



**PGF: PROPUESTA DE INTERVENCIÓN PARA EL
ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO DE LA ERMITA DE SANTA ANA DE
ALBAL**



CURSO: 2010-2011
DIRECTOR ACADÉMICO: Ignacio Guillen
AUTOR: M^a Amparo Martínez Auñón

INDICE

1. OBJETIVO
2. RESEÑA HISTORICA
3. ANALISIS DEL EDIFICIO
4. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES ACUSTICAS
NECESARIAS PARA LA REALIZACIÓN DE AUDICIONES DE MÚSICA DE
CAMARA
5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN LA NAVE
6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN EL CORO
7. CONCLUSIONES.
8. BIBLIOGRAFÍA

1. OBJETIVO

El objetivo al que nos enfrentamos es la realización de una propuesta de intervención, en la nave principal del edificio que conforma la ermita de Santa Ana de Albal.

La finalidad de dicha actuación es convertirlo en una sala apta para la realización de conciertos de música de cámara. A tal efecto, no solo habrá que tener en cuenta la finalidad funcional que corresponde a las diferentes actuaciones si no también la función estética y el grado de agresión en la ejecución de la rehabilitación, dado que trabajamos sobre un edificio histórico. Así pues se ha de tener en cuenta la repercusión sobre el edificio y los niveles de protección que puedan darse en el mismo.

Hemos de tener presente que nuestro objetivo final, es transformar una sala pensada para la realización del oficio religioso en una sala en la que se puedan realizar conciertos. Y por tanto hemos de conocer tanto los las exigencias acústicas que nos requiere dicho menester, como el funcionamiento de la actividad en sí misma.

La música de cámara es un género de la música académica, escrita para un pequeño grupo de instrumentos.

Hay dos detalles que permiten caracterizar una obra de cámara:

- 1) Cada músico toca una parte diferente.
- 2) No hay director; los músicos deben estar ubicados de manera de poder mirarse entre sí, para lograr la mejor coordinación.

La primera característica no afecta al diseño constructivo, pero la segunda nos marca características geométricas que debe cumplir el espacio donde se ubicarán los músicos.

En cuanto a este punto hemos de tener en cuenta que no tiene un límite máximo de instrumentos, el mínimo son dos y puede estar formado de hasta veinte, que no será nuestro caso por problemas dimensionales.

En definitiva hemos de de convertir el espacio en un nuevo espacio, que cumpla todas las exigencias esperadas.

2. RESEÑA HISTORICA

Su primera constancia gráfica aparece en 1595; Se sitúa justo en el borde sur de la comarca de l'horta. Edificada sobre un pequeño montículo, donde la tradición señala que fue encontrada la imagen de Santa Ana que es patrona de Albal.

La primera construcción data del siglo XIV y sus muros se ejecutaron con tapial que aun podemos encontrar en la zona sur del edificio.

La tipología corresponde con la denominada planta de salón, muy común en esta zona. Se encuentra conformada por una nave única de planta rectangular con el presbiterio también en rectángulo, de influencias de la planta basilical paleocristiana. Las cubiertas de esta tipología constructiva se realizan mediante armaduras de madera a dos aguas, sobre arcos de diafragma apuntalados de sillería generalmente, los cuales pueden arrancar del suelo o del muro. En este caso, la ermita de Santa Ana se encuentra en un caso un poco más elaborado en el que se aumenta la estabilidad, apeando el techo de tramo en tramo con arcos perpiaños de fábrica.

También encontramos una última variación del esquema original de la planta de salón. Las capillas adosadas a los laterales, que son propias del final del periodo medieval, a finales del S XIV principios del S XV

El edificio sobre el que vamos a intervenir, ha sufrido múltiples transformaciones a lo largo de los años, que han modificado tanto su sistema constructivo como su espacio interno.

3. ANALISIS DEL EDIFICIO

El edificio original sufre numerosas modificaciones a lo largo de los años, así pues en la actualidad nos encontramos con un edificio conformado por las partes que van dejando cada una de estas intervenciones. Quedando así definida su configuración actual. A continuación se define cada una de esas partes.

Estado actual del edificio

Siglo XIV

Muros de tapial, de los cuales solo quedan los muros del lateral sur y las fábricas del muro segundo desde el altar

Siglos XV-XVI

Muros de tapial más moderno que constituyen el actual fondo del altar y una fábrica constituida por muros de mampostería con una traba de hormigón rico en cal que conforman el muro perimetral del ábside.

Esta fábrica incluye esquinas en sillería y corresponden a la fachada oeste.

Solado del altar

Bóvedas con nervadura de composición compleja que definen el ámbito del altar y el primero de los cuerpos de la nave, construidas con doble rosca de ladrillo plano acabado en aristas. Se define con un sistema de pilastras acanaladas a ambos lados del altar con sillería de piedra caliza. El fuste de las pilastras es de piedra arenisca, y las nervaduras con yesería que imitan la sillería.

Siglos XVIII-XIX

Muros de mampostería con verdugadas de ladrillo que conforman los cerramientos norte y este y definieron la fachada hasta al siglo XX.

Se rehace la estructura de la segunda nave con una bóveda falsa de cañizo y yeso y falsas nervaduras de yesería sin trabajar.

Siglo XX

Se construye el cuerpo del porche en ladrillo y que conforma el actual cerramiento de fachada de estilo neo modernista.

Ultima intervención 2005

Restauración y revoco con mortero bastardo de cemento y cal coloreado tanto por el exterior como por el interior

Se bajó la cota interior hasta el nivel original y reparación del solado en algunas zonas.

Se restauran las bóvedas correspondientes al altar y la primera nave, reforzándolas con un casquete colaborante compuesto de una malla de acero y hormigón proyectado. Se sustituyó el plano de cubierta.

Atado mediante zuncho perimetral de hormigón armado de los muros.

En las bóvedas de la segunda nave, se tejió una estructura de malla de fibra de vidrio, con gunitado de yeso y casquete de cemento.

La tercera nave presenta una solución formada por una cercha de madera apoyada en dos vigas transversales. Las cerchas proporcionan la base de apoyo de un entramado de madera sobre el que se sustenta la cubierta.

Se restauran los aleros y cornisas de las fachadas y se redefinen los huecos.

4. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES ACUSTICAS NECESARIAS PARA LA REALIZACIÓN DE AUDICIONES DE MÚSICA DE CAMARA

Consideraciones previas

Para el diseño de salas de conciertos existen unos márgenes de valores estándar que deben cumplirse. Estos valores recomendados para cada parámetro se establecen como fruto de un proceso empírico.

Tal proceso es consecuencia del análisis de un numeroso conjunto de salas de conciertos de todo el mundo que concluyen con la determinación de los valores de sus parámetros acústicos más representativos. Los valores correspondientes a aquellos recintos considerados unánimemente como excelentes desde un punto de vista acústico han sido los elegidos como patrón para el diseño de nuevas salas.

Esto sigue sin asegurarnos la obtención de una sala acústicamente perfecta dado que siempre existe el riesgo de zonas muertas, o con mala acústica y ese será el aspecto que tendremos que cuidar con especial atención.

Parámetros básicos

Tiempo de reverberación (RT)

Tiempo que transcurre desde que el foco emisor se detiene hasta que el nivel de presión sonora cae 60 dB.

$$RT_{\text{mid}} = \frac{RT(500\text{Hz}) + RT(1000\text{Hz})}{2}$$

Dicho parámetro cuando nos referimos a una sala destinada a música de cámara como es nuestro caso debe encontrarse entre los valores:

1,7

Calidez acústica (BR) y brillo (Br)

Se dice que una sala tiene calidez acústica si presenta una buena respuesta a frecuencias bajas. La palabra calidez representa, pues, la riqueza de graves, la suavidad y la melosidad de la música en la sala

Se define como la relación entre la suma de los tiempos de reverberación RT a frecuencias bajas (125 Hz y 250 Hz) y la suma de los RT correspondientes a frecuencias medias (500 Hz y 1000 Hz).

$$BR = \frac{RT(125\text{Hz}) + RT(250\text{Hz})}{RT(500\text{Hz}) + RT(1000\text{Hz})}$$

Los márgenes entre los que debe encontrarse la calidez son:

$$1,10 \leq BR \leq 1,25 \text{ (si } RT_{\text{mid}} = 2,2 \text{ s)}$$
$$1,10 \leq BR \leq 1,45 \text{ (si } RT_{\text{mid}} = 1,8 \text{ s)}$$

Para nuestro caso, una sala de conciertos de música de cámara lo hallaremos por interpolación resultando:

$$BR=1,2$$

El brillo es el indicativo de que el sonido en la sala es claro y rico en armónicos.

Por definición, el brillo Br de una sala es la relación entre la suma de los tiempos de reverberación RT a frecuencias altas (2000 Hz y 4000 Hz) y la suma de los RT correspondientes a frecuencias medias (500 Hz y 1000 Hz).

$$BR = \frac{RT(2000\text{Hz}) + RT(4000\text{Hz})}{RT(500\text{Hz}) + RT(1000\text{Hz})}$$

Beraneck recomienda que el valor de Br para salas totalmente ocupadas verifique:

$$0,95$$

Para el cálculo de los parámetros mencionados necesitamos de una serie de datos previos como base del cálculo tanto teórico como real.

Para ello necesitamos conocer la superficie total de la sala a estudiar, así como las superficies parciales según su acabado constructivo. El volumen total del recinto. Y las mediciones de reverberación del espacio vacío en su estado actual.

Estas mediciones de reverberación se pueden obtener de manera teórica mediante el cálculo de la absorción de cada una de las superficies según su acabado o realizando mediciones mediante aparatos que miden los tiempos de reverberación, respecto de varios puntos y referidos a diferentes focos que promediados nos ofrecen la realidad de la sala.

Datos de partida de la sala

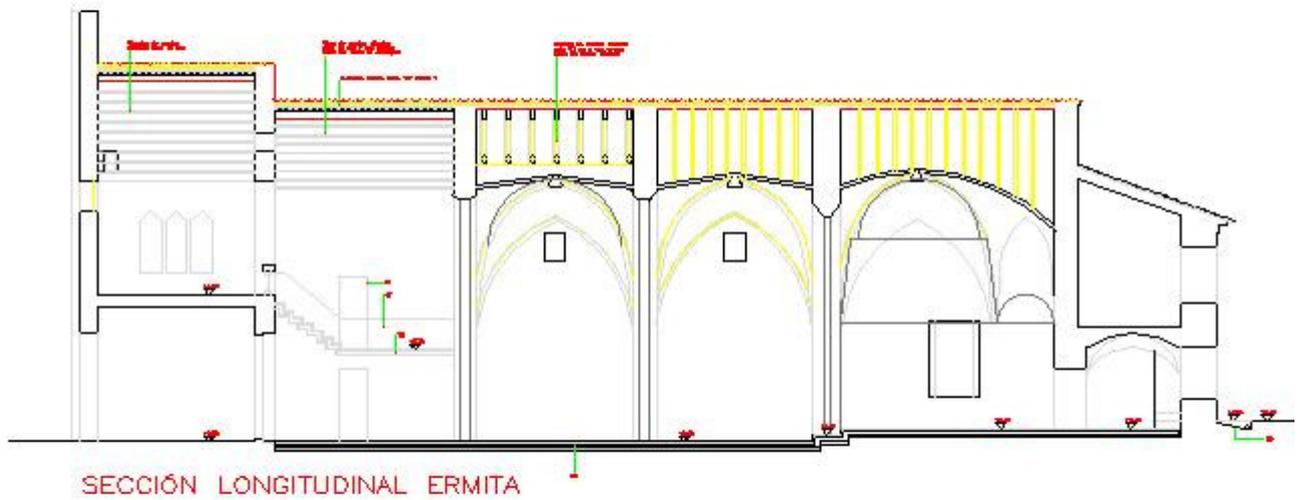
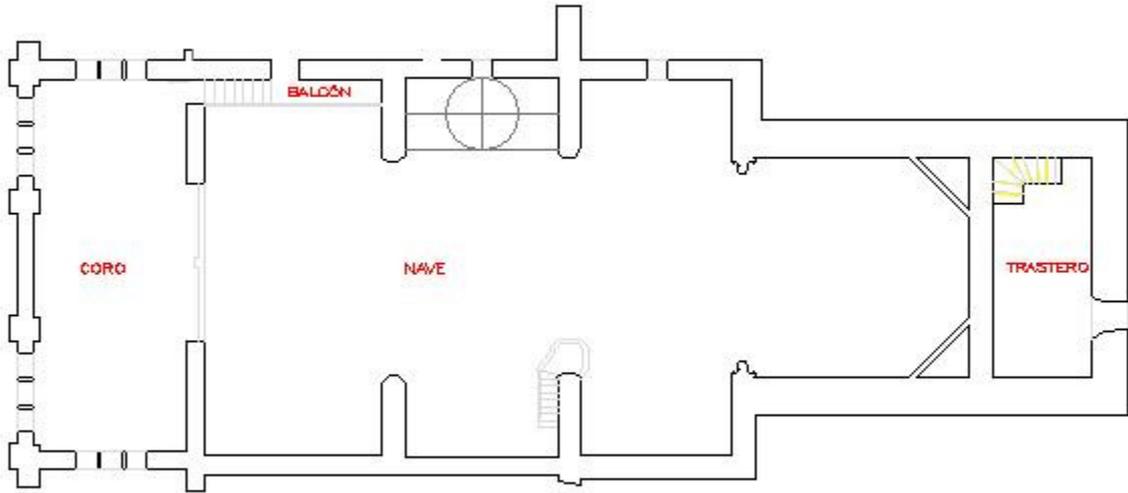
Superficies de la sala

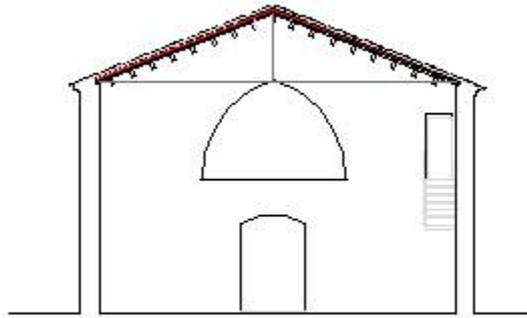
SUPERFICIE DE LAS CUBIERTAS	INTEGRALES
Área Coro	57,63
Area1ª crujía	46,83
Área total de la bóveda capillas laterales	57,40
Área total de la bóveda central crujía 2	39,03
Área total de la bóveda central crujía 3	35,50
Área total de la bóveda ALTAR MAYOR	53,84
TOTAL	3

SUPERFICIE DE PAVIMENTOS	
Nave	217,53
Coro	49,82
Tabicas	2,25
TOTAL	2 67,35

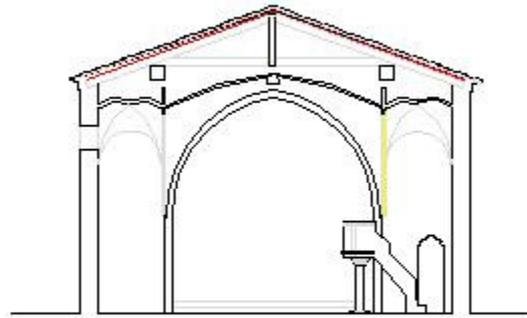
SUPERFICIE DE LOS PARAMENTOS	
Paramentos Nave	571,81
Paramentos Coro	107,56
Madera Nave	12,72
Madera Coro	1,54
Cristal Nave	1,92
Cristal Coro	10,17
SUPERFICIE TOTAL	7 05,73

SUPERFICIE TOTAL 1263,31

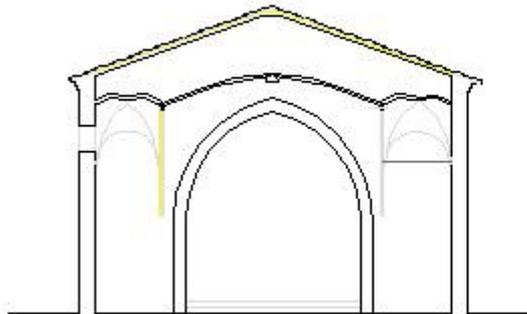




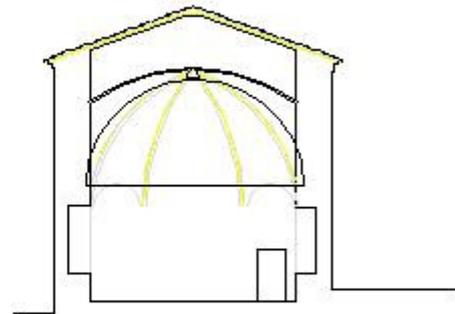
SECCIÓN ÚLTIMA NAVE. Est. viguetaría



SECCIÓN ÚLTIMA NAVE. Est. cerchas



SECCIÓN ÚLTIMA NAVE. Est. tablillos



SECCIÓN ÚLTIMA NAVE. Est. tablillos

Volumen de la sala

	UD	VOLUMEN	VOLUMEN TOTAL
Altar mayor	1	208,46	208,46
Volumen cuerpo central	2	203,2	406,4
Volumen capilla	4	63,12	252,48
Acceso	1	508,72	508,72
Volumen total nave	1376,06		
Volumen del coro	1	210,16	210,16
VOLUMEN DEL EDIFICIO	1586,22		

Datos de reverberación de la sala en su estado actual

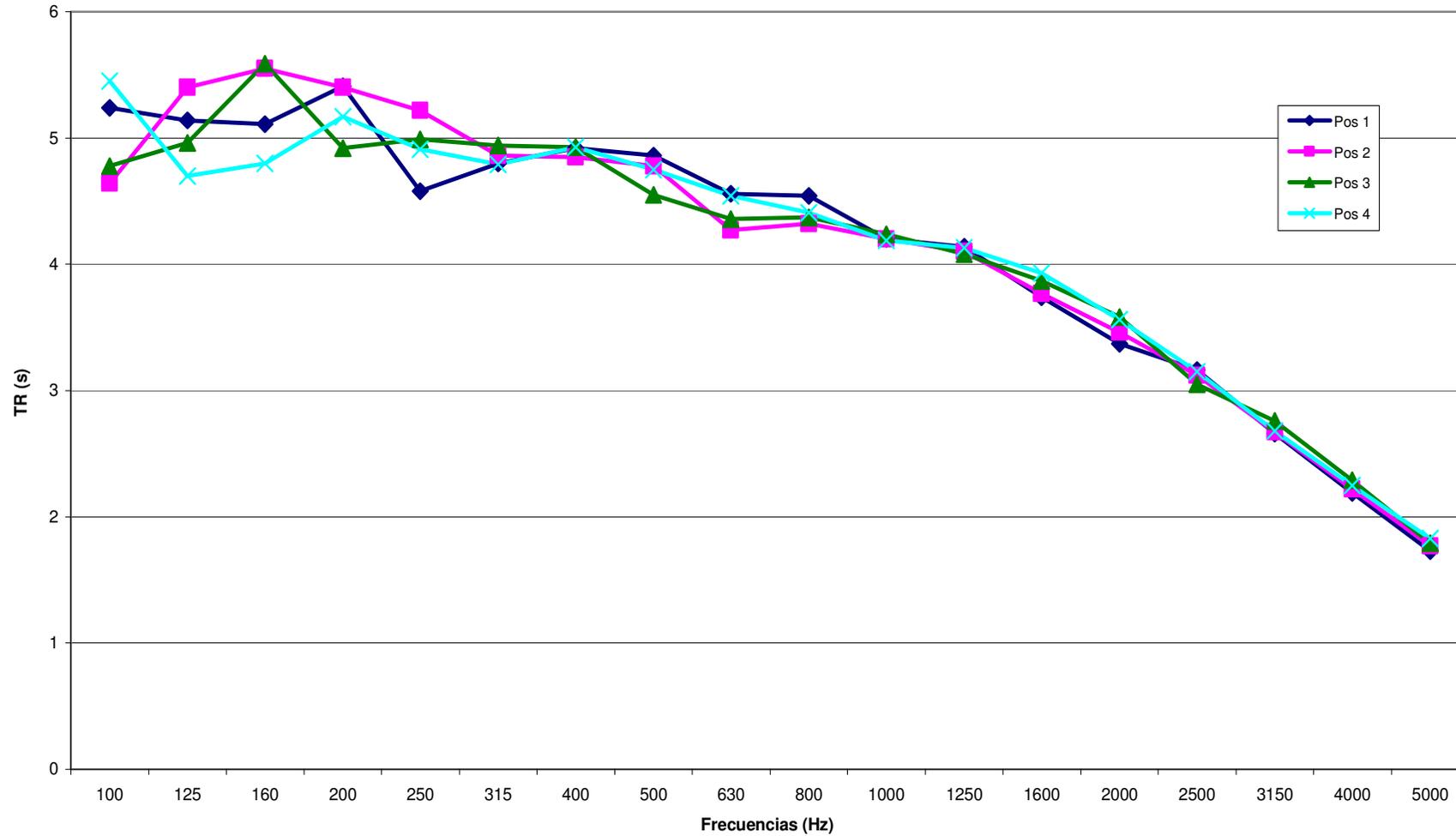
		FRECUENCIAS																				
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000			
Emisor en altar	Referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56					
	Ponderacion A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		19,1	16,1	13,4	10,9	-8,6	-6,6	-4,8	-3,2	-1	-0,8	0	0,6	1	1,2	1,3	1,2					
	T20 promedio	5,06	4,89	5,3	5,17	5,04	4,8	4,96	4,67	4,6	4,52	4,2	4,13	3,82	3,47	3,12	2,72	2,24	1,78	1,37	1,02	0,72
	Pos 1	4,95	5,29	5,11	5,36	5,37	4,68	4,64	4,85	4,59	4,89	4,13	4,3	3,72	3,3	3,3	2,74	2,11	1,69	1,29	0,93	0,66
	Pos 2	4,12	4,53	6,11	5,29	4,52	4,44	5,15	4,86	4,41	4,15	4,04	4,02	3,77	3,42	3,08	2,73	2,24	1,77	1,31	0,99	0,69
	Pos 3	4,98	5,13	5,04	4,68	4,96	5,62	5,38	4,38	4,5	4,47	4,37	4,06	3,83	3,54	3,06	2,74	2,33	1,8	1,41	1,1	0,76
	Pos 4	6,2	4,61	4,95	5,36	5,3	4,46	4,66	4,59	4,89	4,58	4,25	4,15	3,94	3,61	3,05	2,67	2,28	1,85	1,47	1,07	0,75
	T30 promedio	5,03	5,05	5,26	5,23	4,93	4,85	4,91	4,74	4,43	4,41	4,21	4,11	3,83	3,49	3,12	2,69	2,24	1,78	1,36	1,03	0,72
	Pos 1	5,24	5,14	5,11	5,41	4,58	4,8	4,92	4,86	4,56	4,54	4,2	4,14	3,74	3,37	3,16	2,66	2,19	1,73	1,3	0,97	0,68
	Pos 2	4,64	5,4	5,55	5,4	5,22	4,86	4,85	4,78	4,27	4,32	4,2	4,1	3,77	3,46	3,12	2,67	2,22	1,77	1,35	1,01	0,7
	Pos 3	4,78	4,96	5,59	4,92	4,99	4,94	4,93	4,55	4,36	4,37	4,24	4,08	3,87	3,58	3,05	2,76	2,29	1,79	1,36	1,09	0,74
Pos 4	5,45	4,7	4,8	5,17	4,91	4,79	4,93	4,75	4,54	4,41	4,19	4,13	3,93	3,56	3,15	2,68	2,25	1,83	1,41	1,04	0,75	

		FRECUENCIAS	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000		
Emisor en coro	T20 promedio	5,31	4,94	5,46	4,92	5,08	4,75	5,01	4,48	4,53	4,41	4,18	3,99	3,76	3,41	3,17	2,67	2,25	1,83	1,35	1	0,69
	Pos 1	5,1	4,73	5,48	4,41	4,98	4,61	5,3	4,89	4,7	4,56	4,16	4	3,66	3,39	3,29	2,77	2,34	1,87	1,38	1,04	0,74
	Pos 2	5,74	4,89	5,47	5,49	5,8	4,79	4,75	4,25	4,67	4,27	4,27	4,07	3,76	3,43	3,14	2,69	2,17	1,84	1,39	0,97	0,67
	Pos 3	5,08	5,2	5,44	4,86	4,46	4,84	4,97	4,31	4,23	4,4	4,1	3,89	3,86	3,41	3,07	2,54	2,24	1,77	1,27	1	0,67
	T30 promedio	5,22	4,95	5,08	5,02	5,12	4,81	4,98	4,53	4,41	4,38	4,18	4,02	3,81	3,47	3,13	2,69	2,23	1,81	1,36	1,02	0,71
	Pos 1	5,33	4,9	5,07	5,02	5,2	4,71	5,15	4,83	4,53	4,41	4,22	4,04	3,8	3,47	3,2	2,72	2,26	1,83	1,39	1,06	0,73
	Pos 2	5,24	5,36	5,22	5,11	5,22	4,91	4,88	4,39	4,47	4,36	4,18	3,99	3,76	3,4	3,13	2,68	2,22	1,81	1,39	1	0,69
	Pos 3	5,09	4,58	4,96	4,93	4,94	4,82	4,9	4,37	4,24	4,36	4,14	4,02	3,86	3,53	3,06	2,68	2,2	1,79	1,31	1	0,72

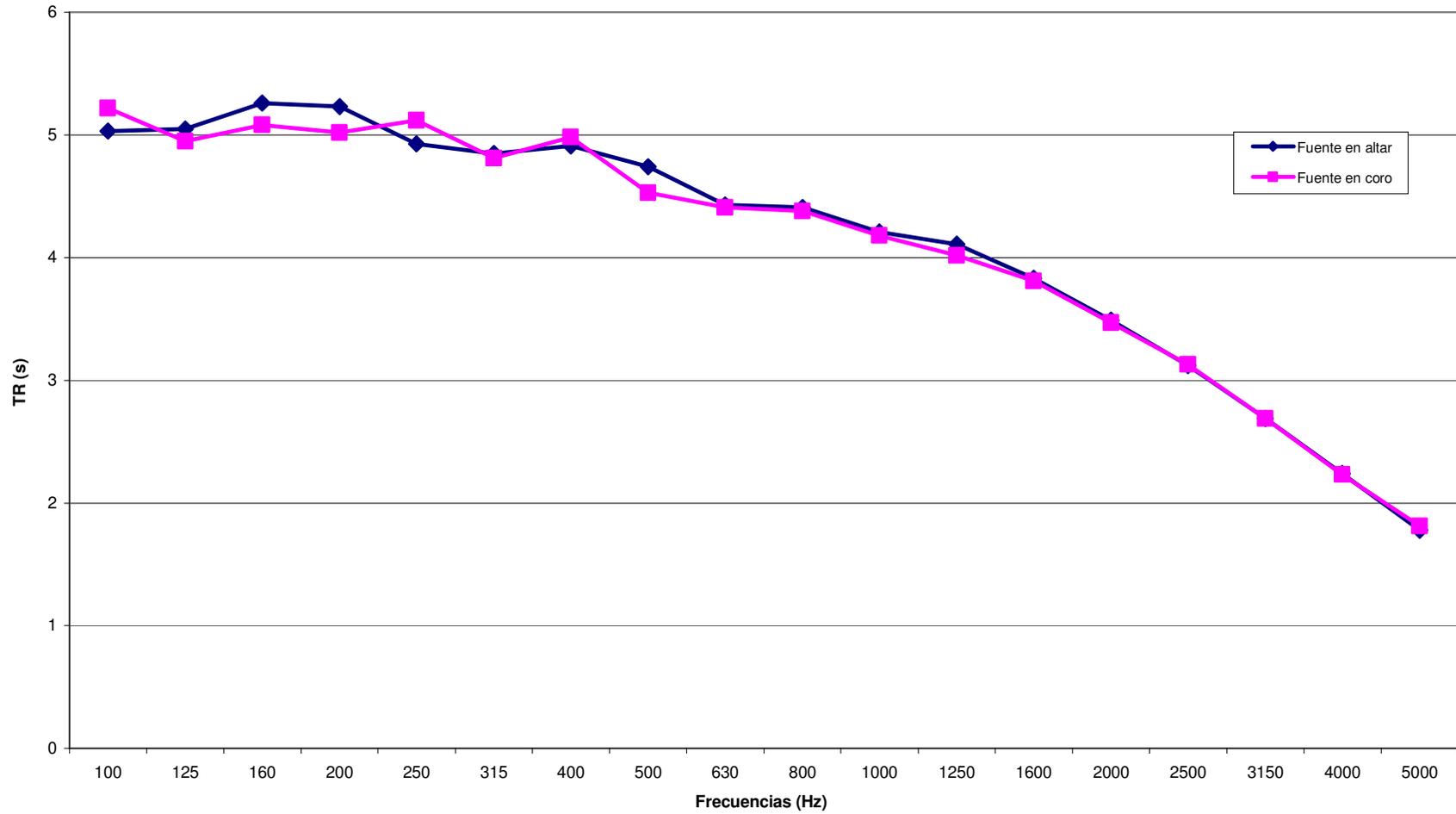
Iglesia de Sta Ana (Albal)
Reverberación fuente en Coro (TR30)



Iglesia de Sta Ana (Albal)
Reverberación fuente en altar (TR30)



Iglesia de Sta Ana (Albal)
Reverberación media (TR30)



		FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Emisor en altar	T30	promedio	5,03	5,05	5,26	5,23	4,93	4,85	4,91	4,74	4,43	4,41	4,21	4,11	3,83	3,49	3,12	2,69	2,24	1,78
Emisor en coro	T30	promedio	5,22	4,95	5,08	5,02	5,12	4,81	4,98	4,53	4,41	4,38	4,18	4,02	3,81	3,47	3,13	2,69	2,23	1,81
Media			5,125	5	5,17	5,13	5,03	4,83	4,945	4,64	4,42	4,4	4,2	4,07	3,82	3,48	3,13	2,69	2,235	1,795
Absorción total			49,83	51,08	49,40	49,83	50,82	52,87	51,64	55,10	57,78	58,11	60,88	62,82	66,85	73,39	81,72	94,94	114,26	142,27
Coef. de absorción medio		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,08	0,09	0,11	0,15
Reverberación debe ser	min		1,3	1,5																
	max		1,7																	

Absorción total necesaria = 1227,7

Para una banda de octava

		FRECUENCIA	125	250	500	1000	2000	4000
Emisor en altar	T30	promedio	5,05	4,93	4,74	4,21	3,49	2,24
Emisor en coro	T30	promedio	4,95	5,12	4,53	4,18	3,47	2,23
	Media		5	5,03	4,64	4,2	3,48	2,235
	Absorción total		51,08	50,82	55,10	60,88	73,39	114,26
	Coef de absorción medio		0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,09

RT med	4,42
Calidez	1,14
Brillo	1,62

Interpretación de los valores obtenidos

Las pruebas se realizaron con el recinto vacío, estableciendo diferentes focos y realizando mediciones desde distintos puntos tanto de la nave como del coro. De los ensayos de reverberación se obtuvieron los valores EDT, T₂₀ y T₃₀ en diferentes bandas de octava en cada foco, para después promediarlos espacialmente.

El tiempo de reverberación de la sala está muy relacionado con la inteligibilidad de la misma, y es el principal problema de la acústica interna, pues es quizá de todas las cualidades, la que mejor define la calidad acústica en un espacio cerrado.

Los valores obtenidos nos indican que la sala tiene unos valores del tiempo de reverberación excesivamente elevados respecto a los valores deseados para la función pretendida, sobre todo en bajas frecuencias. En altas frecuencias, estos valores son menores, como consecuencia de la absorción del aire.

Por lo general un tiempo de reverberación más corto realzará la definición musical a cargo del sentido de reverberación. Un tiempo de reverberación largo dará un sonido más suntuoso con mejor mezcla, pero menos claridad.

Así pues nuestro objetivo consiste en aumentar el coeficiente de absorción de las superficies existentes principalmente en bajas y medias frecuencias, sin modificar el volumen de la sala, con objeto de no afectar a la absorción que ya tenemos en altas frecuencias, aunque debamos elevar también esta.

Con ello lo que pretendemos es conseguir que el tiempo de reverberación se encuentre en su punto óptimo dando cuerpo al sonido pero sin desprestigiarlo, es decir, obteniendo suficiente definición del mismo, tratando el conjunto como uno solo con intención de favorecer la acústica para el público pero sin olvidar que tanto músicos como coro, tienen también una serie de necesidades. Así pues no solo tendremos en cuenta la acústica del público y seguiremos las siguientes consideraciones:

Meyer en un estudio en 1998 concluyó que los reflectores móviles como pantallas son la solución óptima para el diseño de escenarios donde se va a interpretar música de cámara. Hay que considerar que en contraposición a la música interpretada por grandes grupos de instrumentos, en la música de cámara, los músicos no tienen dificultad para escucharse entre ellos.

En cuanto al espacio total poco podemos hacer con la ubicación de público, pero en contraposición a esto tenemos de nuestro lado que la sala es pequeña, y que no tiene una configuración lineal que evitará el efecto túnel.

En cuanto al coro, es un cuerpo a tratar por separado, pues este presenta una problemática diferente. Nuestro objetivo principal en el coro es favorecer la salida del sonido hacia el exterior, pues se trata de un cuerpo prácticamente cerrado

Así pues a continuación se muestra las soluciones propuestas

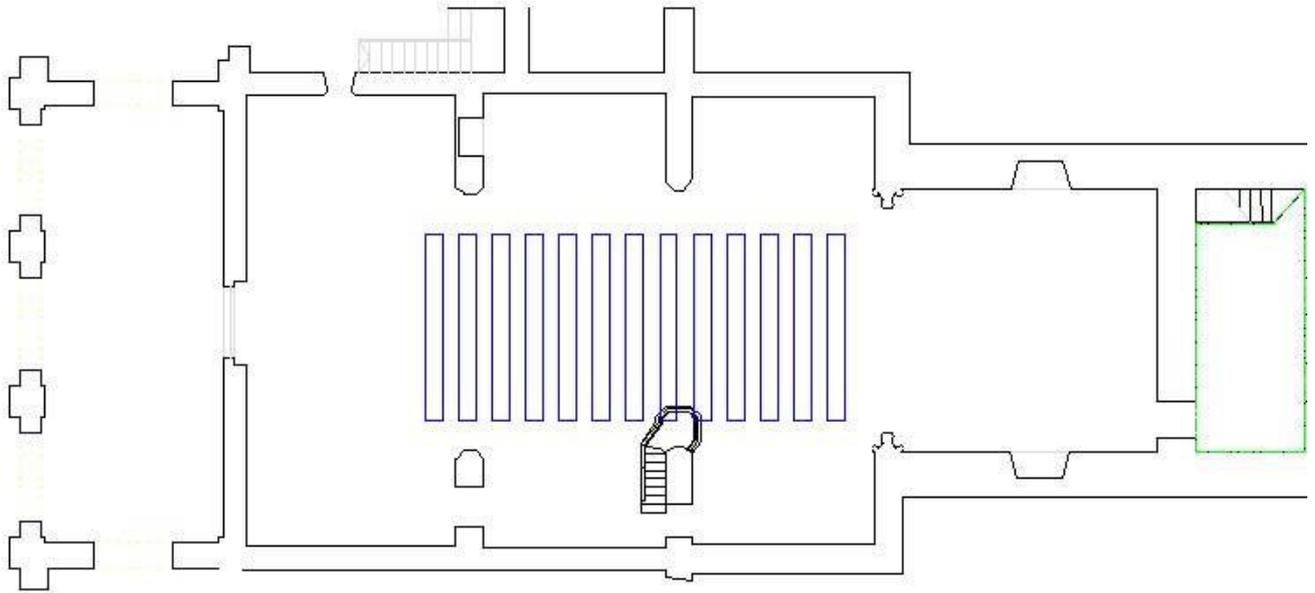
5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN LA NAVE

RECOMENDACIONES PARA LA CORRECCIÓN

Para la propuesta de actuación hemos de tener en cuenta, que desde el punto de vista formal, la intervención se encuentra limitada, dado que estamos trabajando sobre un edificio protegido y por tanto la variación de volúmenes estaría muy restringida. Así pues nos encontramos con un único objetivo, aumentar la absorción acústica en todas las frecuencias, cuidando que el coeficiente de absorción de los materiales a utilizar, tuviera un comportamiento adecuado en función del volumen y el uso de recinto.

1ª Actuación: Situación de los espectadores

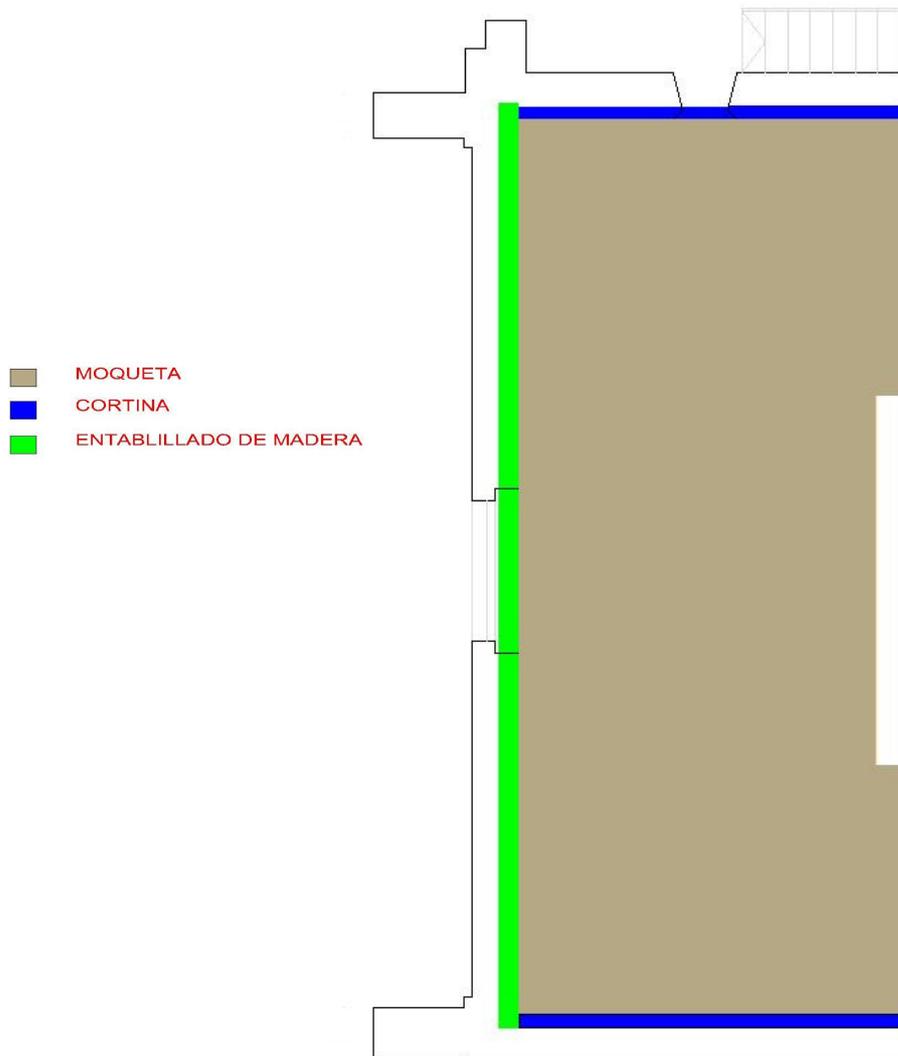
Se propone el emplazamiento de los espectadores en una franja central quedando pasillos a los laterales para el paso. Estará conformado por bancos



2ª Actuación: Modificación de las superficies de la nave, para aumento de la absorción.

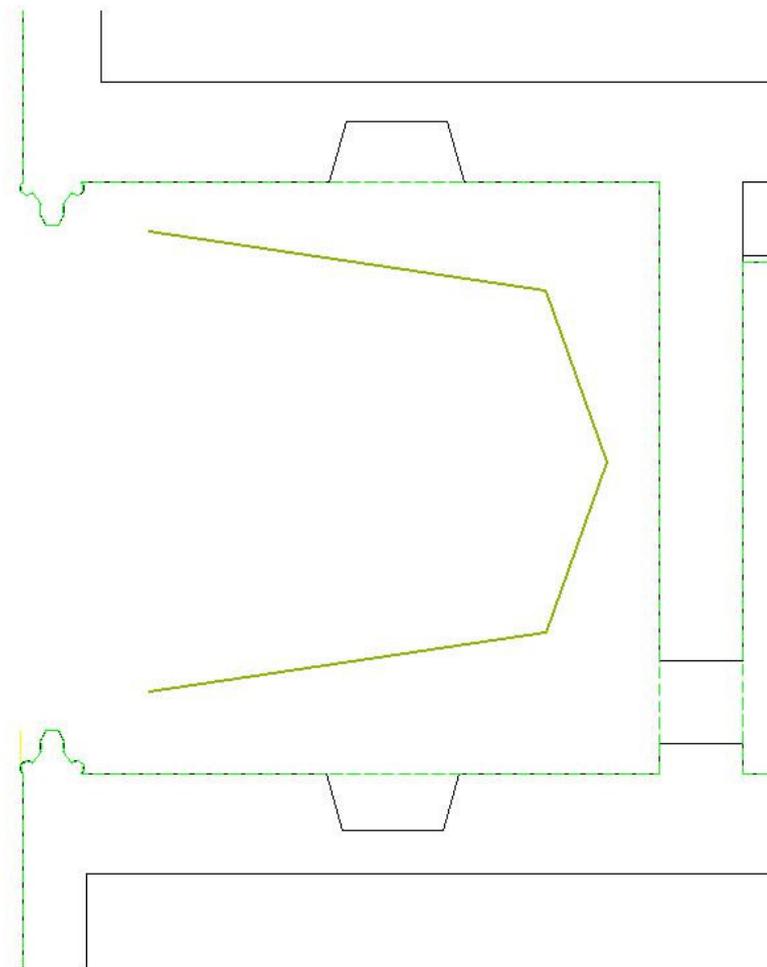
Se recomienda, recubrir con una moqueta de 3mm de espesor sobre fieltro el pavimento de mármol correspondiente a la primera crujía. La zona de entrada desde la puerta de acceso hasta llegar a la zona de bancos, como se indica a continuación. Esto conformaría una superficie de 54,69 m².

El frontal del coro que conforma el cerramiento sur de la ermita de quedar revestido por un entablillado de madera con agujeros 5mm cada 20mm, 45mm cámara de aire y 40mm roca mineral en toda su superficie, y los laterales de esta primera crujía deben cubrirse con cortinajes de terciopelo, colgado a 20 cm de la pared (0,6 Kg/m²). En el caso de el muro que conforma el cerramiento oeste desde la mitad de su altura, bajo el corredor de entrada al coro y el cerramiento este en toda su longitud y altura.



3ª Actuación: Situación de los músicos

Los músicos se situaran en la zona del altar, para esta zona la única recomendación consiste en la focalización del sonido de la zona trasera a los músicos para evitar que este se pierda en la configuración de bóvedas de crucerías que conforman esta zona. El direccionamiento del sonido se realizará mediante la instalación de un paramento móvil en la zona trasera de madera barnizada con una altura de 1,80m y la forma que se indica en la siguiente imagen, aumentando también con esto la superficie de absorción de la zona.



Justificación de la intervención propuesta en la nave

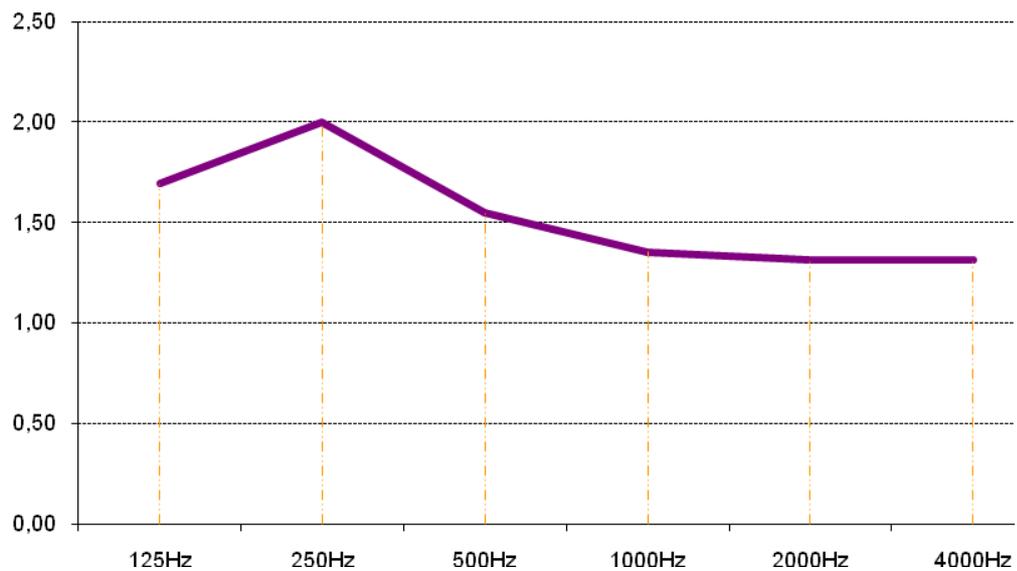
Con las modificaciones propuestas nos encontramos con los datos siguientes. En cuanto a la modificación de absorción de los nuevos materiales:

	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Bancos de iglesia de madera 100 % ocupados	0,57	0,61	0,75	0,86	0,91	0,86
Absorción inicial	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,09
Bancos de iglesia de madera 100 % ocupados	0,53	0,57	0,71	0,81	0,85	0,77
Moqueta de 3 mm sobre fieltro	0,11	0,14	0,37	0,43	0,27	0,25
Absorción inicial	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,09
Moqueta de 3 mm sobre fieltro	0,07	0,1	0,33	0,38	0,21	0,16
Entablillados madera agujeros 5mm cada 20mm.45mm cámara de aire/40mm roca mineral	0,18	0,5	0,84	0,75	0,35	0
Absorción inicial	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,09
Entablillados madera agujeros 5mm cada 20mm.20mm cámara de aire/40mm roca mineral	0,14	0,46	0,8	0,7	0,29	-0,09
Madera barnizada	0,05		0,03		0,03	
Absorción inicial	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,09
Madera barnizada	0,01	-0,04	-0,01	-0,05	-0,03	-0,09
Terciopelo, colgado a 20 cm de la pared (0,6 Kg/m2)	0,8	0,29	0,44	0,5	0,4	0,35
Absorción inicial	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,09
Terciopelo, colgado a 20 cm de la pared (0,6 Kg/m2)	0,76	0,25	0,4	0,45	0,34	0,26

Obteniendo así pues los siguientes resultados:

NAVE							
VOLUMEN	1586,22						
SUPERFICIE	1263,31						
	Superficie	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
SUPEREFICIE TOTAL	1017,51	40,70	40,70	40,70	50,88	61,05	91,58
BANCOS	48,31	25,60	27,54	34,30	39,13	41,06	37,20
MOQUETA	54,69	3,83	5,47	18,05	20,78	11,48	8,75
ENTABLILLADO	87,16	39,22	41,84	50,55	54,91	63,63	45,32
CORTINA	55,64	42,29	13,91	22,26	25,04	18,92	14,47
BIOMBO	18,65	0,19	-0,75	-0,19	-0,93	-0,56	-1,68
Absorción Total	1281,96	151,83	128,71	165,67	189,81	195,58	195,64
	Sabine	1,69	2,00	1,55	1,35	1,31	1,31
Exigencia CTE	A/v			0,10	0,12	0,12	
Calidez	1,27	Rt mid		1,45			
Brillo	0,90						

Y por tanto:

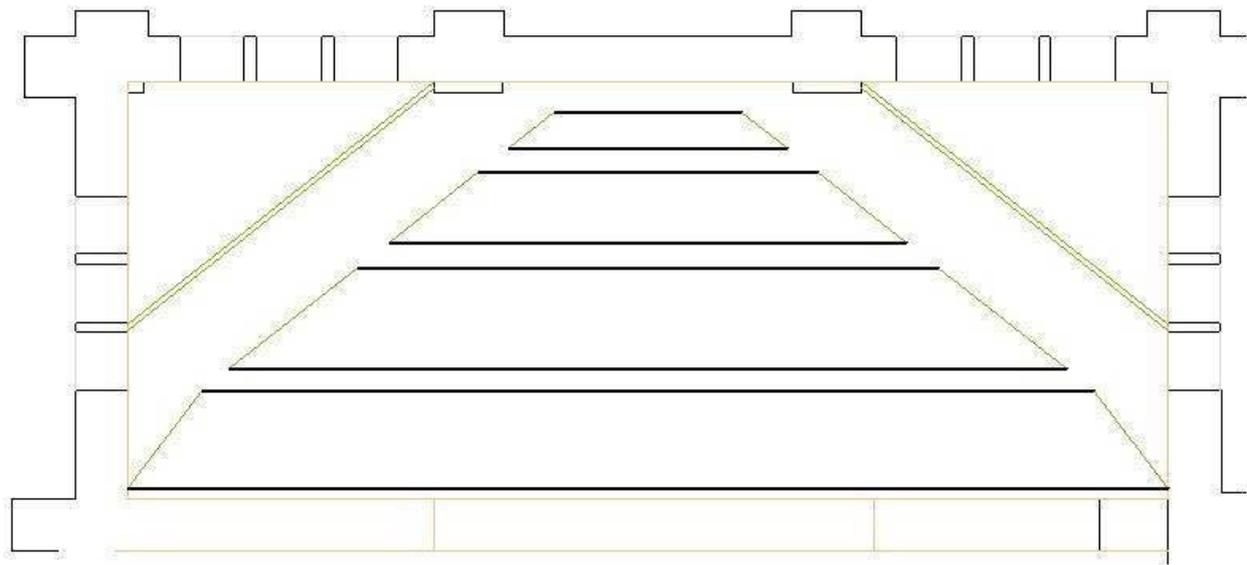


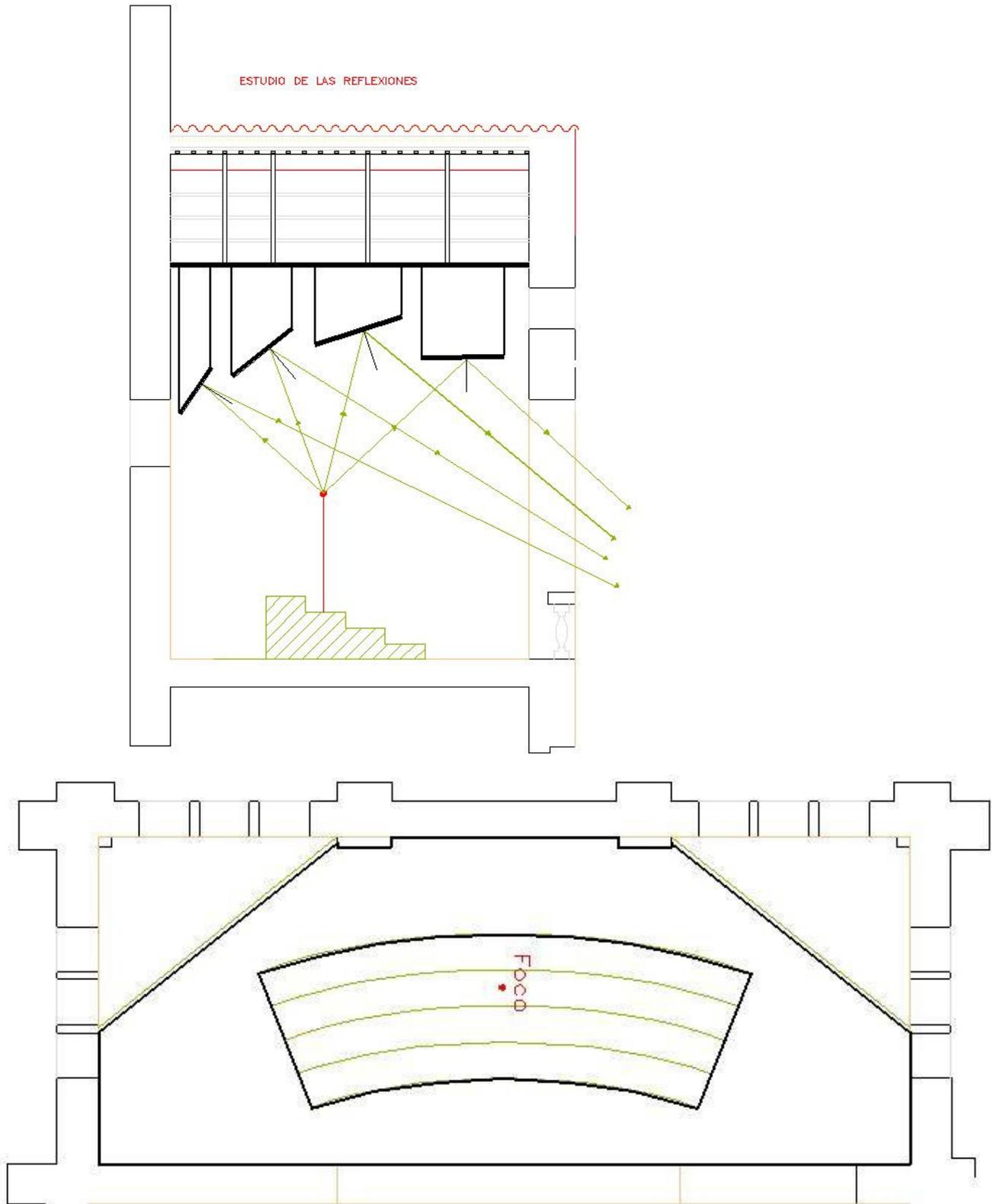
6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN EL CORO

En la zona del coro, no existen restricciones en cuanto a las posibles intervenciones a realizar, dado que es un cuerpo añadido con posterioridad al edificio y en el no existe el nivel de protección que se da en la nave. Así pues la propuesta para esta zona incluye la modificación total de volumen y superficie, resultando un espacio nuevo. Nuestro principal objetivo es favorecer la salida del sonido de la zona del coro, dado que este es un cuerpo prácticamente cerrado, solo tiene una abertura en la parte central del cerramiento frontal. Más adelante ya nos preocuparemos de el cumplimiento de parámetros acústicos.

Modificación espacial

La propuesta consiste en la ejecución de dos nuevos paramentos laterales que delimiten la zona de ubicación del coro. Dichos paramentos no serán paralelos sino que formarán un ángulo obtuso con las paredes originales dando al habitáculo una forma trapezoidal abierta hacia la nave, favoreciendo así el desplazamiento de las ondas hacia el exterior. Además se ejecutará un falso techo que formará el cerramiento en la zona superior, con intención de disminuir el volumen y evitando así la dispersión del sonido hacia la zona superior. Una vez conformado el nuevo volumen se colgarán de este falso techo mediante cables una serie de placas trapezoidales, que orientadas, como se indica en los dibujos que a continuación se exponen, favorecerán la reflexión de sonido hacia el exterior. Además el coro se situara sobre una tarima escalonada en forma de U con el mismo fin. A continuación se muestra, tanto las modificaciones pretendidas como el estudio geométrico de las reflexiones, como justificación de la solución adoptada.





De esta nueva configuración, se obtienen nuevos datos en cuanto a lo que volumen y superficie se refiere. Quedando estas del siguiente modo para el estudio de materiales necesarios, con objeto de conseguir las condiciones acústicas necesarias para la función deseada:

SUPERFICIE NUEVAS DEL CORO	
Suelo	40,76
Techo	40,76
Tarima	21,00
Paramentos nuevo	37,63
Paramentos antiguo	84,22
Piezas techo	25,36
SUPERFICIE TOTAL	249,73
VOLUMEN NUEVO DEL CORO	202,58

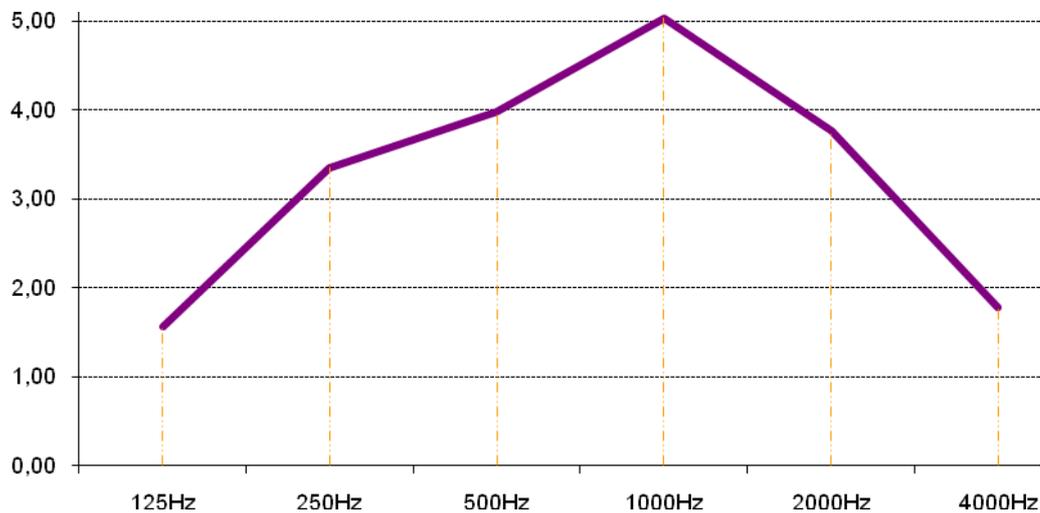
Intervención acústica del coro (Situación inicial)

Para el estudio acústico, obviaremos dado la magnitud de las modificaciones los datos obtenidos de las mediciones. Hemos de calcular por tanto de modo teórico el estado inicial del coro tras las modificaciones como punto de partida para el estudio de materiales.

Así pues la ejecución de los nuevos paramentos estarán conformados por tabique de yeso laminado 13mm, sujeto mediante una estructura auto portante con cámara de aire de 200mm y 50mm de lana de 40kg/m⁴ en toda su superficie y el falso techo estará formado por un tablero de cartón yeso de 13 mm con cámara aire en el dorso sujeto por perfiles 5 x 10 cm ínter distanciados 40 cm. En cuanto a las antiguas superficies, tenemos un pavimento conformado por piezas de mármol pulido y los antiguas paramentos se encuentran revestidos con un guarnecido de yeso.

En conclusión nuestra situación inicial es:

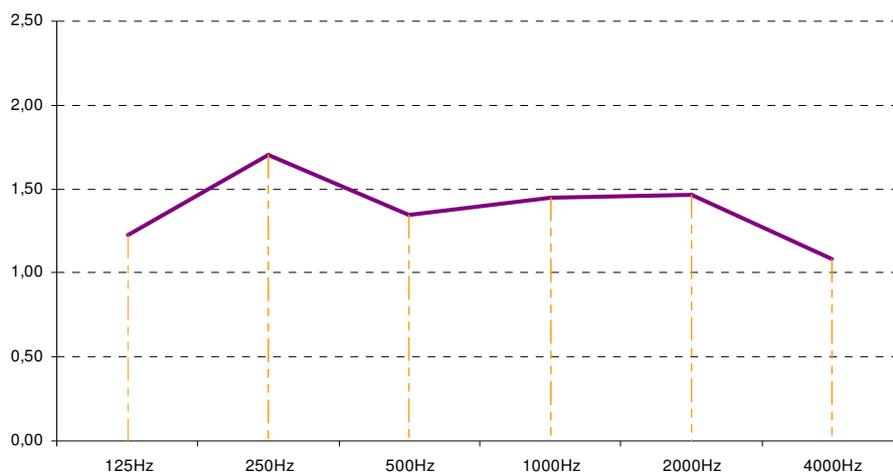
CORO								
VOLUMEN	202,58							
SUPERFICIE	237,51							
	Superficie	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	
Absorción del aire	202,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	1,52	
SUELO	28,54	0,29	0,29	0,29	0,00	0,57	0,00	
PARAMENTOS NUEVOS	37,63	5,64	1,88	1,51	0,75	1,51	9,41	
PARAMENTOS ANTIGUO	84,22	2,02	2,27	2,53	3,12	1,60	2,86	
FALSO TECHO	40,76	11,82	4,08	2,04	1,63	2,85	3,67	
TARIMA	21,00	1,05	0,00	0,63	0,00	0,63	0,00	
PIEZAS TECHO	25,36	0,25	1,27	1,27	1,01	1,01	1,01	
Absorción Total	237,51	21,08	9,78	8,25	6,51	8,70	18,47	
	Sabine	1,56	3,35	3,98	5,04	3,77	1,78	
Exigencia CTE	A/v			0,04	0,03	0,04		
Calidez	0,54			Rt mid	4,51			
Brillo	0,62							



Intervención acústica del coro (Propuesta)

Con estos nuevos datos, desde el punto de vista de acústico se recomiendan la ejecución de un zócalo perimetral de 75 cm de anchura consiguiendo así los datos de reverberación media, calidez y brillo que a continuación se detallan.

CORO							
VOLUMEN	202,58						
SUPERFICIE	237,51						
	Superficie	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Absorción del aire	202,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	1,52
SUELO	28,54	0,29	0,29	0,29	0,00	0,57	0,00
PARAMENTOS NUEVOS	31,36	4,70	1,57	1,25	0,63	1,25	7,84
PARAMENTOS ANTIGUO	73,63	1,77	1,99	2,21	2,72	1,40	2,50
FALSO TECHO	40,76	11,82	4,08	2,04	1,63	2,85	3,67
TARIMA	21,00	1,05	0,00	0,63	0,00	0,63	0,00
PIEZAS TECHO	25,36	0,25	1,27	1,27	1,01	1,01	1,01
Revestimiento paramentos	16,86	6,91	10,12	16,69	16,69	14,16	13,66
Absorción Total	237,51	26,79	19,30	24,38	22,69	22,41	30,20
	Sabine	1,22	1,70	1,35	1,45	1,46	1,09
Exigencia CTE	A/v			0,12	0,11	0,11	
Calidez	1,05	Rt mid		1,40			
Brillo	0,91						



7. CONCLUSIONES

El objetivo de las intervenciones era conseguir que los valores correspondientes a la reverberación, la calidez y el brillo, se correspondiesen con los considerados como óptimos para las salas de audición de música de cámara. A continuación se muestra la comparación entre los valores deseables y los que resultan del análisis teórico obtenido mediante las modificaciones propuestas.

	Valores objetivo	Valores Obtenidos	
		Coro	Sala
Reverberación	1,7	1,4	1,45
Calidez	1,2	1,05	1,27
Brillo	0,95	0,91	0,9

Podemos afirmar en este caso que nos hemos acercado lo máximo posible al objetivo inicial planteado.

A su vez teníamos otros dos cometidos:

- Adecuar la zona para ubicación de los músicos, de modo que estos fuesen capaces de escucharse entre ellos con claridad.
- Direccionar las ondas sonoras para que el sonido llegase lo más directo que fuera posible al público

Lo mismo ocurría con la zona del coro.

Para solucionar estos dos aspectos se ha colocado una pantalla como reflector móvil tras el altar mayor y se ha diseñado un falso techo adecuado para direccionar el sonido en la zona del coro y que tanto el sonido directo como las primeras reflexiones salgan a la sala perdiéndose el resto dentro del espacio existente sobre las placas del techo y no enturbiando así el sonido final.

En cuanto a la claridad con la que se escuchan entre ellos es un aspecto que queda solucionado al conseguir que la reverberación se encuentre dentro de los parámetros adecuados.

Podemos concluir que hemos creado un espacio que conseguirá dar cuerpo al sonido sin desprestigiarlo y obteniendo suficiente definición del mismo. Hemos favorecido la acústica para el público sin olvidar que tanto



músicos como coro, tienen también una serie de necesidades. Hemos convertido un espacio destinado al oficio religioso en un nuevo espacio adecuado para la interpretación de conciertos de música de cámara.

8. BIBLIOGRAFÍA

“Acústica arquitectónica y urbanística” **Linares Galiana, Jaime**

“Diseño acústico de espacios arquitectónicos” **Antoni Carrión Isbert**

“El problema de las condiciones acústicas en las Iglesias: principios y propuestas para la rehabilitación” **J.J. Sendra; T. Zamarreño; J. Navarro, J.Algaba**

“Arquitectura Acústica 3 Rehabilitació” **Francesc Dalmau Domènech**

“ABC de la acústica arquitectónica” **Arau, Higiní**

“Acondicionamiento acústico” **Recuero López, Manuel**

“Temas de acústica. ingeniería técnica de telecomunicación :especialidad sonido e imagen” **Durá Domenech, Antonio**