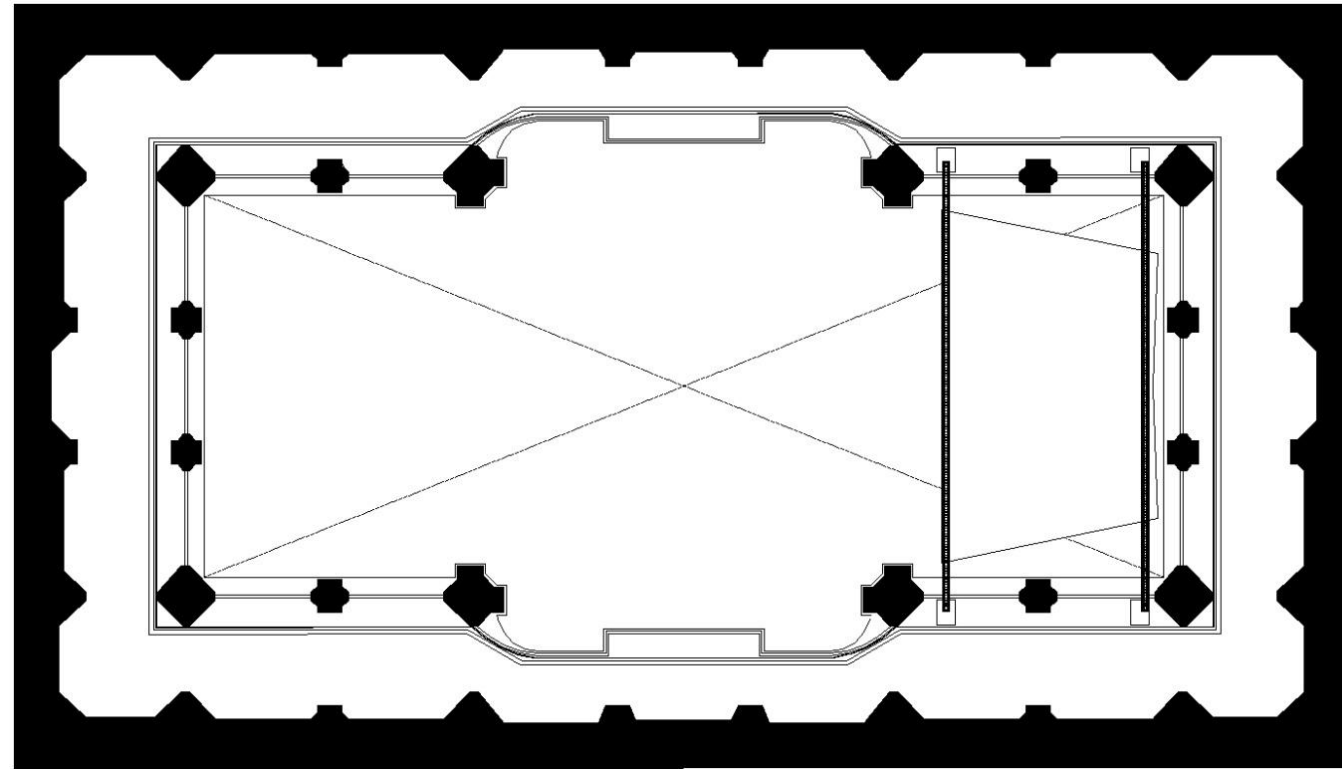


SECCION A-A'

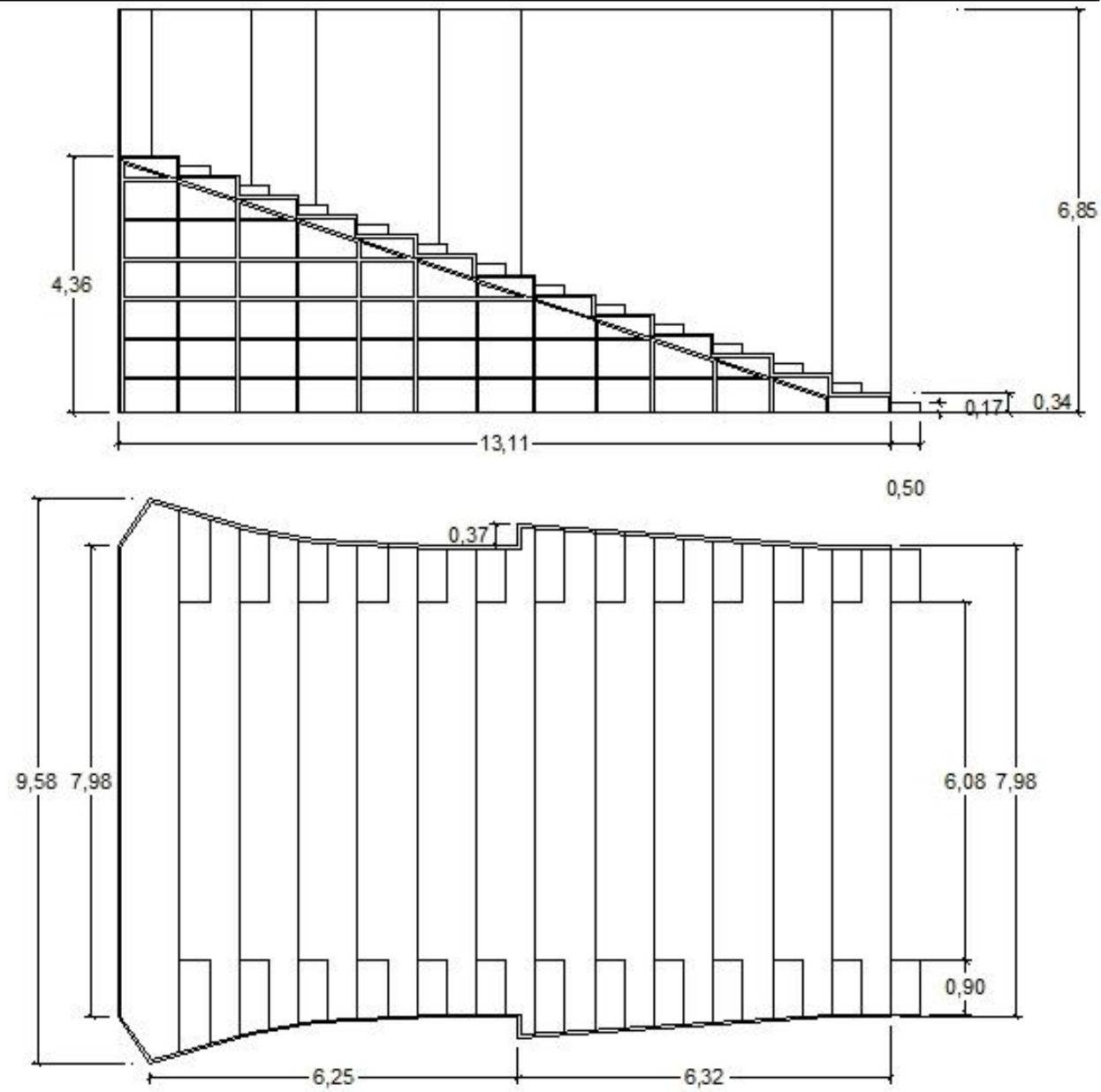


SECCION F-F'

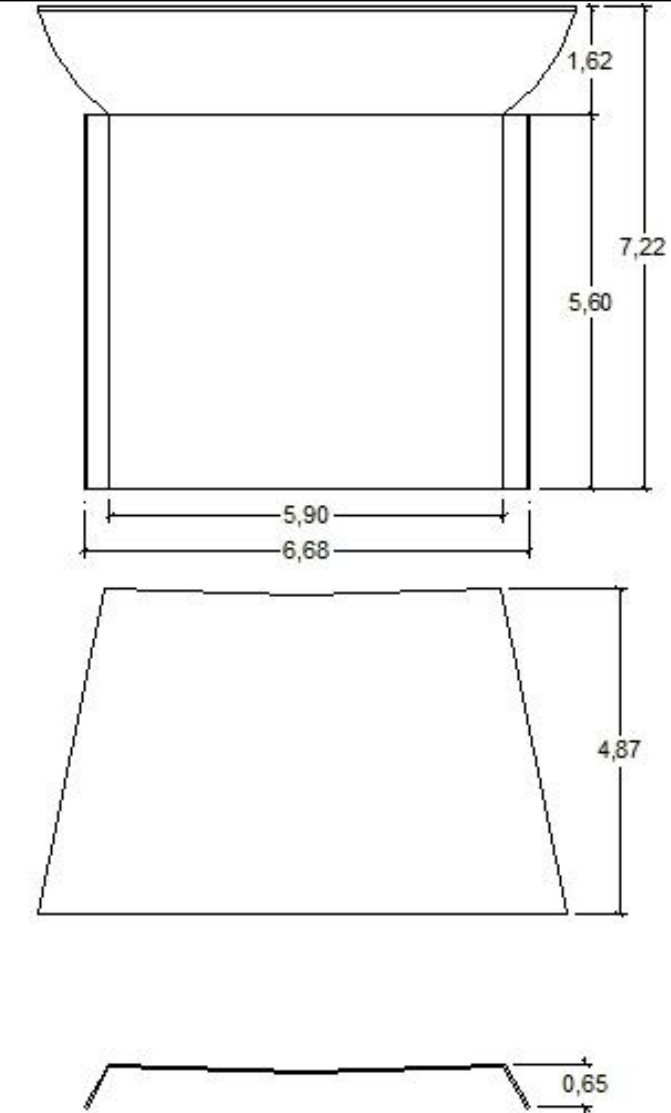
Propuesta



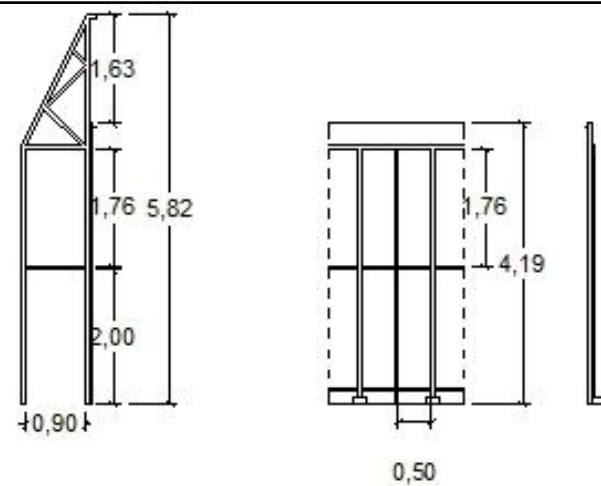
Graderío – Patio de butacas

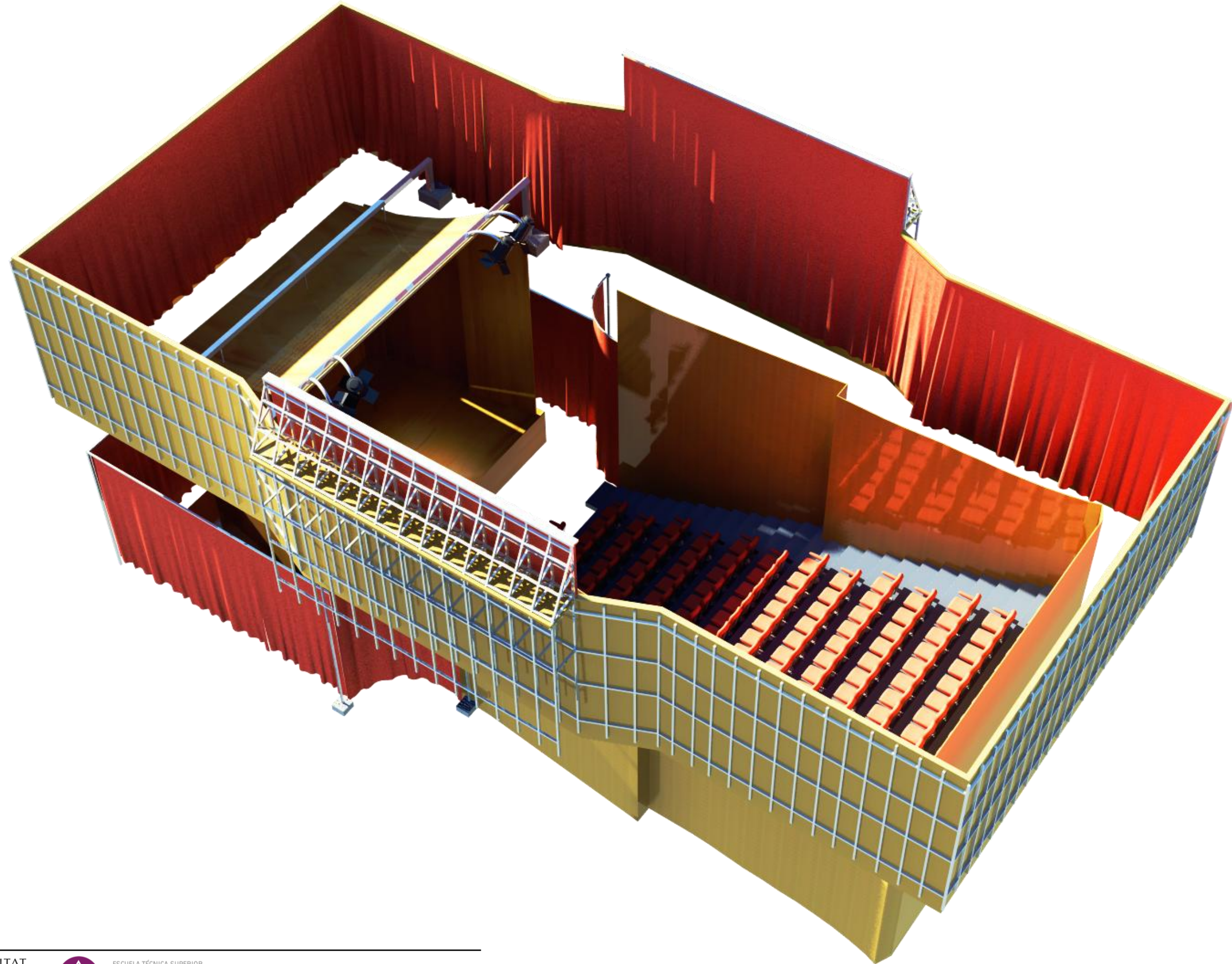


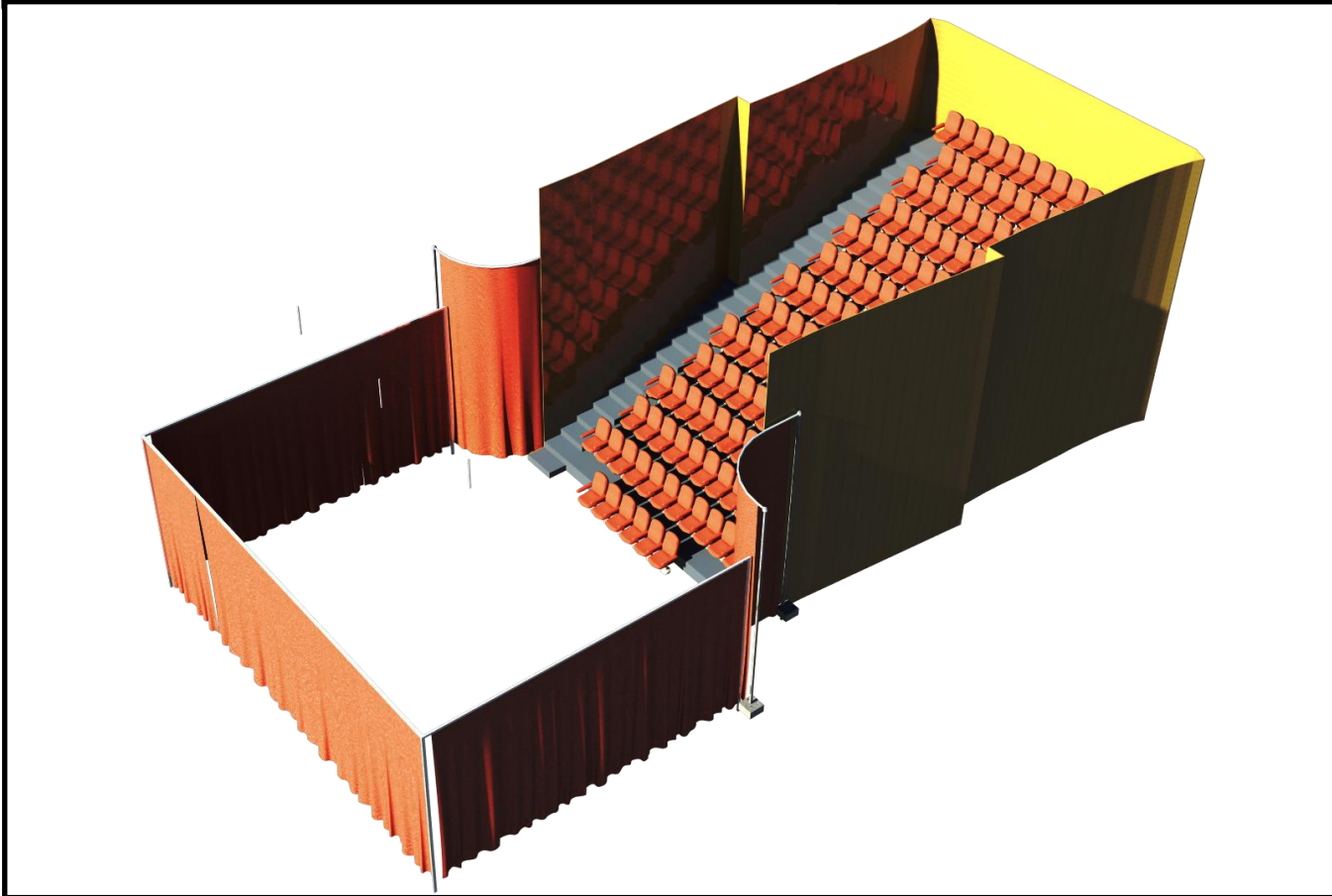
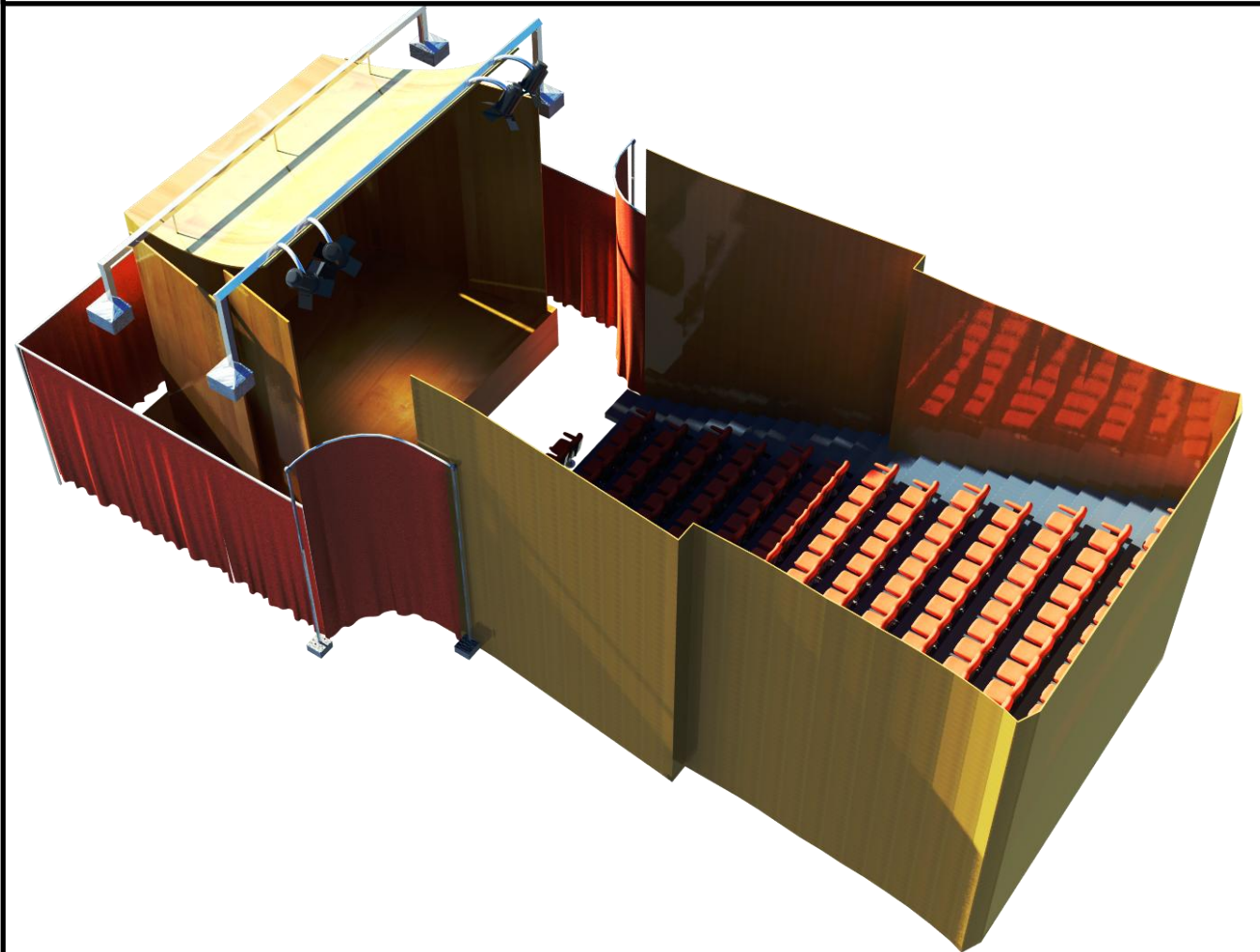
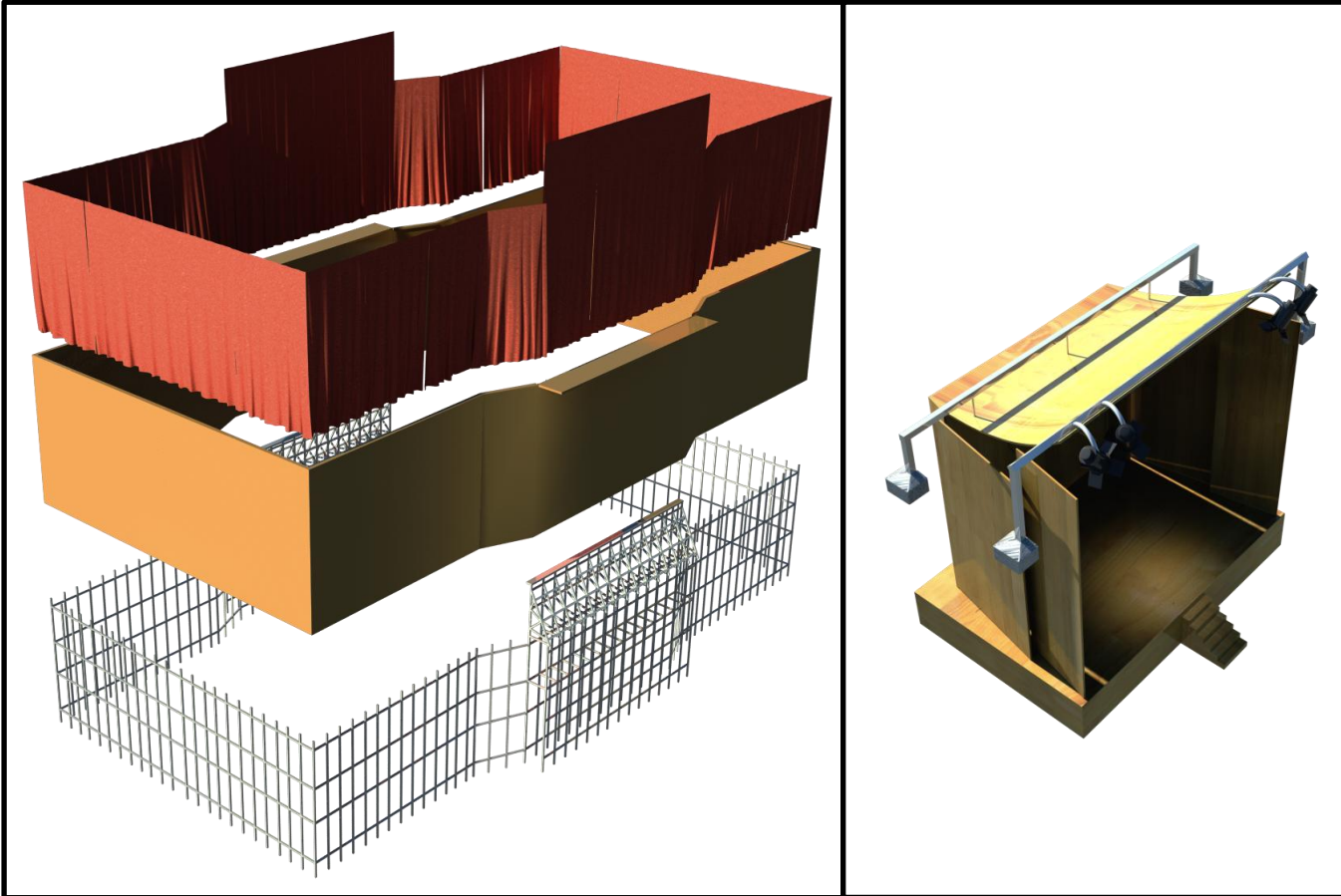
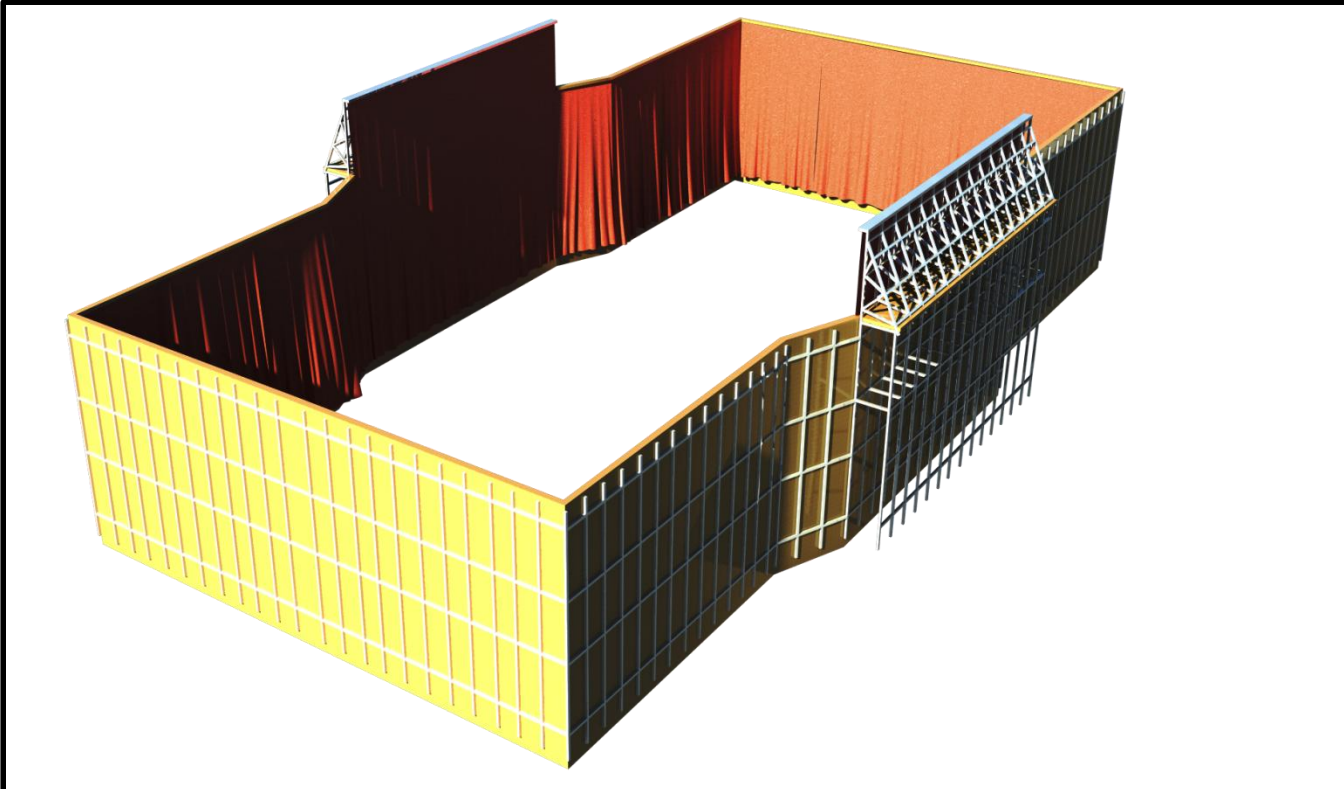
Graderío – Patio de butacas

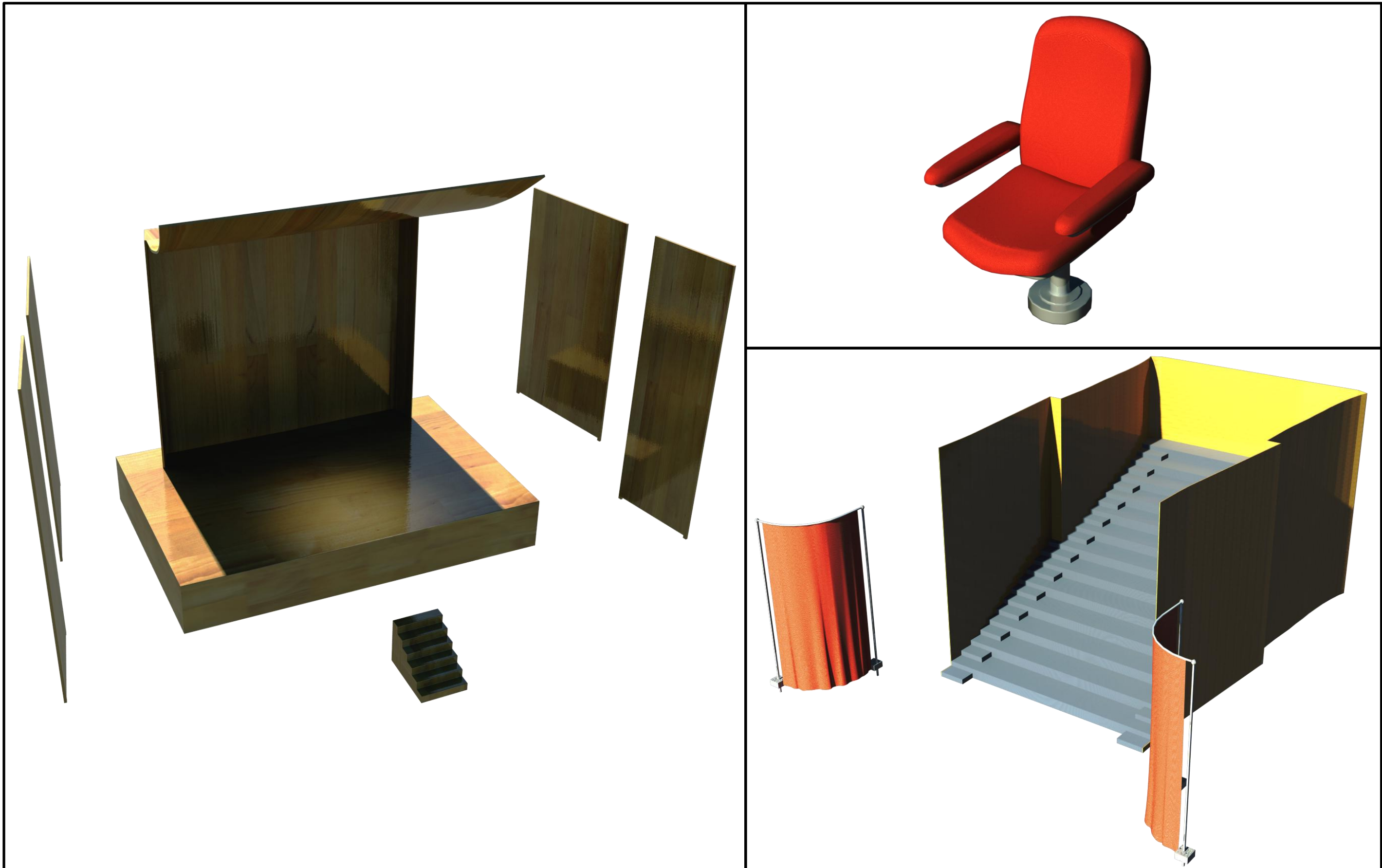


Cerramiento láminas de madera con esqueleto metálico



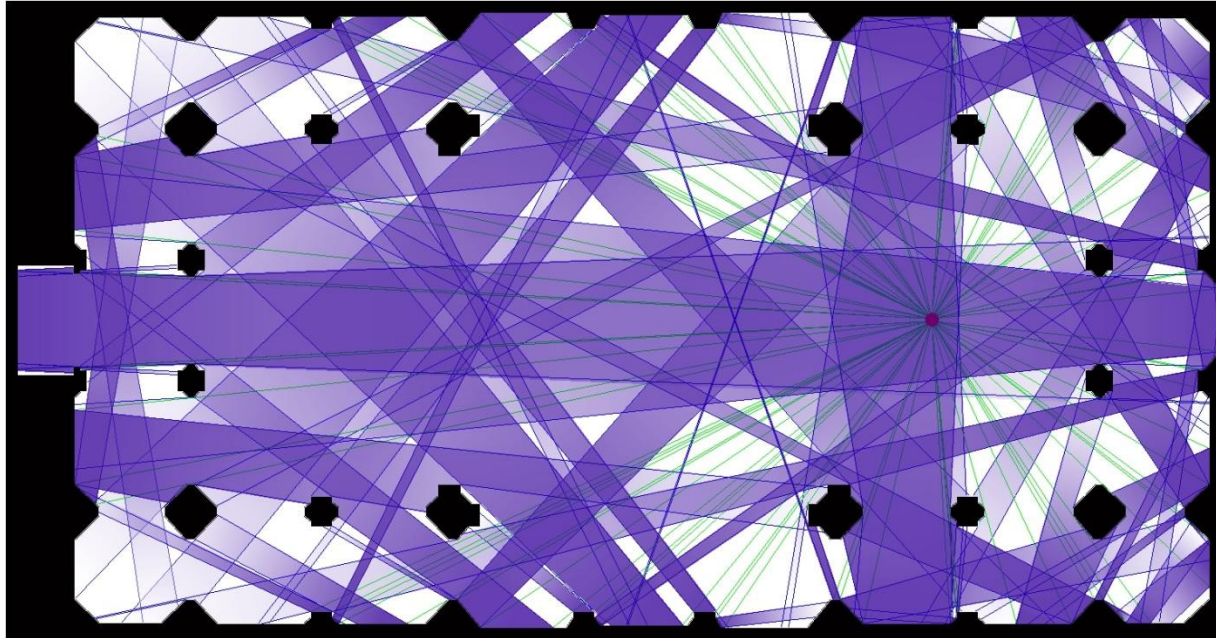




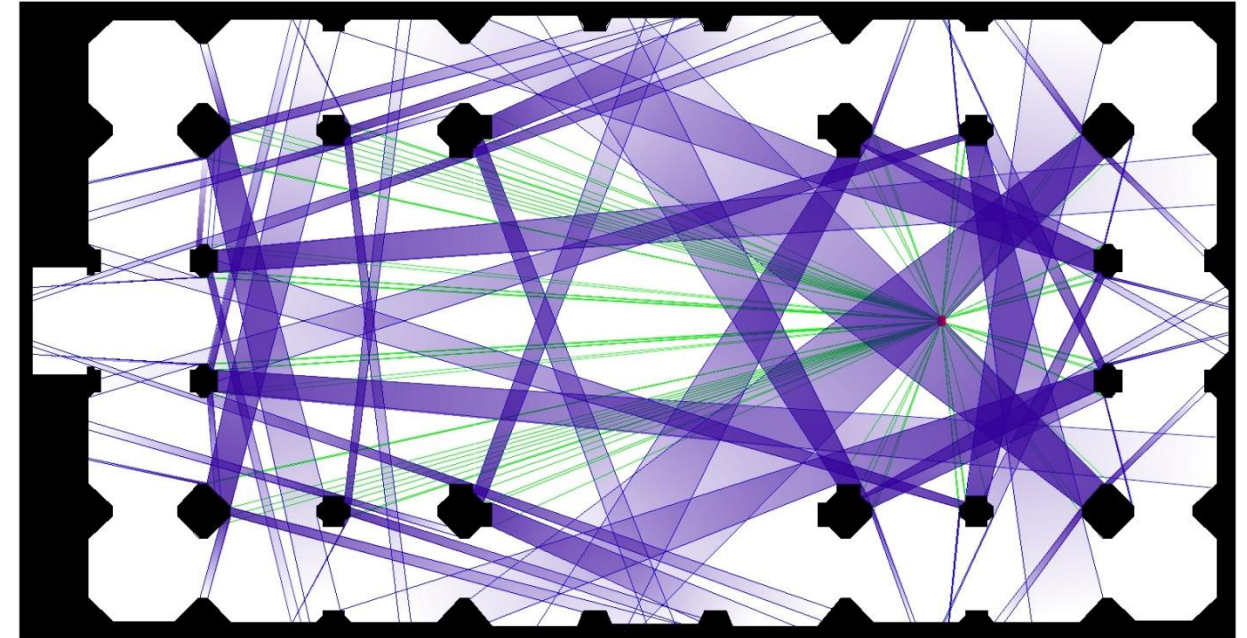


Primeras reflexiones – Situación inicial

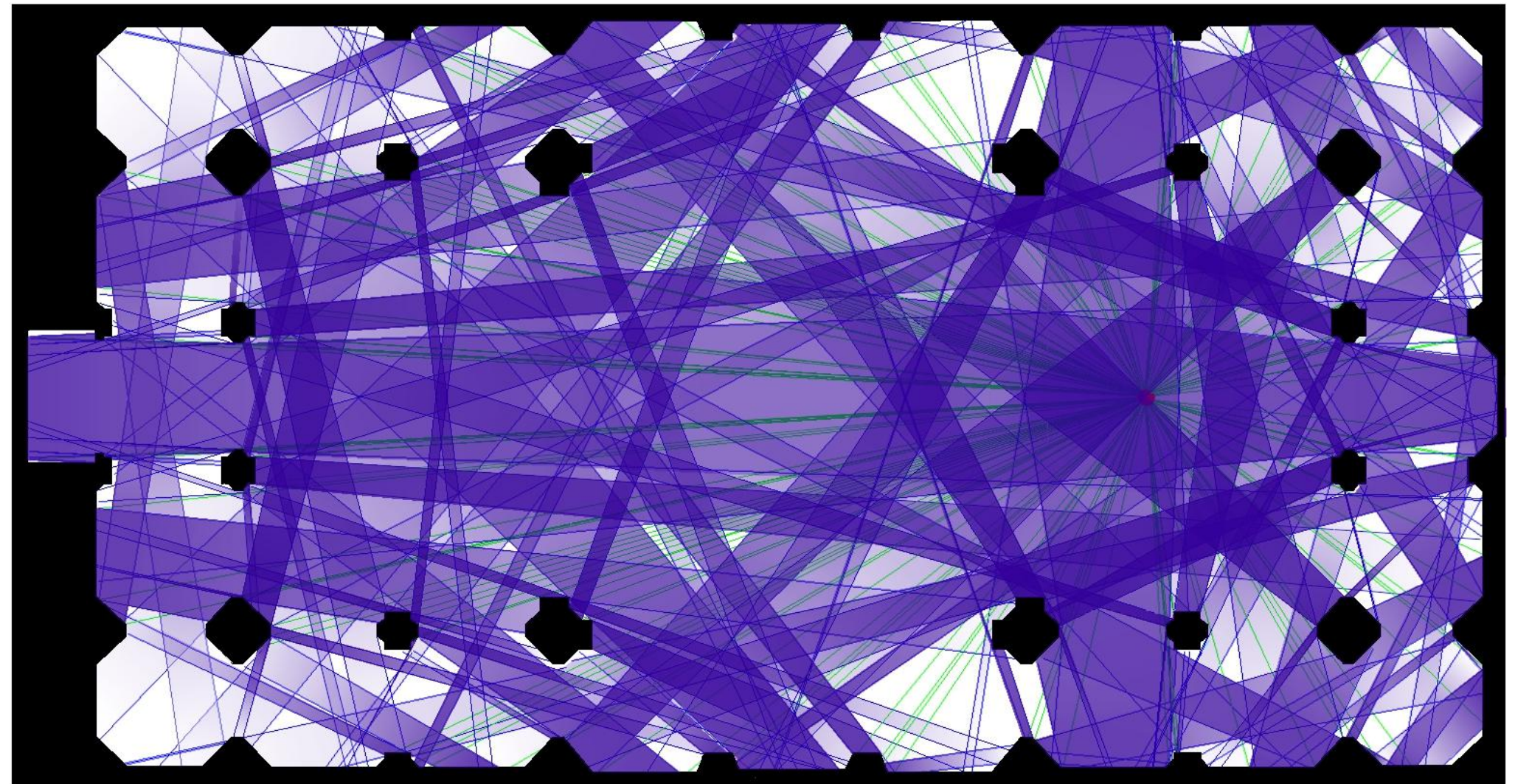
Primeras reflexiones únicamente en los paramentos laterales:



Primeras reflexiones únicamente en los pilares centrales:

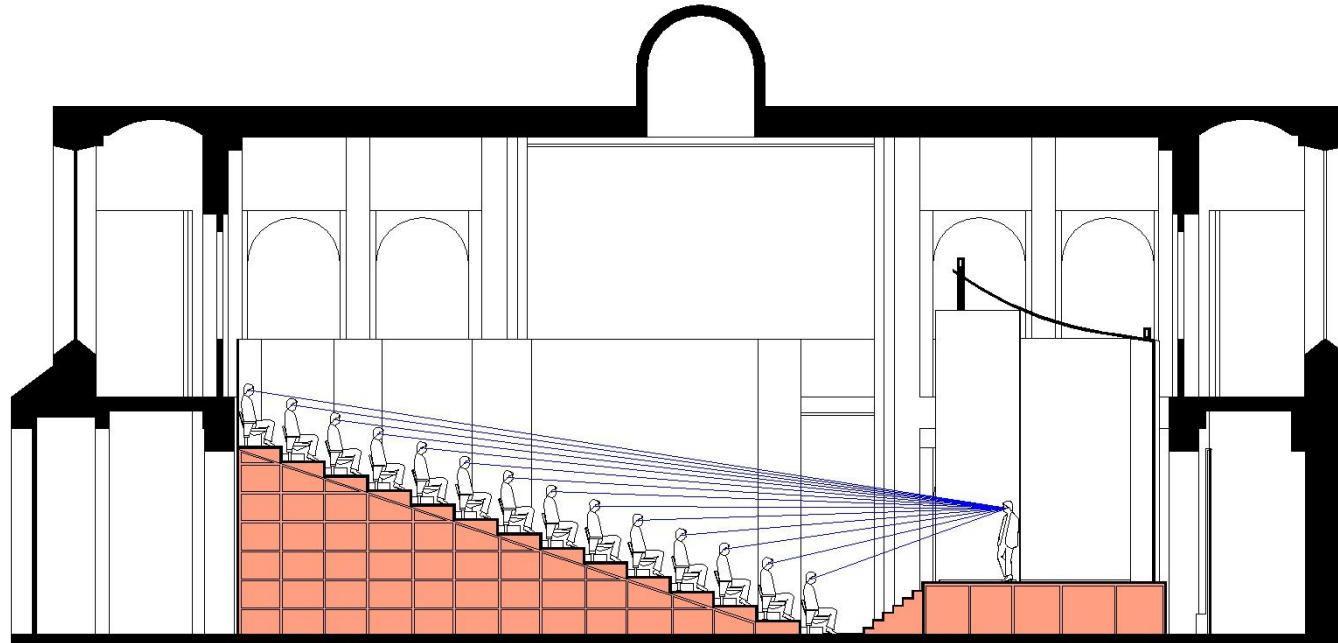


Primeras reflexiones totales:

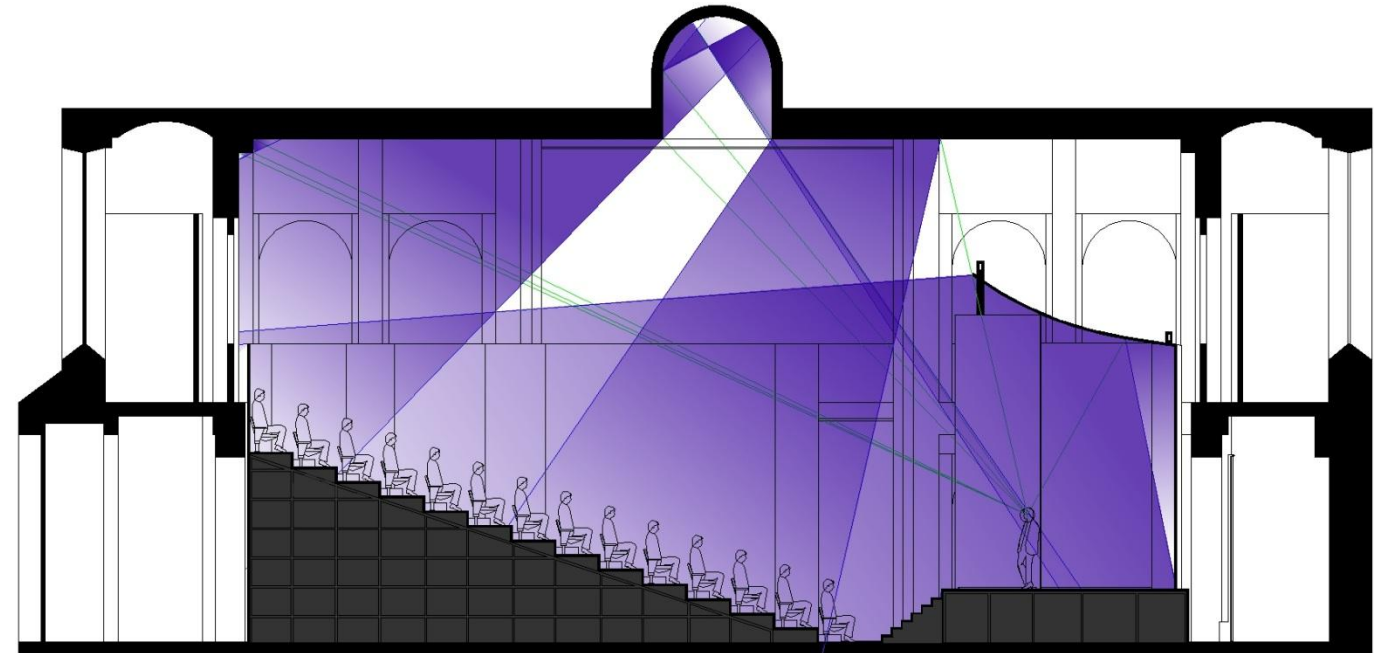


Primeras reflexiones y Sonido directo – Propuesta

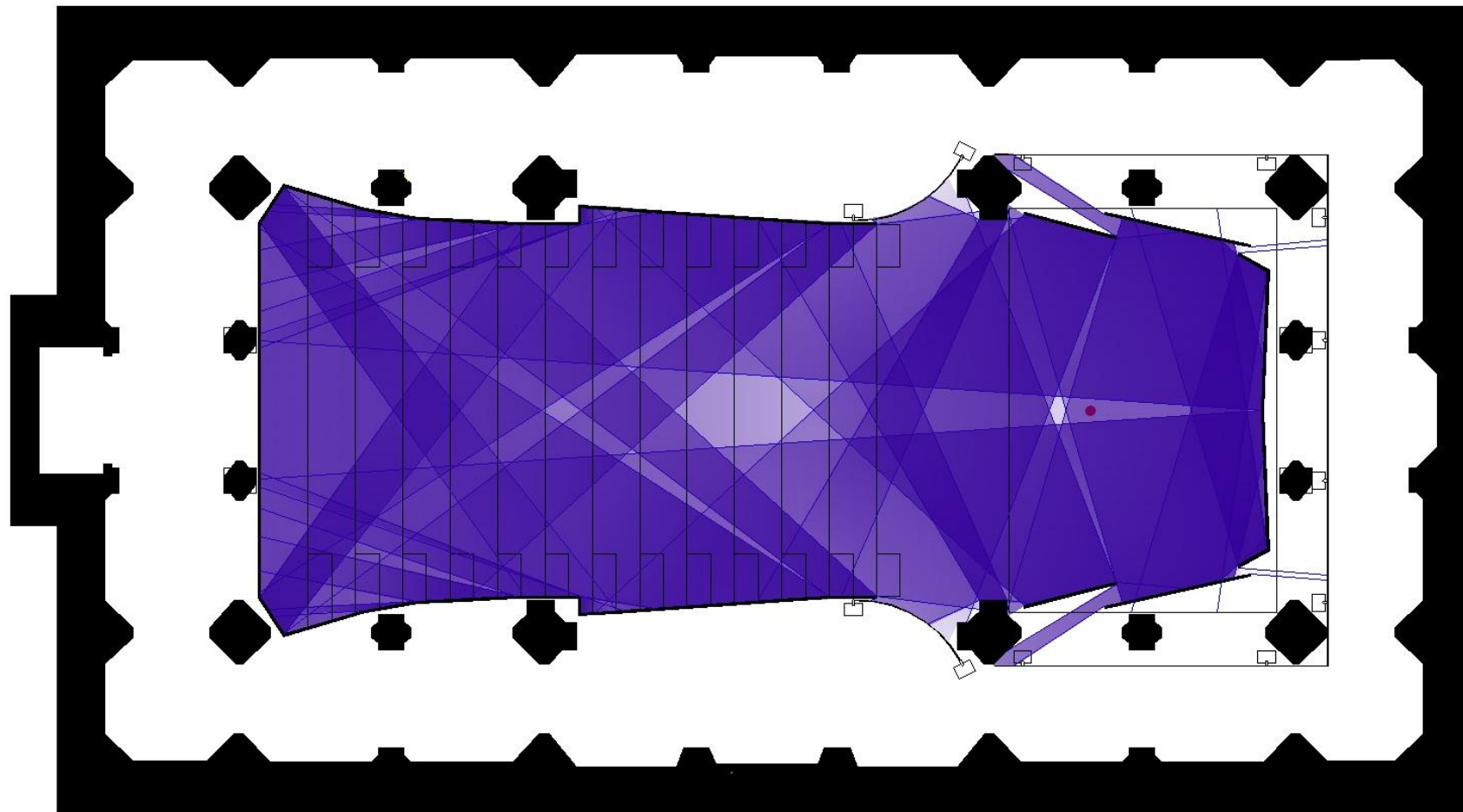
Sonido directo:



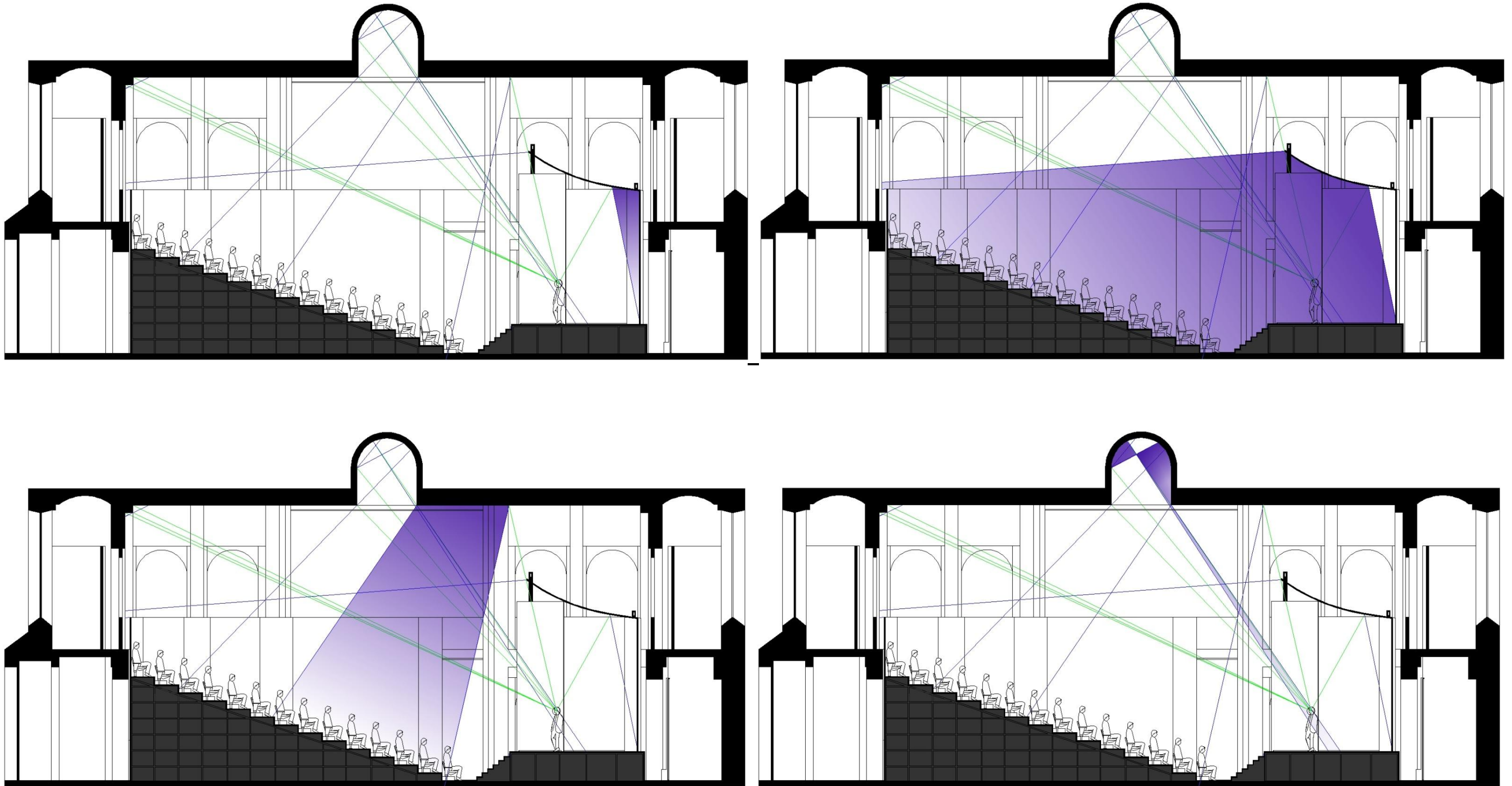
Primeras reflexiones superiores:

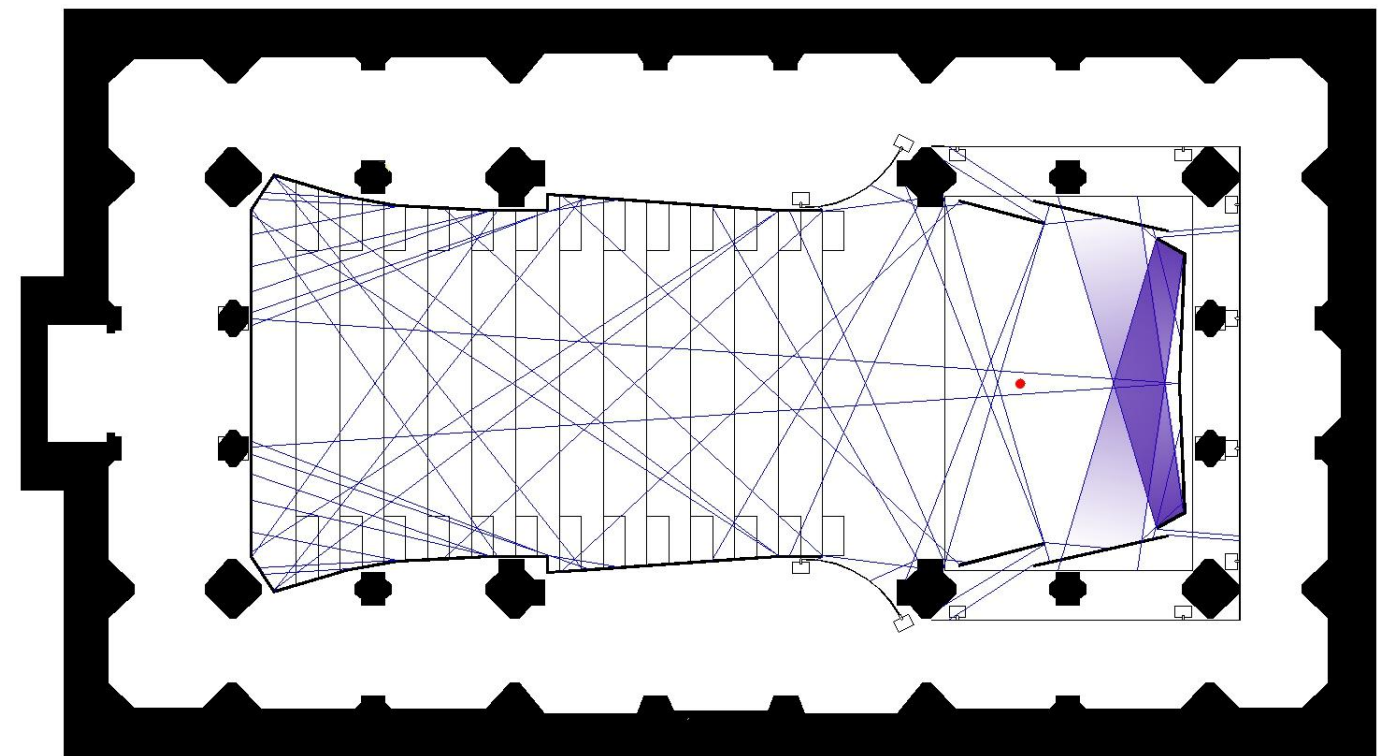
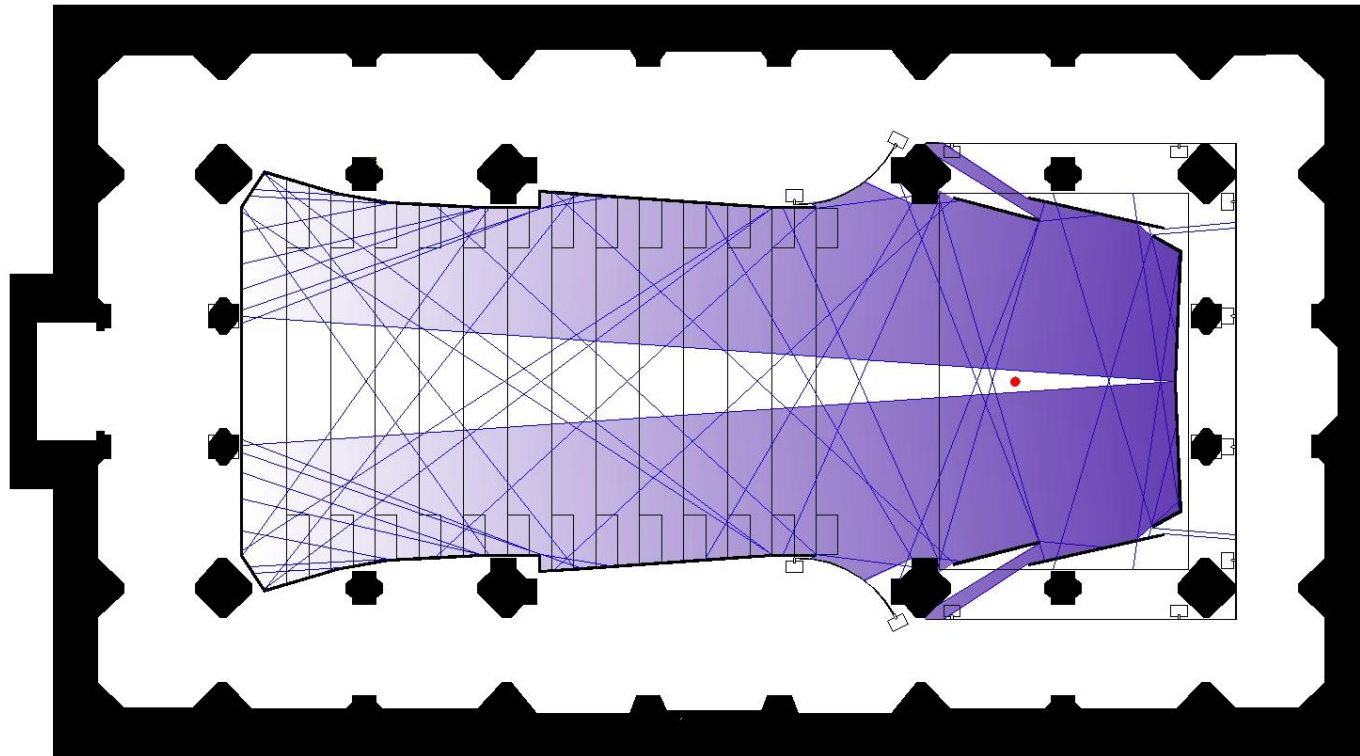
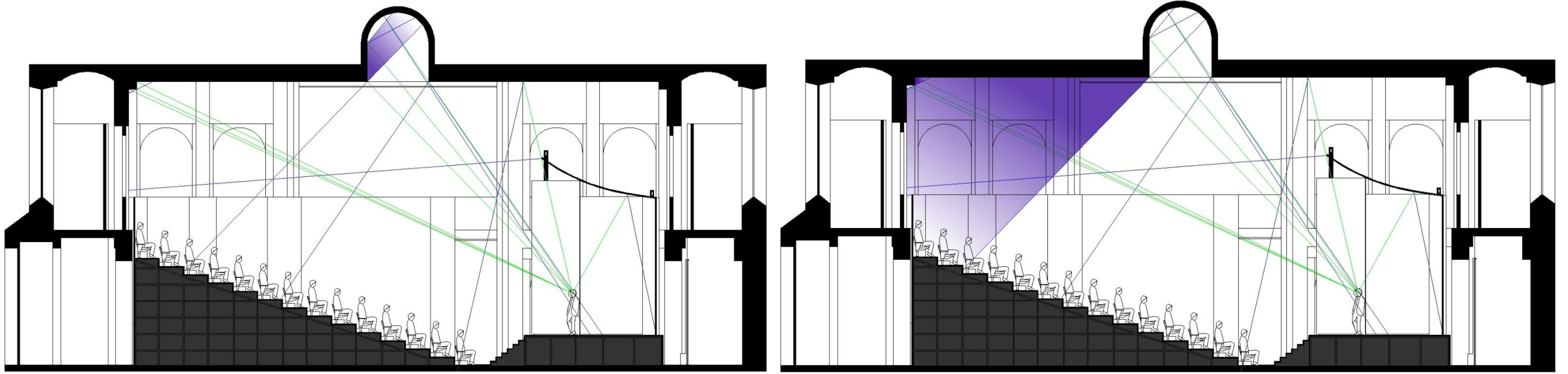


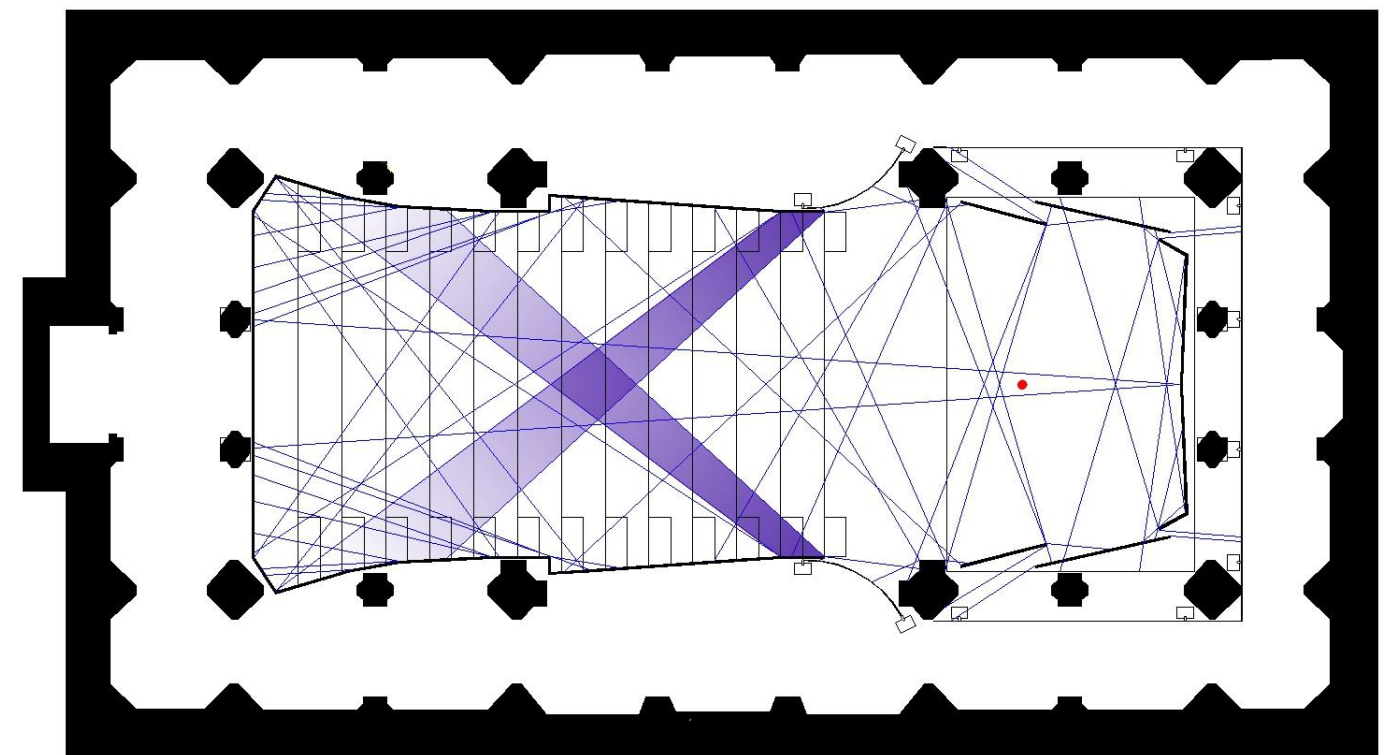
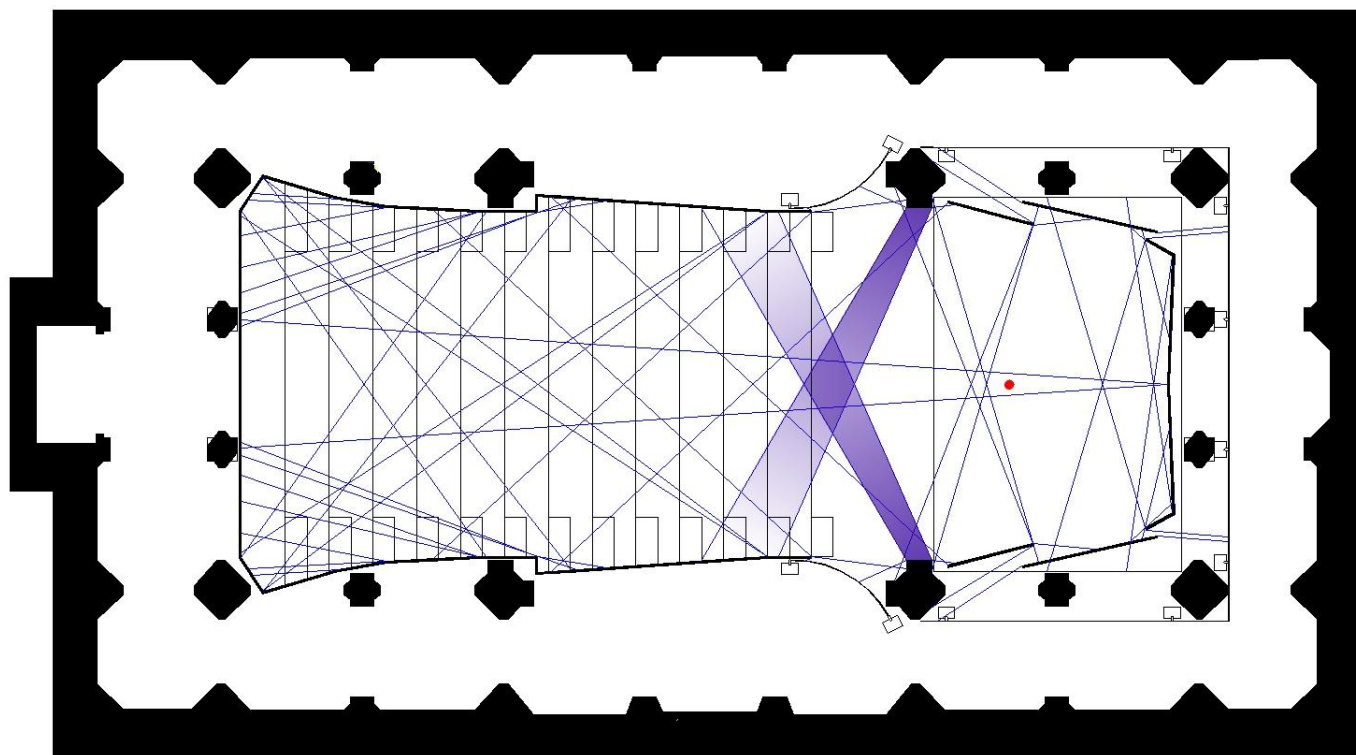
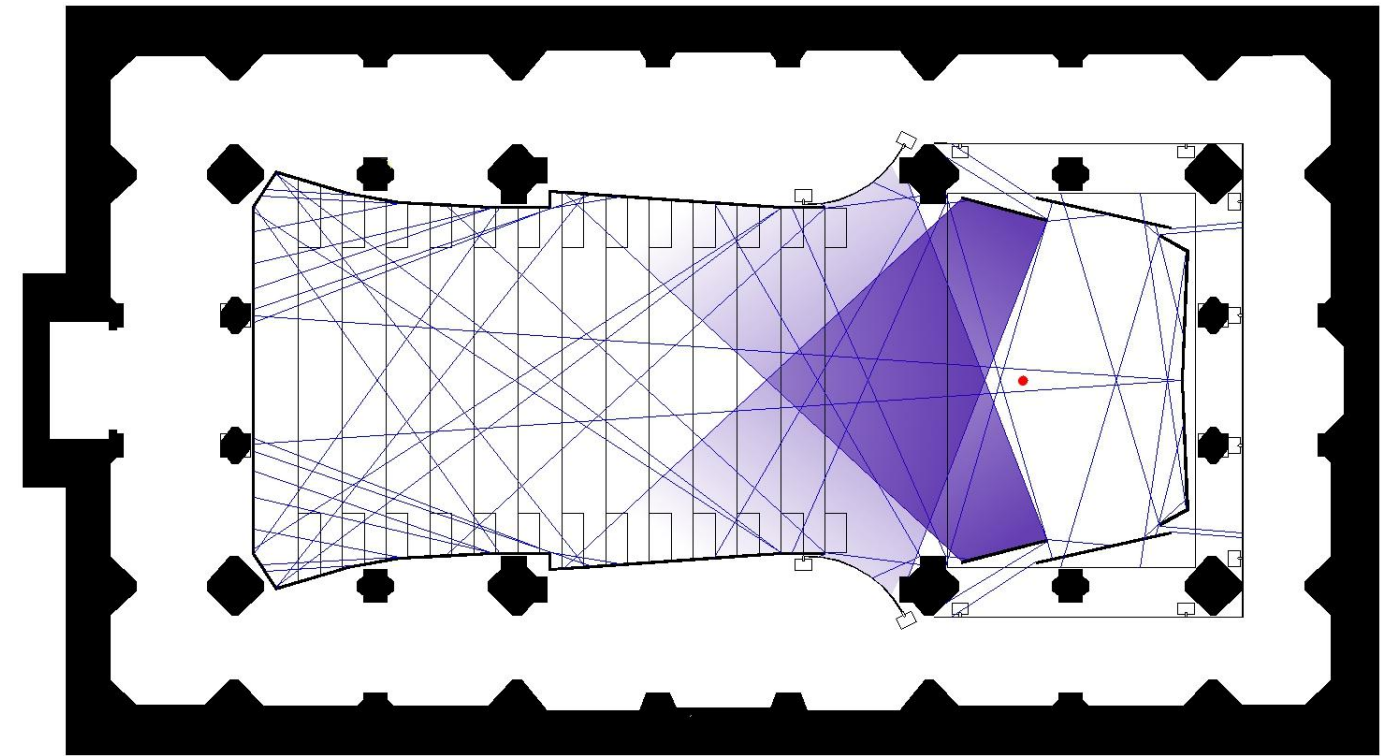
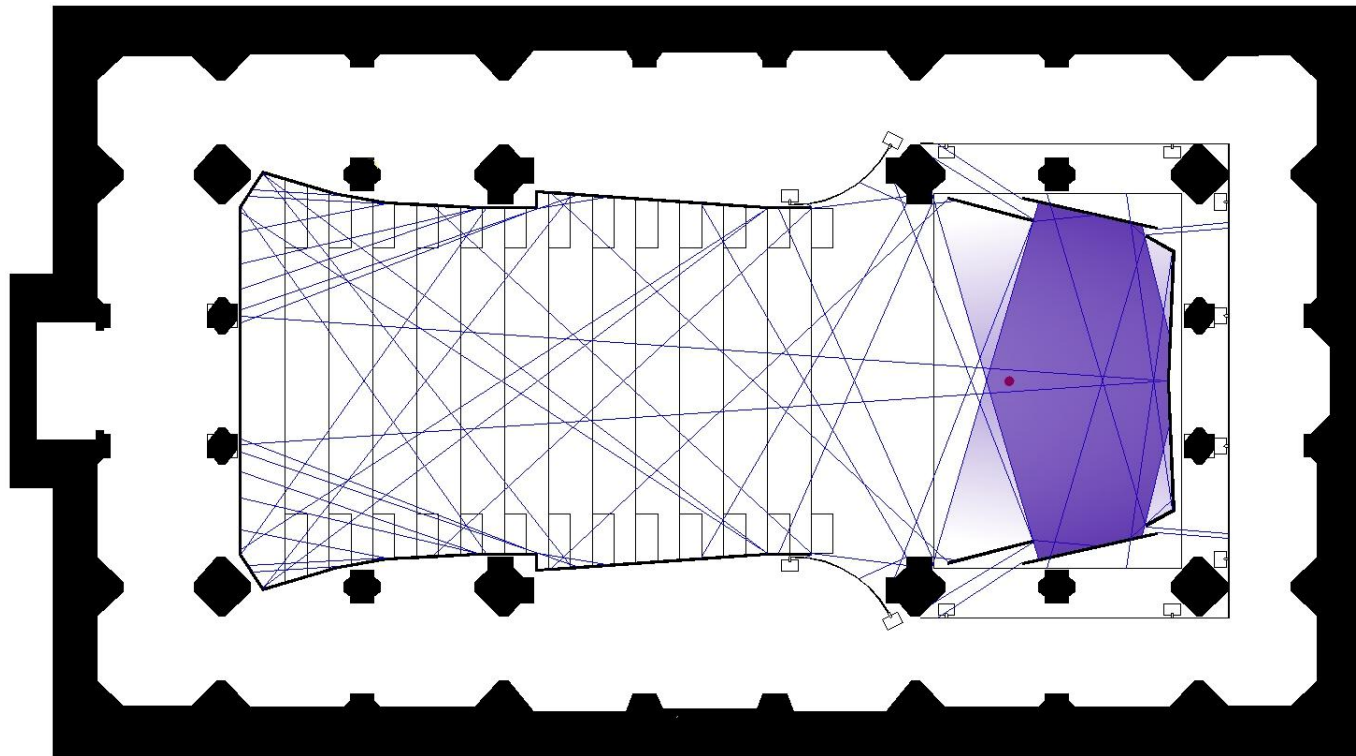
Primeras reflexiones laterales:

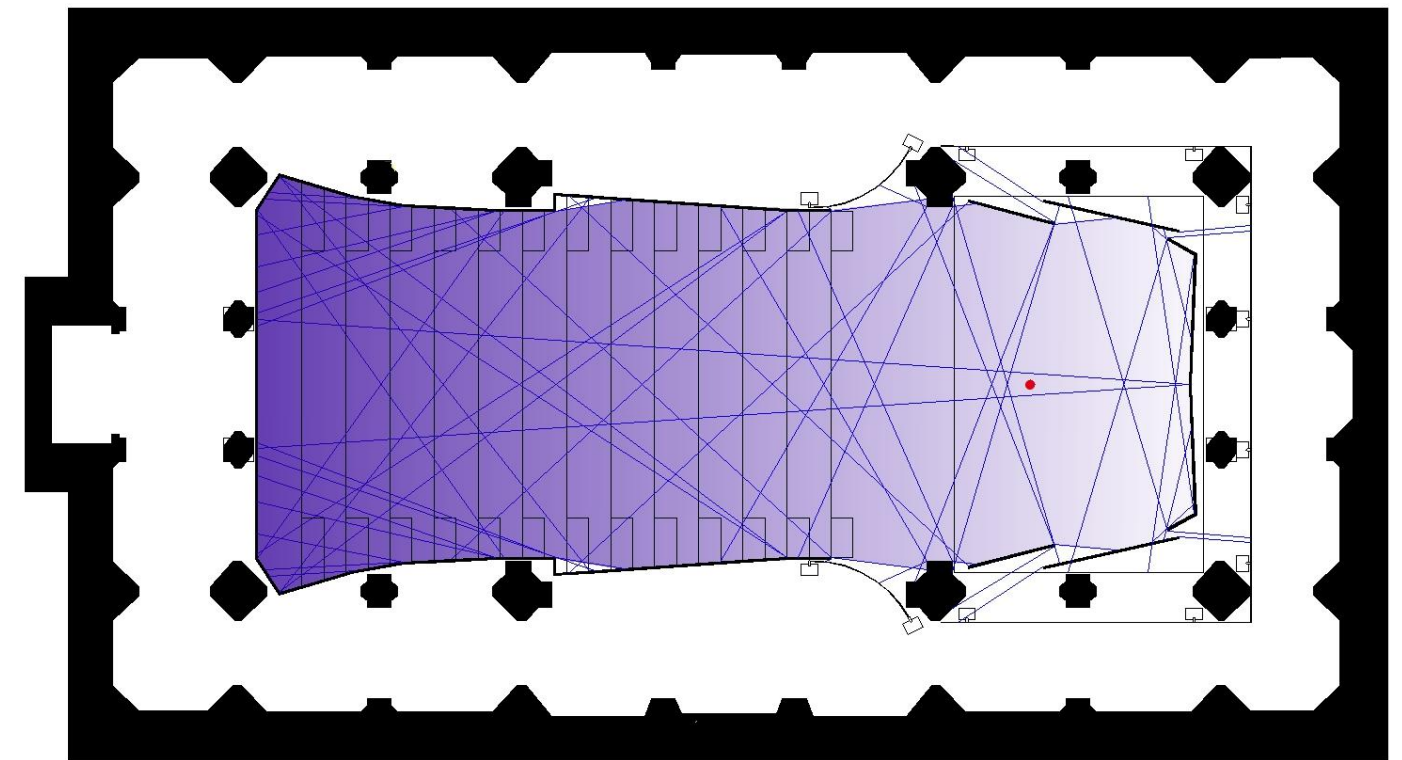
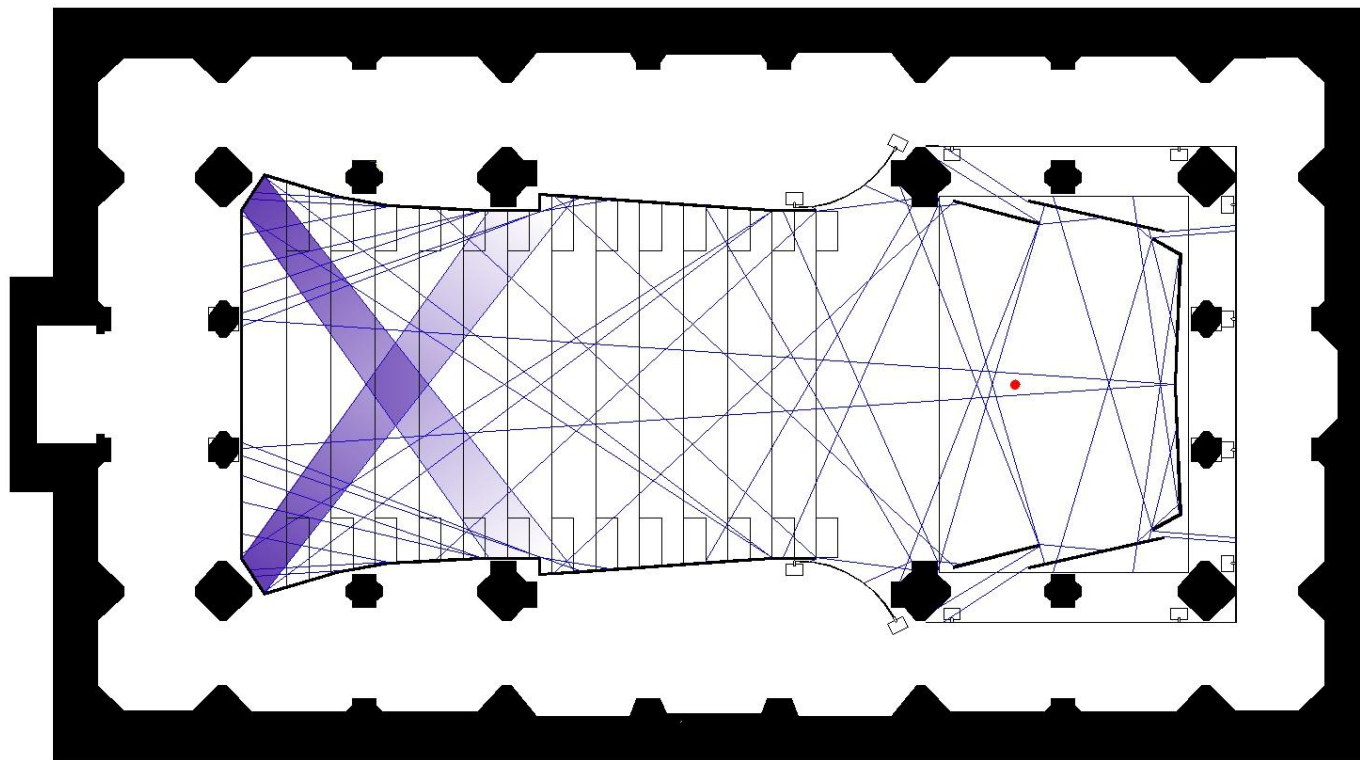
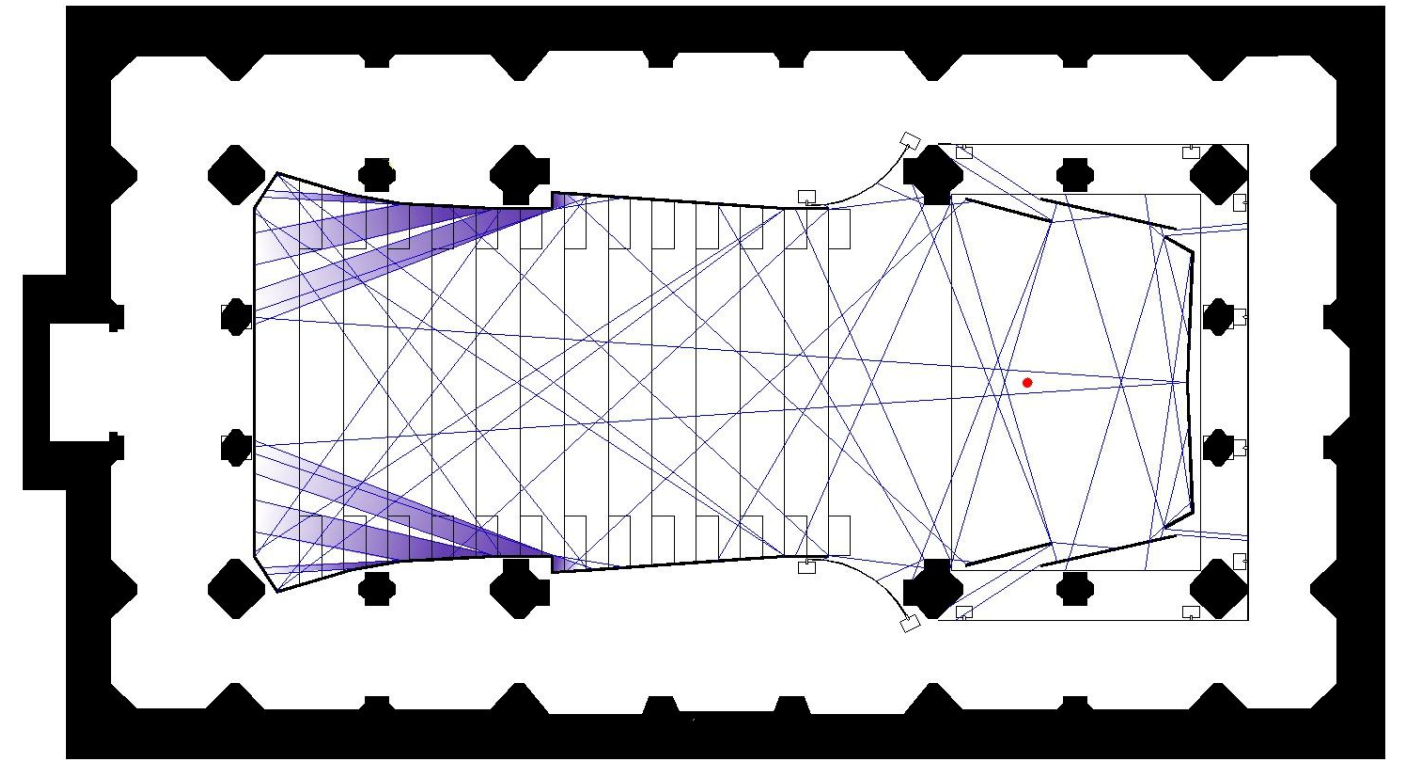
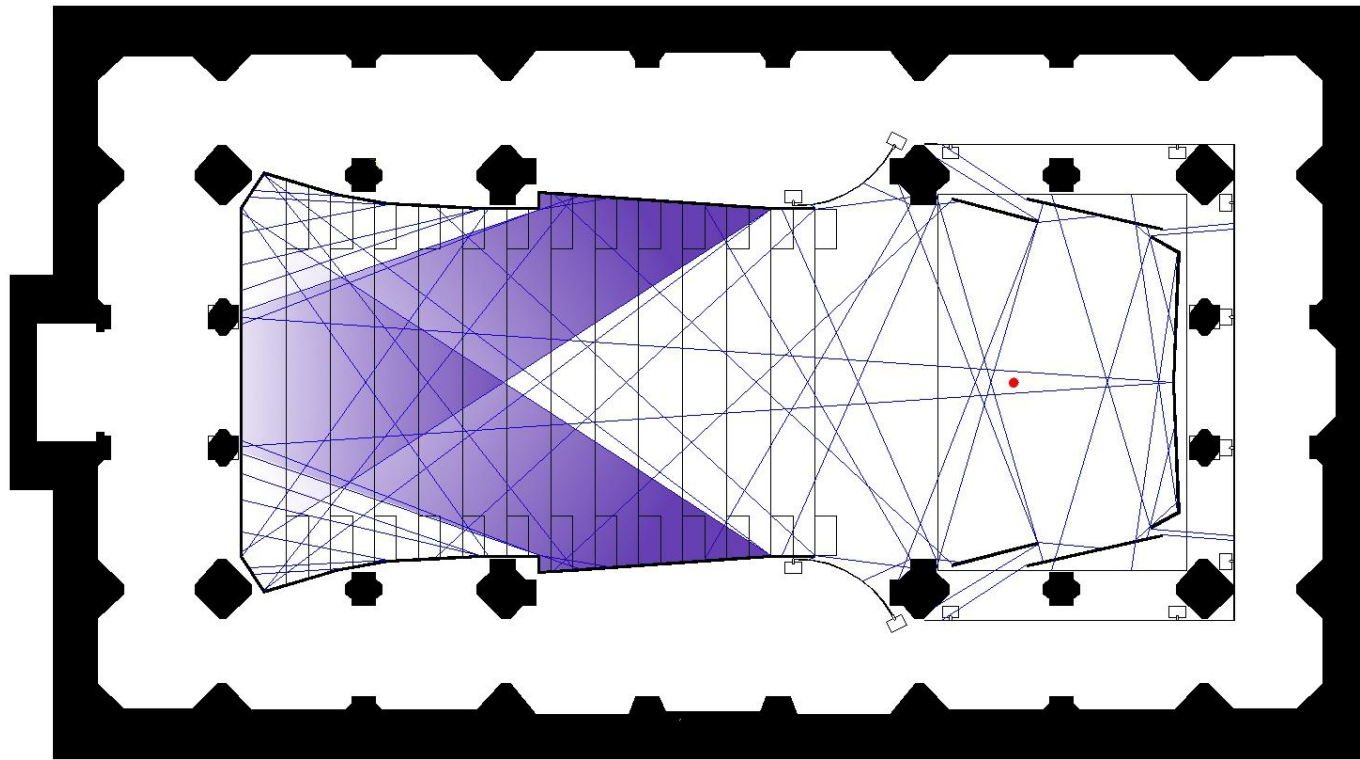


Primeras reflexiones pormenorizado









Volúmenes – Comparación antes y después de la intervención propuesta







BIBLIOGRAFÍA del proyecto

Diseño acústico de espacios arquitectónicos Antoni Carrión Isbert Edicions UPC

Material docente de la asignatura de Acústica Arquitectónica Vicente Gómez lozano
Ignacio Guillén Guillamón
Patricio Ramírez Hoyos

Tesis de Máster: Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de un Auditorio para Actuaciones en Directo de Bandas de Música Fco. Javier Mañó Frasquet UPV

CTE: *Documento Básico HR – Protección frente al ruido*
