



ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE UNA SALA DE CONCIERTOS

PROYECTO FINAL DE GRADO
MODALIDAD CIENTIFICO-TÉCNICO
ALUMNO: **Salvador Montaner Solbes**
DIRECTOR ACADÉMICO: **Ignacio Enrique Guillén Guillamón**
Marzo 2012



OBJETIVOS:

- **CONOCER Y DETERMINAR** LOS DIFERENTES PUNTOS QUE ENGLOBAN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE RECINTOS PARA PEQUEÑAS ACTUACIONES O MÚSICA DE CÁMARA.
- **APLICAR** LOS CONCEPTOS ACÚSTICOS A LA SALA OBJETO DE ESTUDIO, **PROYECTANDO** UNA SOLUCIÓN ÓPTIMA.
- **VALORAR** LAS SOLUCIONES ADOPTADAS QUE SE VERÁN REFLEJADAS EN LA CALIDAD ACÚSTICA DE LA SALA.



ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA

AISLAMIENTO
ACÚSTICO



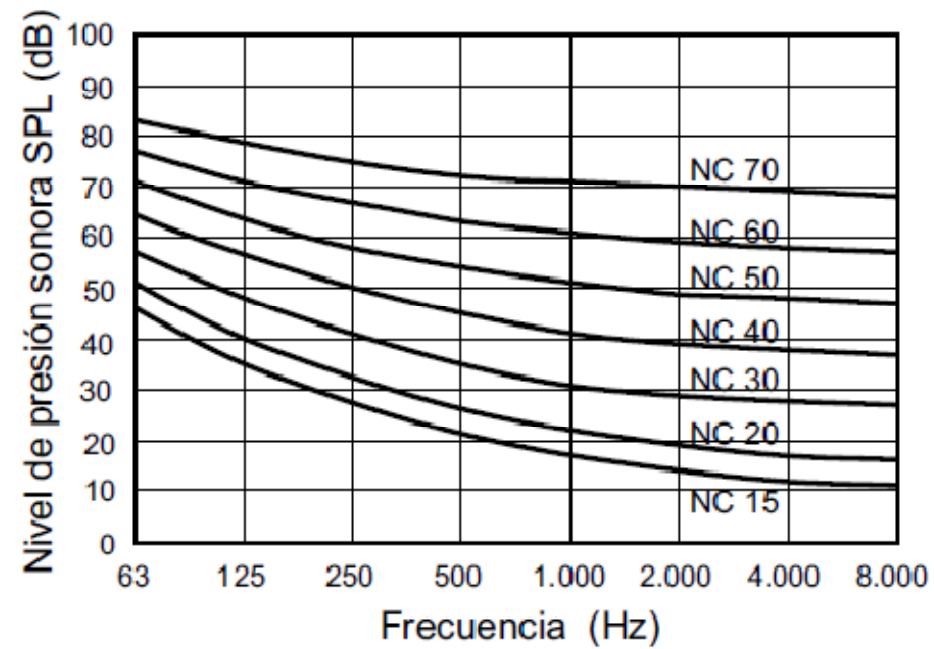
ACONDICIONAMIENTO
ACÚSTICO

- **Acciones** para atenuar el ruido y vibraciones entre espacios.
- Seguimiento CTE
- Curvas NC

- **Definir** formas y revestimientos dentro de un recinto para conseguir una calidad acústica.
- Estudio minucioso ($>350\text{m}^3$)
- Comprobar resultados

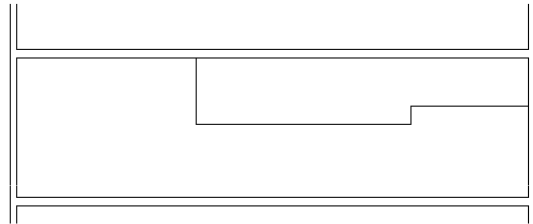


CURVAS NC

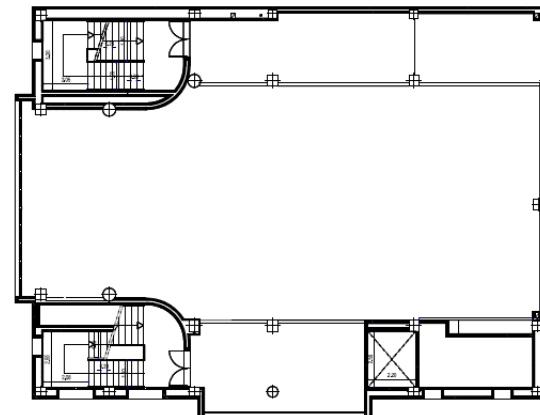
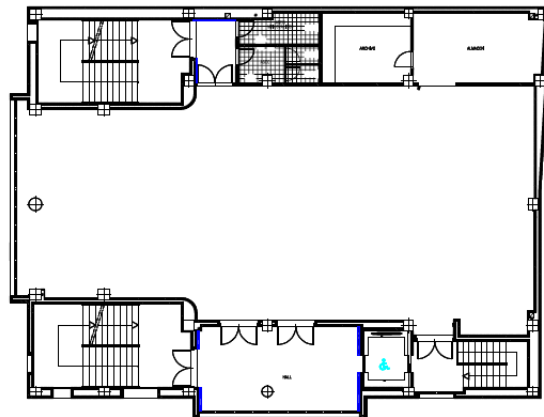




SITUACIÓN DE PARTIDA:



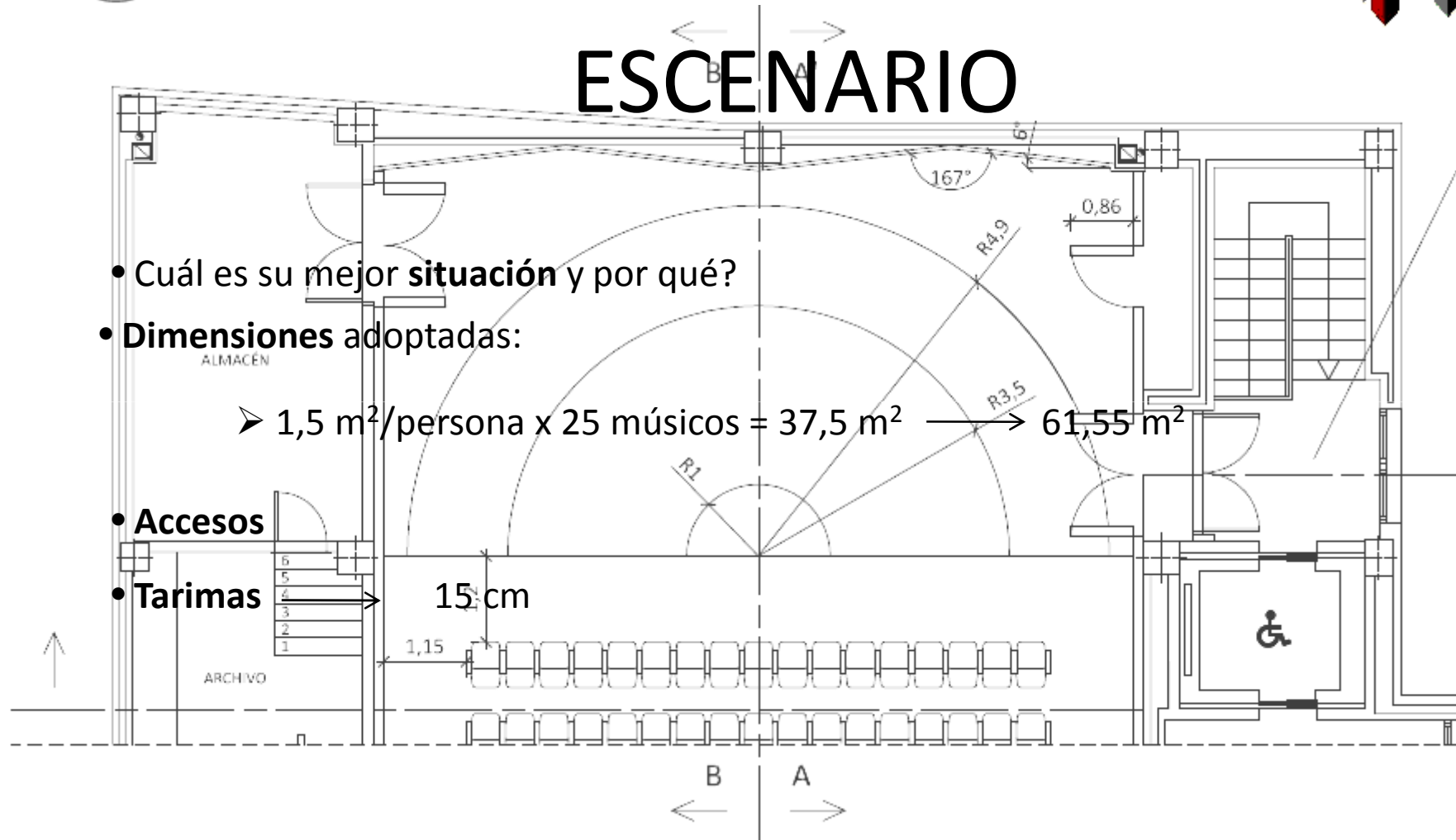
- Plantas y sección.
- Accesos y escaleras.
- Accesos para discapacitados.



Salvador Montaner Solbes



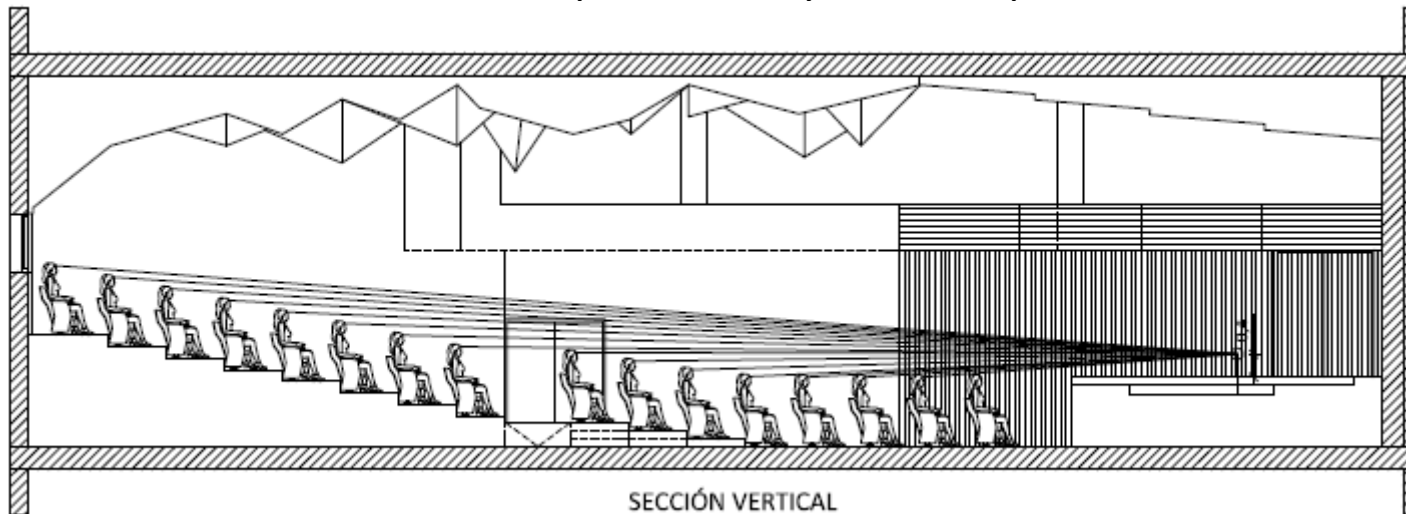
ESCENARIO





VISUALES

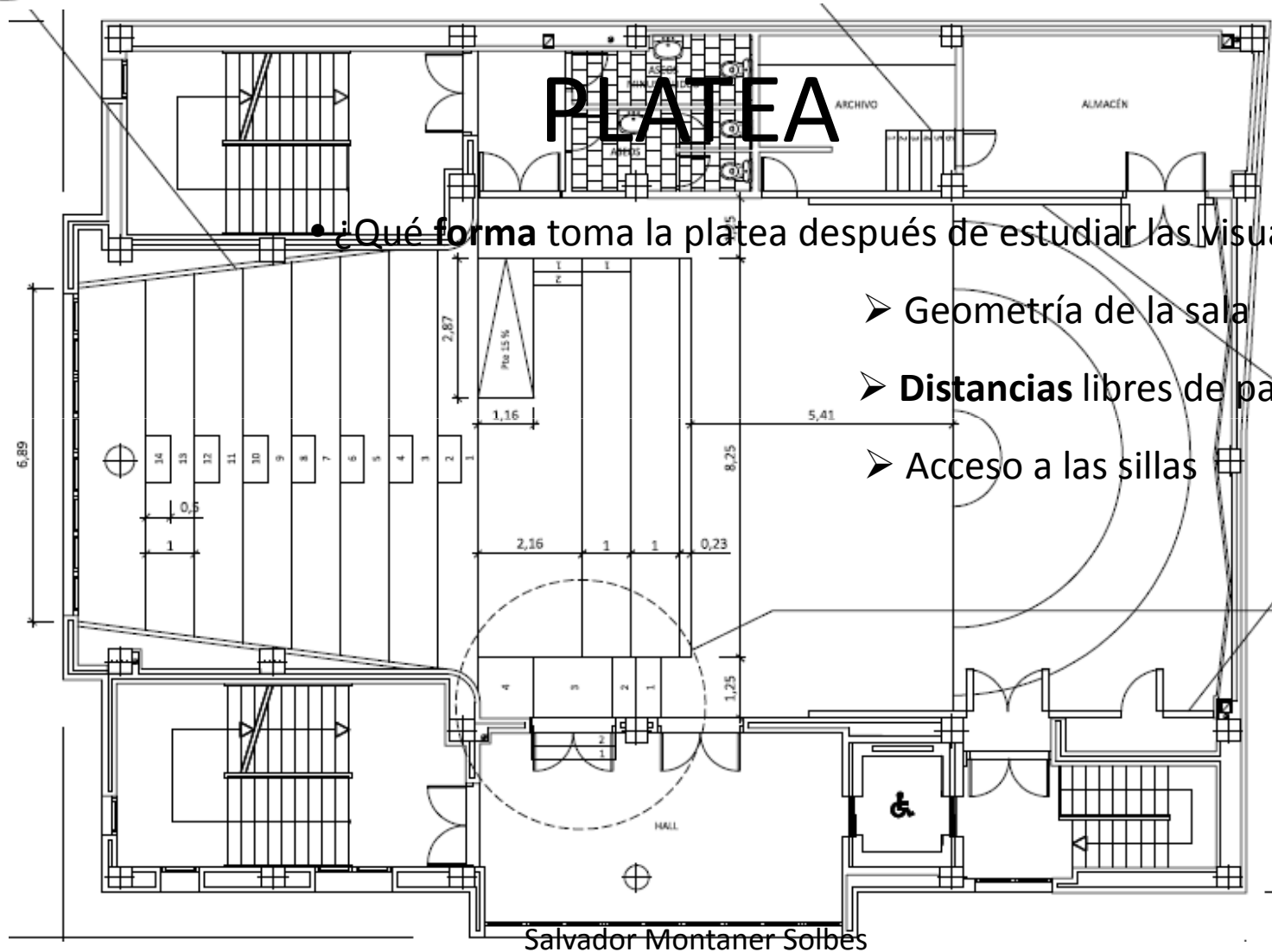
- Cómo conseguimos la mejor visual para un espectador?
 - Altura del escenario (1,20 m)
 - Pendiente en la platea (20 %)
 - Considerar los **elementos** que disminuyan el campo visual



Salvador Montaner Solbes



PLATEA



• ¿Qué **forma** toma la platea después de estudiar las visuales?

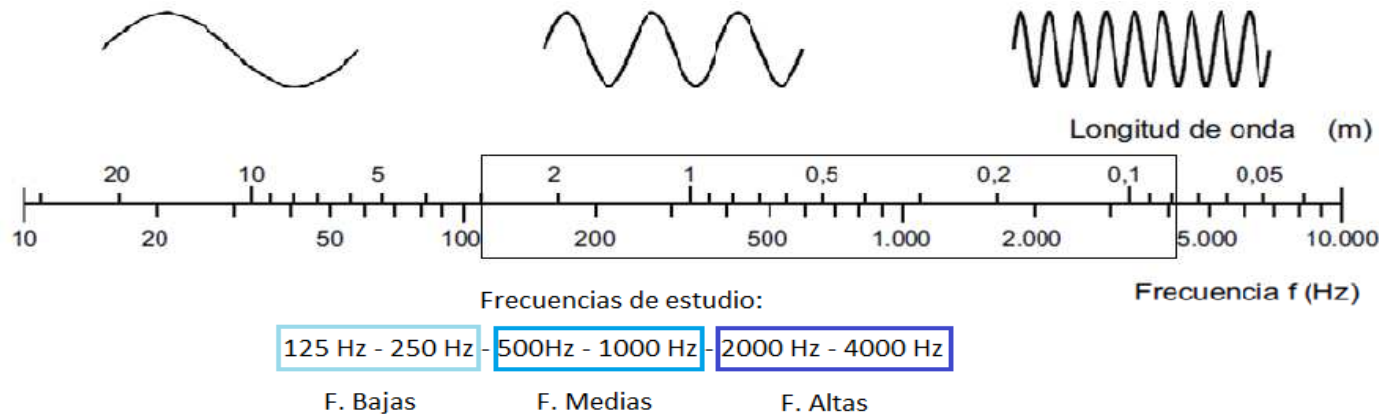
- Geometría de la sala
- **Distancias** libres de paso
- Acceso a las sillas



PARÁMETRO ACÚSTICO	VALOR RECOMENDADO	VALORACIÓN SUBJETIVA
Tiempo de reverberación medio RT_{mid} (500 Hz – 1 kHz), sala ocupada.	$1,3 \leq RT_{mid} \leq 1,7$ s	Grado de viveza de la sala
Calidez acústica BR, sala ocupada.	$1,10 \leq BR \leq 1,60$ (si $RT_{mid} = 1,5$ s)	Riqueza en sonidos graves, melosidad y suavidad de la música.
Brillo Br, sala ocupada.	$Br \geq 0,87$	Riqueza en sonidos agudos.
“Early Decay Time” medio EDT_{mid} (500 Hz – 1 kHz), sala ocupada.	$EDT_{mid} \approx RT_{mid}$	Grado de viveza de la sala.
Sonoridad media G_{mid} (500 Hz – 1 kHz), sala vacía.	$4 \leq G_{mid} \leq 5,5$ dB	Grado de amplificación producido por la sala.
“Initial-Time-Delay Gap” t_i (centro platea)	$t_i \leq 20$ ms	Intimidad acústica (sensación subjetiva de volumen de la sala; grado de identificación con la orquesta.
Claridad musical media (“music average”) $C_{80}(3)$ (500 Hz–2 kHz)	$-4 \leq C_{80}(3) \leq 0$ dB, sala vacía. $-2 \leq C_{80}(3) \leq +2$ dB, sala ocupada.	Grado de separación entre los diferentes sonidos individuales integrantes de una composición musical.
Eficencia lateral media LF_{E4} (125 Hz – 1 kHz), sala vacía.	$LF_{E4} \geq 0,19$	Impresión espacial del sonido (amplitud aparente de la fuente sonora). Energía de 1ª reflexiones.
Correlación cruzada interaural (1-IACC _{E3}) (500 Hz – 2 kHz), sala vacía.	$(1-IACC_{E3}) \approx 0,70$	Impresión espacial del sonido (amplitud aparente de la fuente sonora). Grado disimilitud a los oídos.
Índice de difusión SDI	$SDI \rightarrow 1$	Impresión espacial del sonido (sensación de envolvente).
Soporte objetivo medio $ST1_{mid}$, (250 Hz – 2 kHz), sala vacía y escenario sin músicos, pero con los elementos que le son propios.	$-14 \leq ST1_{mid} \leq -12,5$ dB	Capacidad de los músicos de escucharse a sí mismos y al resto de componentes de la orquesta.



PARÁMETROS ACÚSTICOS



• Tiempo de reverberación (RT) – MÚSICA DE CÁMARA

- $RT_{mid} = 1s$
- Calidez acústica (RT_{bajas}/RT_{medias}). $BR > 1,10$
- Brillo (RT_{altas}/RT_{medias}). $0,87 \leq Br \leq 1$

Fórmula **Sabine**:

$$RT = 0,161 \frac{V}{A_{tot}}$$



CÁLCULOS PARA LOS REVESTIMIENTOS

VOLUMEN (m3) 1455

SUPERFICIE (m2)	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	Promedio CTE
Suelo	170,73	8,54	5,12	10,24	15,37	17,07	34,15
Suelo escenario	61,55	9,23	6,77	6,16	4,31	3,69	4,31
Suelo P.1ª	100,32	1,00	1,00	1,00	2,01	2,01	3,01
Techo difusor	163,46	16,35	6,54	8,17	8,17	13,08	29,42
Techo absorbente (1ªP)	110,58	38,70	66,35	99,52	110,58	110,58	106,89
Techo escenario	87,52	17,50	13,13	13,13	8,75	8,75	8,75
Lateral 1ª planta	82,11	1,97	2,22	2,46	3,04	1,56	2,79
Laterales QRD	57,16	5,72	6,29	5,72	4,57	4,57	2,86
Laterales reflectantes	109,70	4,39	4,39	3,29	3,29	3,29	2,19
Fondo platea	11,02	0,44	0,44	0,33	0,33	0,33	0,22
Posterior escenario	71,56	14,31	10,73	10,73	7,16	7,16	7,16
Puertas (5)	19,15	0,19	0,96	0,96	0,77	0,77	0,83
Ventanas	15,61	0,47	0,62	1,72	2,65	3,75	5,46
Sillas vacías	144,27	80,79	92,33	100,99	103,87	98,10	89,45
Sillas ocupadas	144,27	98,10	108,20	118,30	122,63	124,07	124,07
Sumatorio	1204,75	216,92	232,76	261,74	293,62	300,68	335,74

Vacia	Sabine	1,18	1,09	0,89	0,86	0,86	0,78	0,87
50% ocupada	Sabine	1,13	1,05	0,86	0,83	0,82	0,74	0,84
100% ocupada	Sabine	1,09	1,01	0,84	0,80	0,78	0,70	0,81

Calidez	1,28		Rt mid	0,82				LLENA
Brillo	0,91							

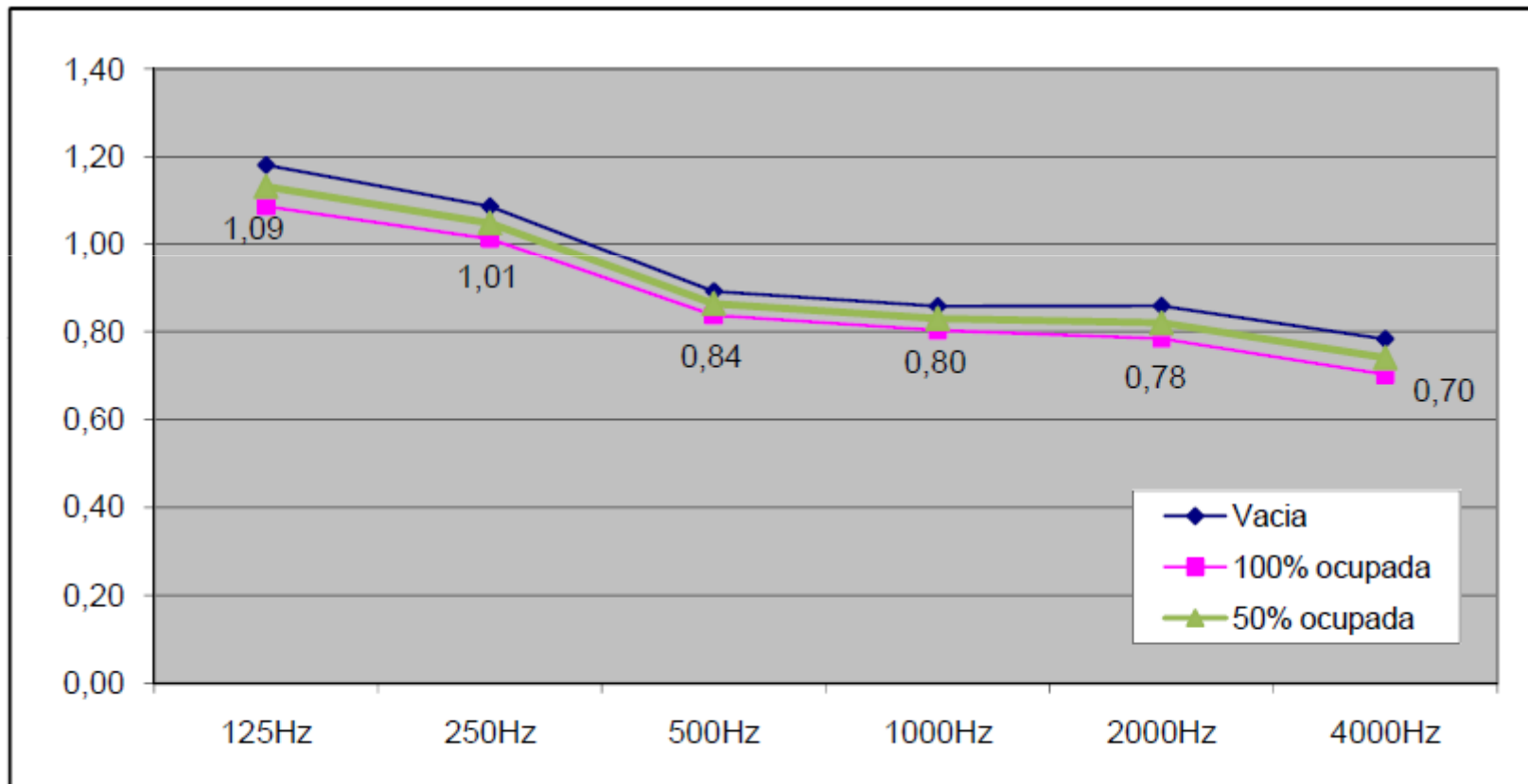
Calidez	1,29		Rt mid	0,85				MEDIA
Brillo	0,92							

Calidez	1,30		Rt mid	0,87				VACIA
Brillo	0,94							

MATERIALES	125	250	500	1000	2000	4000
Parque sobre rastreles	0,05	0,03	0,06	0,09	0,1	0,2
Madera barnizada sobre vigas	0,15	0,11	0,1	0,07	0,06	0,07
Lino (0,65 cm)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Y. laminado 13+13mm, c. de aire de 200mm y 50mm de lana de 40kg/m3	0,1	0,04	0,05	0,05	0,08	0,18
MonoAcoustic TE 30mm + 200mm de plenum	0,35	0,6	0,9	1	1	1
Tablero de Madera con cámara en el dorso	0,2	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1
Yeso, enlucido liso	0,034	0,027	0,03	0,037	0,019	0,034
Tablero Madera de 20 mm y 50 mm de cámara de aire	0,1	0,11	0,1	0,08	0,08	0,05
Tablero Madera fijado sólidamente a la pared	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
Tablero Madera fijado sólidamente a la pared	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
Tablero de Madera con cámara en el dorso	0,2	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1
Madera sólida, 5 cm de espesor	0,01	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Cortina ligera de algodón de 340 g/m2 de gramaje, plana a la pared	0,03	0,04	0,11	0,17	0,34	0,35
Butacas(vacias) con porcentaje medio de superficie tapizada	0,56	0,64	0,7	0,72	0,68	0,62
Butacas(ocupadas) con porcentaje medio de superficie tapizada	0,68	0,75	0,82	0,85	0,86	0,86



TABLA TIEMPOS DE REVERBERACIÓN

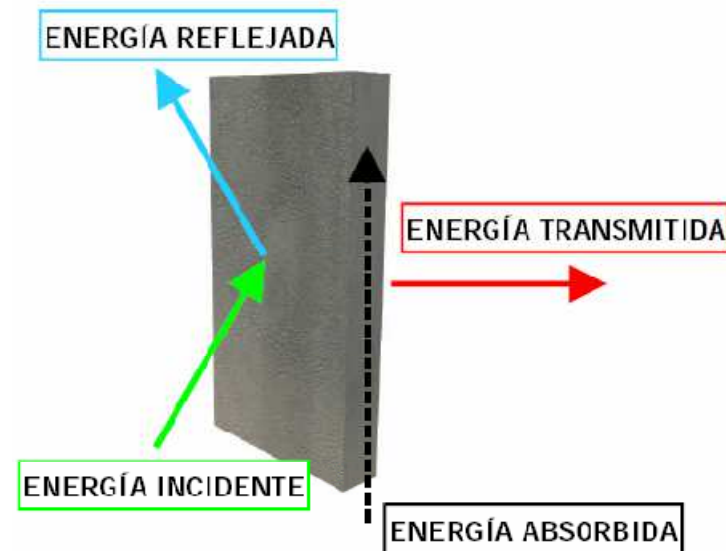


Salvador Montaner Solbes



PROPIEDADES DEL SONIDO

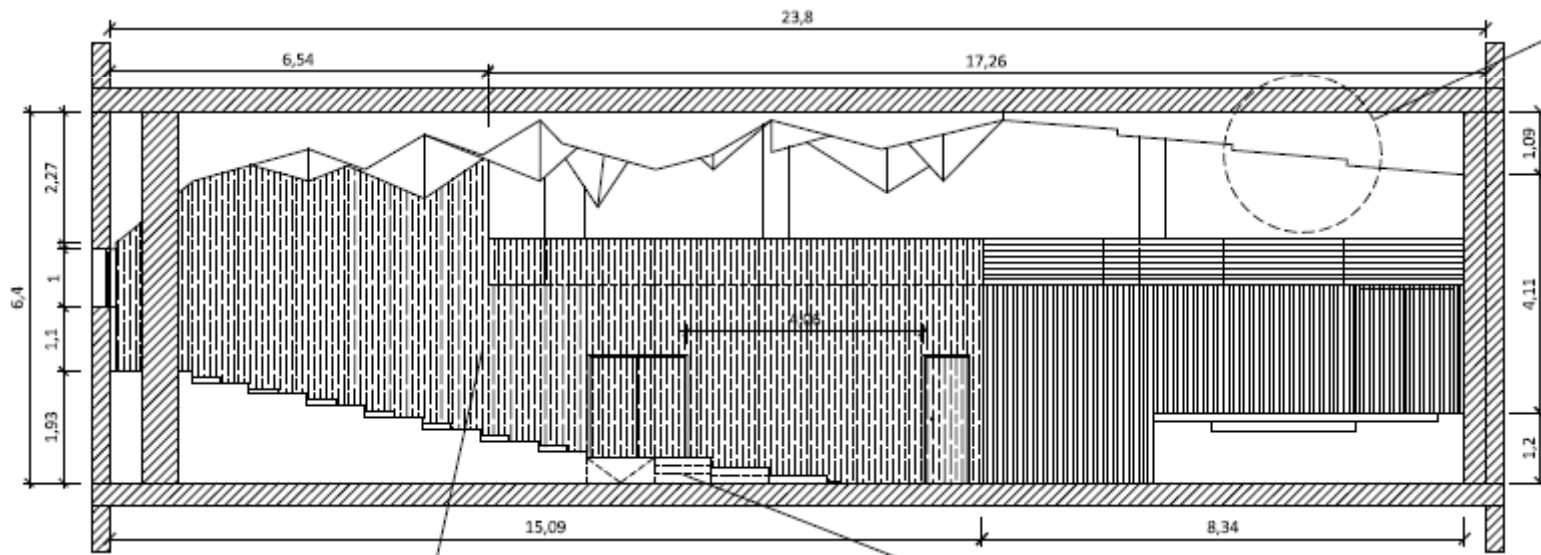
- ¿Cómo **reacciona** una superficie ante la llegada de las ondas sonoras?
- ¿Qué **tipo** de materiales existen para obtener la calidad acústica en un recinto?
 - ✓ Producen Absorción
 - ✓ Producen Reflexión
 - ✓ Producen Difusión





APLICACIÓN DE LOS MATERIALES EN LA SALA

➤ Sección Longitudinal



Salvador Montaner Solbes

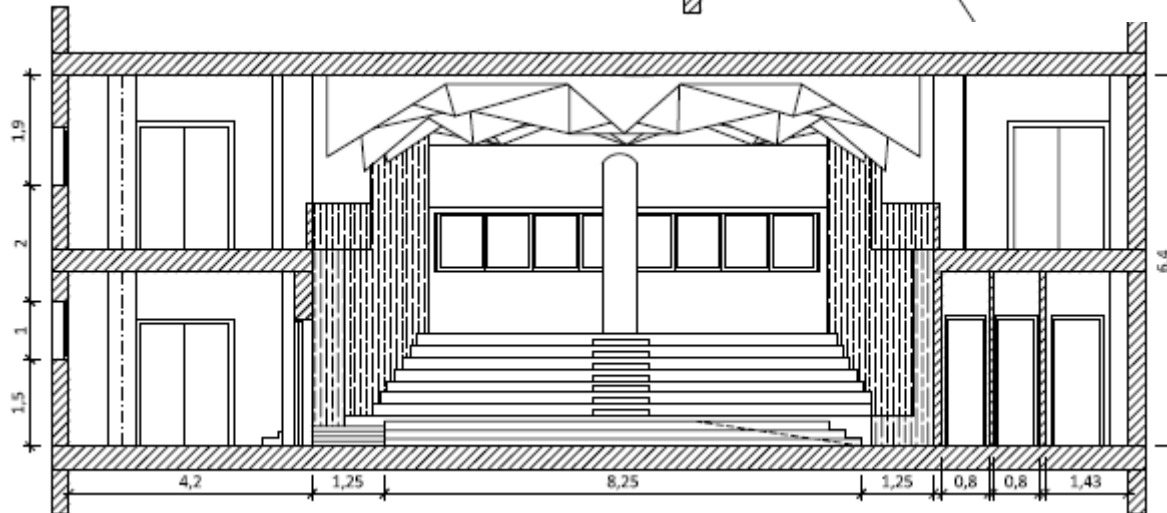
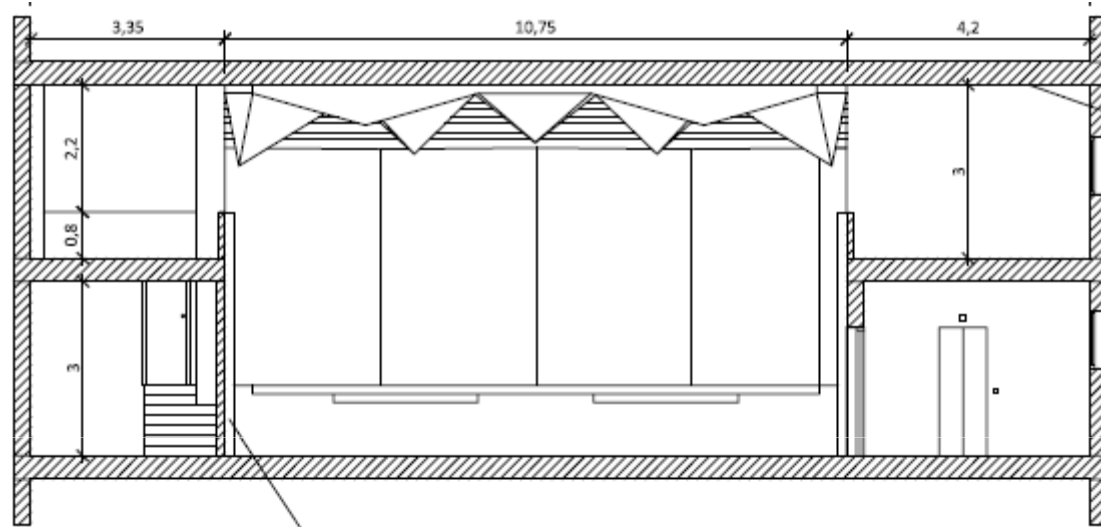


UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

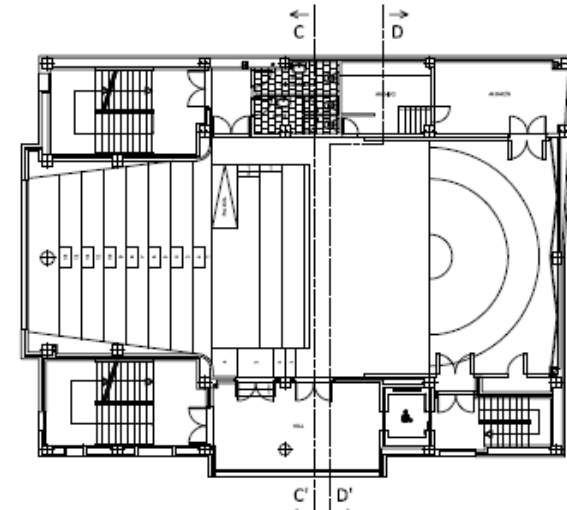
ACONDICIONAMIENTO DE UNA SALA DE CONCIERTOS



➤ Secciones Transversales



Salvador Montaner Solbes





REFLEXIÓN DEL SONIDO

- ¿Qué son las primeras reflexiones?
- ¿Hasta cuando son **beneficiosas**?
- ¿**Dónde** son importantes dentro de la sala?
 - Reflexiones en el plano Horizontal 1 y 2
 - Reflexiones en el plano Vertical

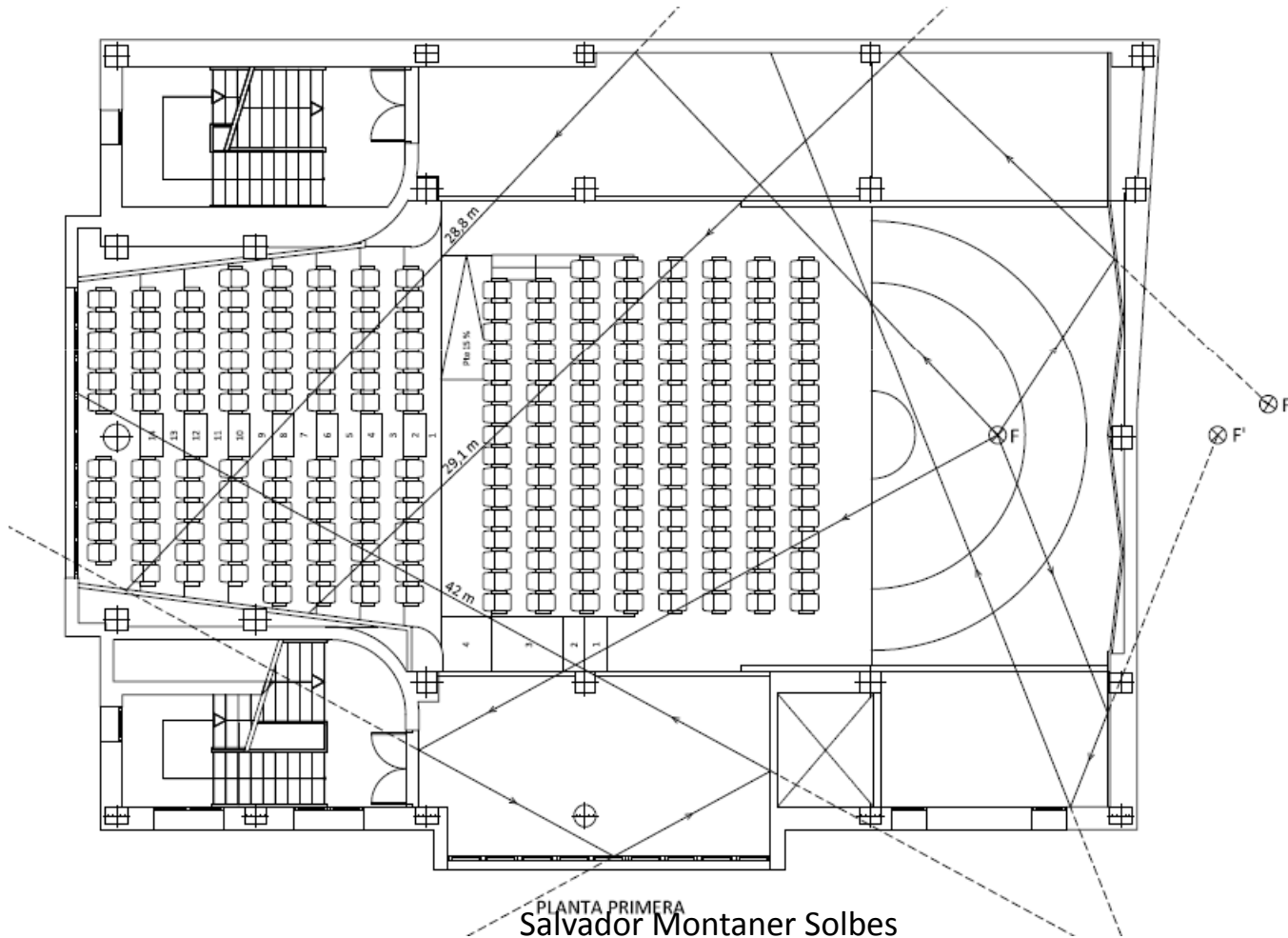


UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

ACONDICIONAMIENTO DE UNA SALA DE CONCIERTOS

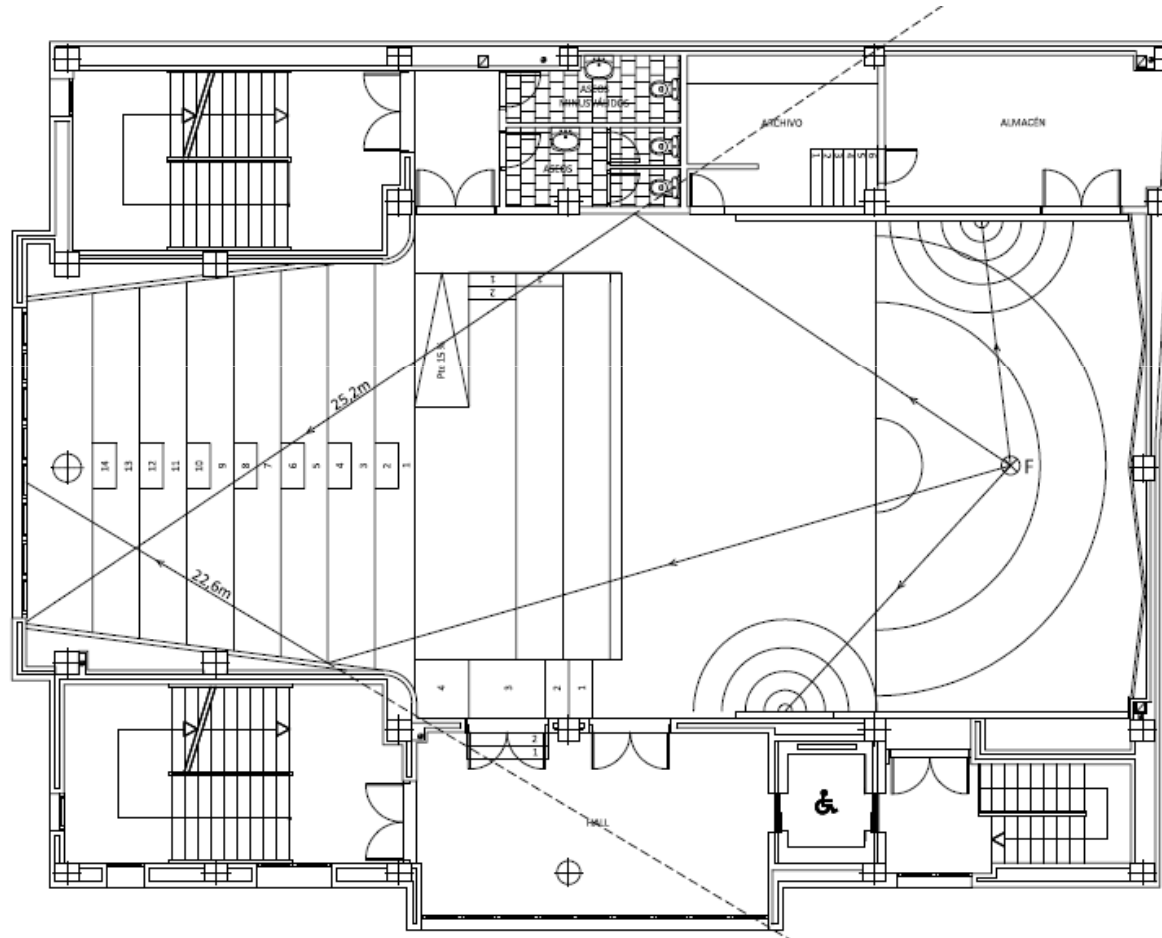


REFLEXIONES EN EL PLANO HORIZONTAL 1





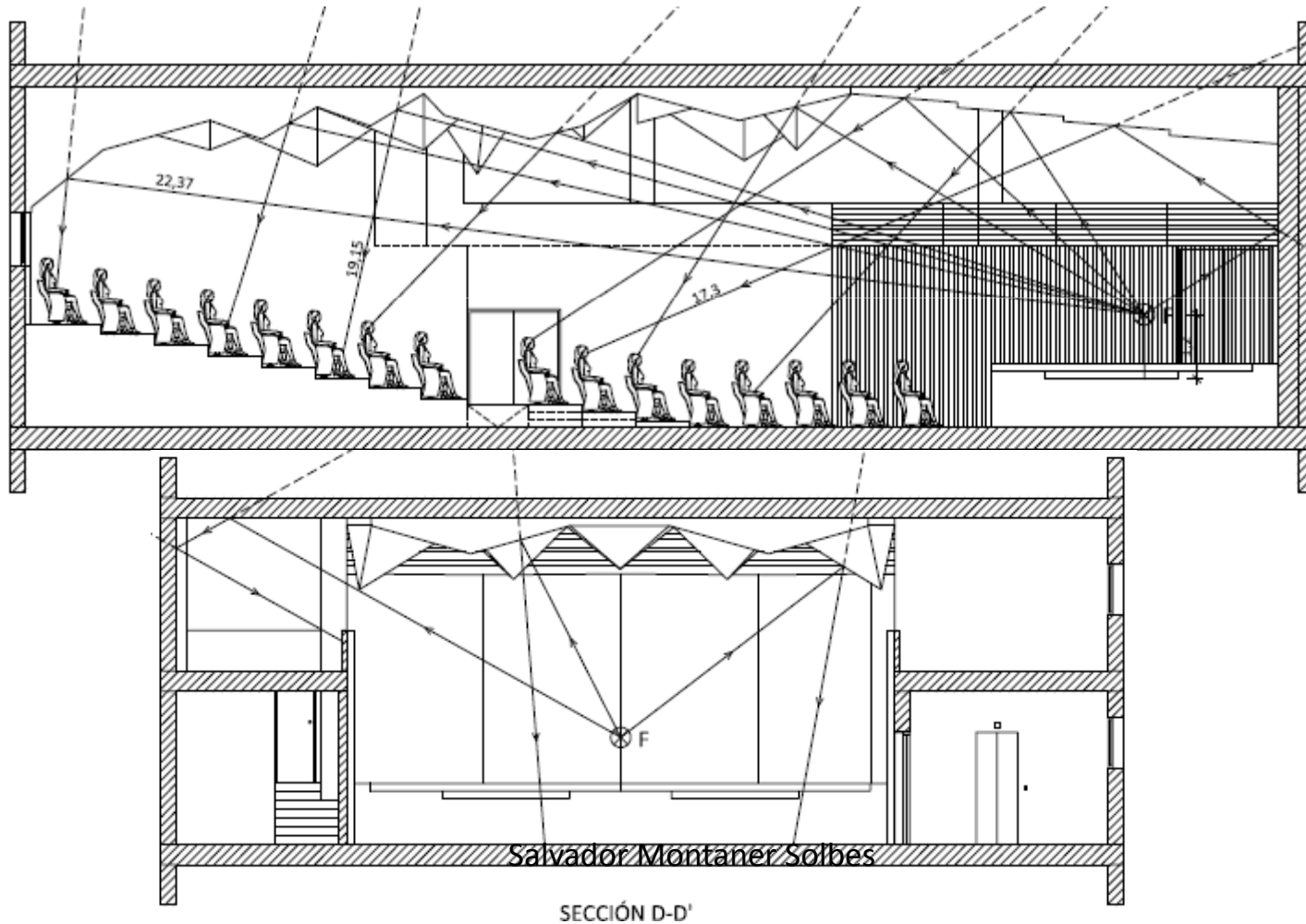
REFLEXIONES EN EL PLANO HORIZONTAL 2



Salvador Montaner Solbes



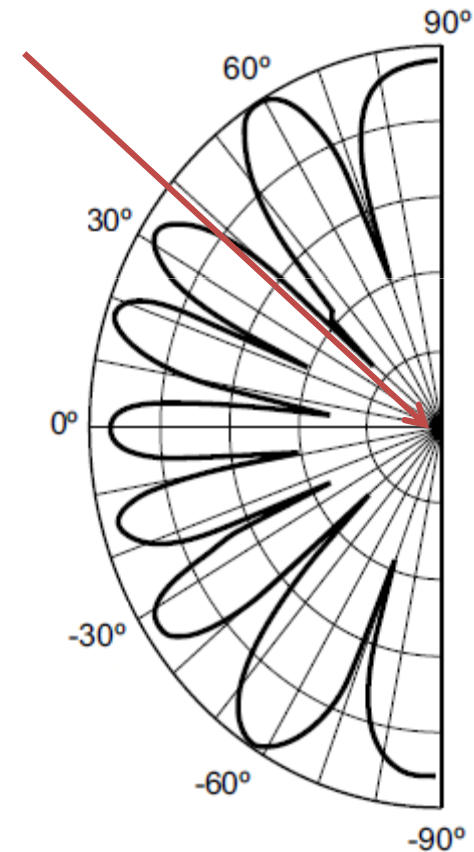
REFLEXIONES EN EL PLANO VERTICAL





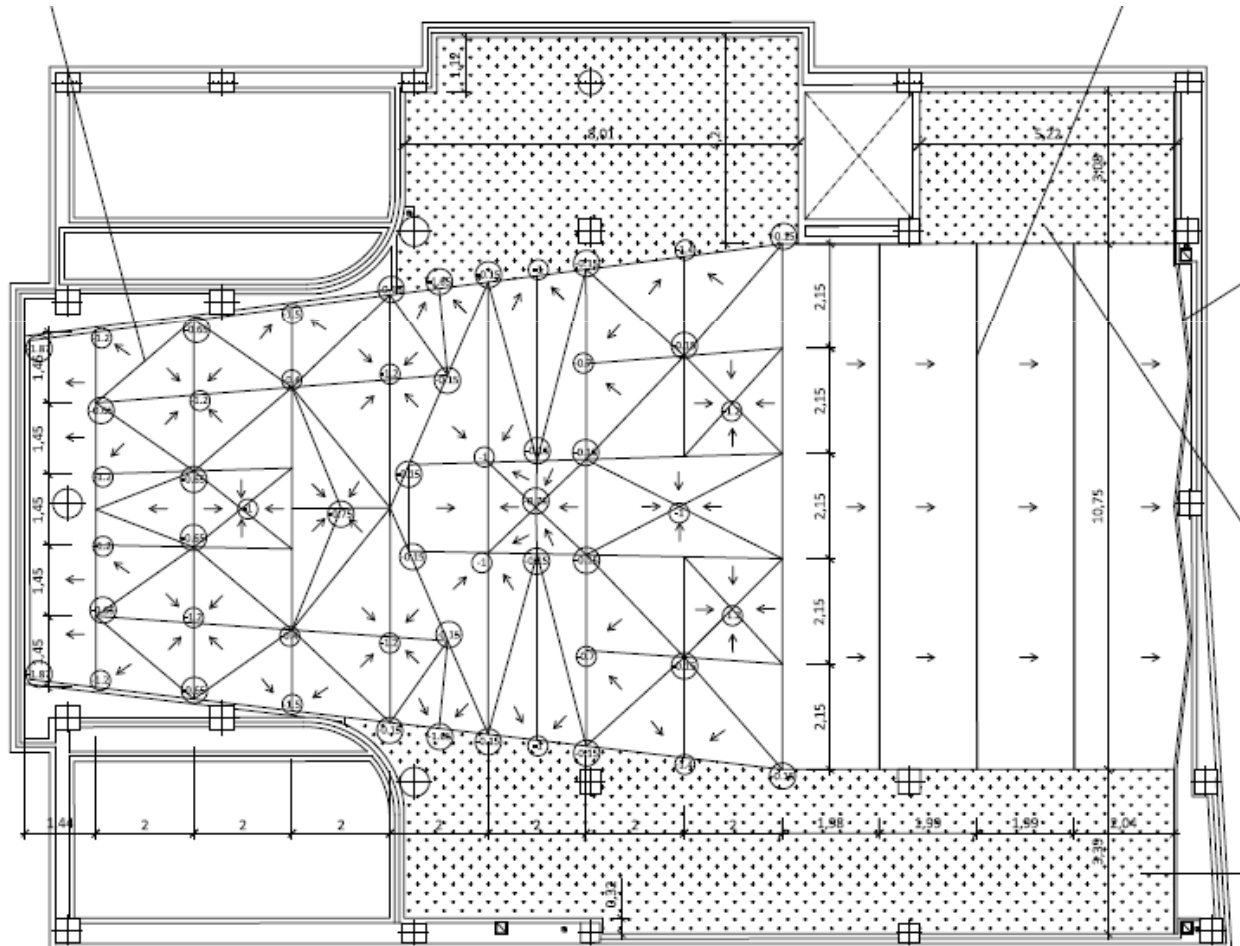
DIFUSIÓN DEL SONIDO

- ¿En que consiste la difusión?
- ¿Qué parámetros acústicos se mejoran?
 - Grado de viveza de la sala (EDT)
 - Sonoridad G
 - Amplitud aparente y sensación envolvente.
 - En el escenario → Soporte objetivo (ST1)
- ¿Cómo conseguimos la difusión en la sala?
 - Gran difusión en el techo de la sala
 - Paredes del escenario. QRD





TECHO DIFUSO Y ABSORBENTE



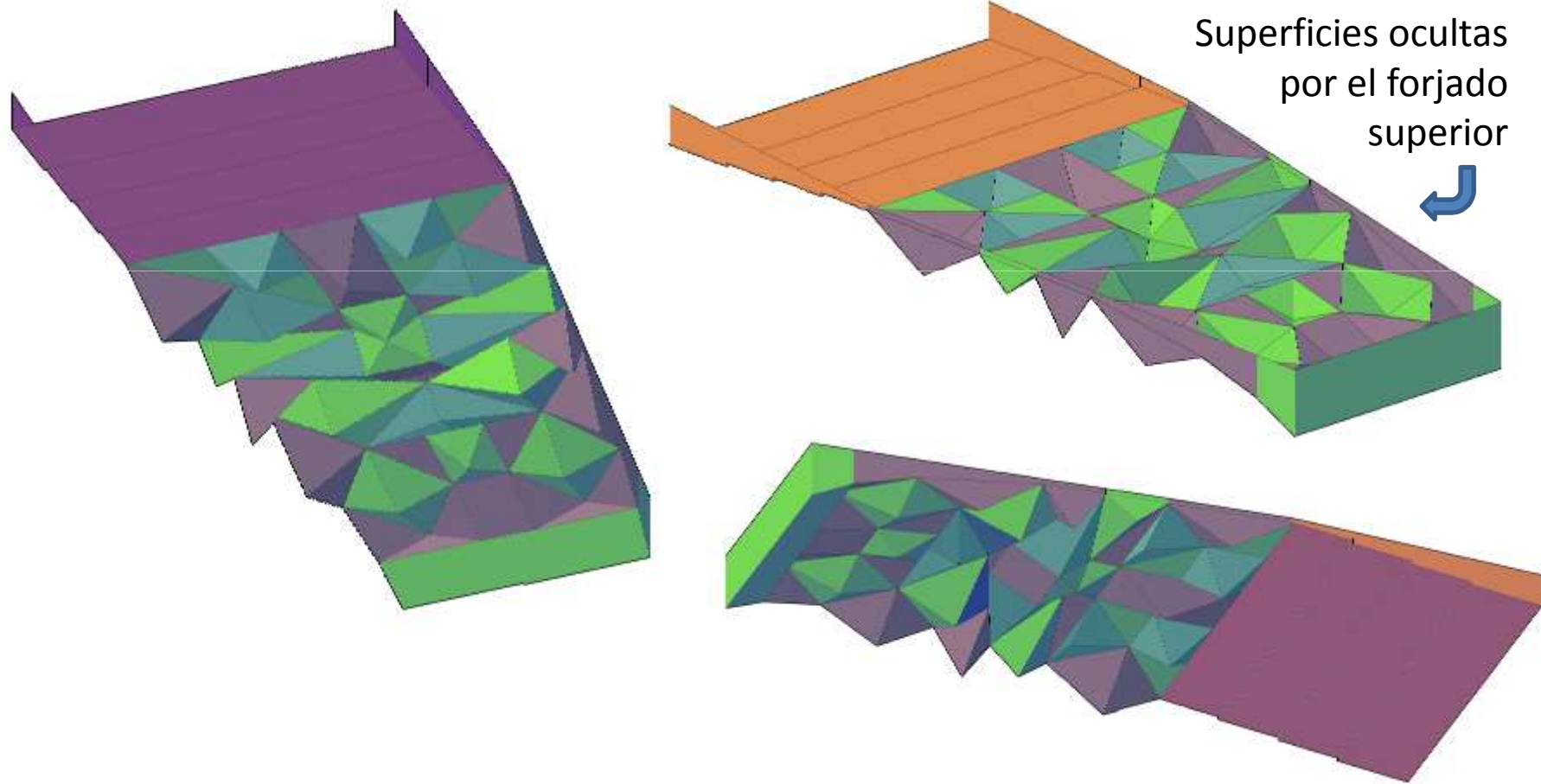


UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

ACONDICIONAMIENTO DE UNA SALA DE CONCIERTOS



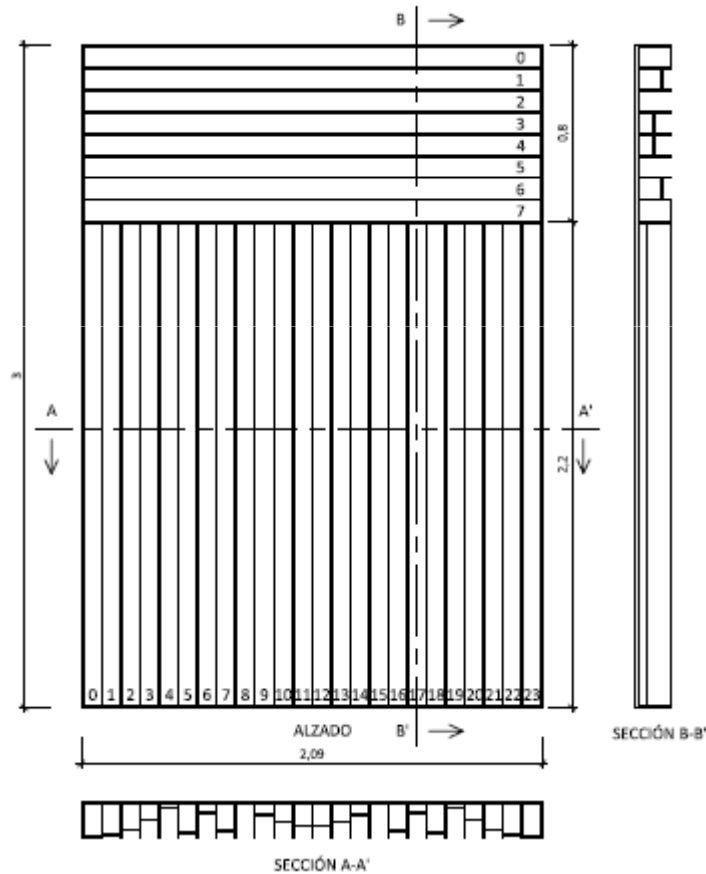
TECHO DIFUSO



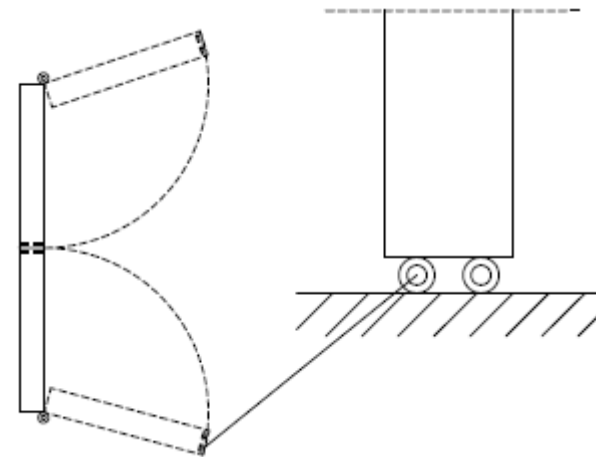
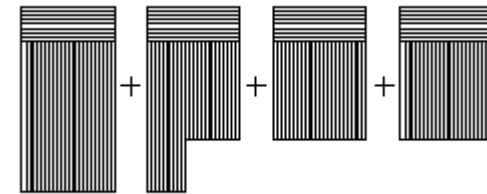
Salvador Montaner Solbes



DIFUSOR QRD



4 módulos en
cada uno de los
2 lados del
escenario

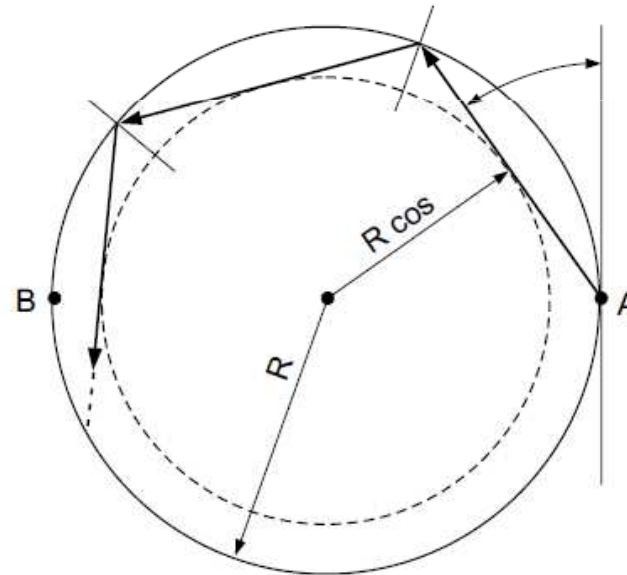




POSIBLES ANOMALÍAS

¿Cuáles son las más probables de producirse en nuestra sala y porqué?

- **Coloración** tonal
- **Eco** y **focalización** del sonido
- **Desplazamiento** de la fuente sonora
- Galería de **susurros**.
- Curvas **NC**





CONCLUSIONES

- La geometría rectangular de la sala favorece el uso de las **reflexiones laterales**.
- La ubicación del escenario en un extremo homogeniza las **visuales** del público.
- La dimensión pequeña de una sala implica una alta **difusión** y una reducción en el **RT** teórico para no producir cola reverberante.
- Debido a la poca altura de la sala y al aprovechamiento máximo del aforo, el revestimiento principal será la **madera** con un coeficiente de absorción menor para no resultar una sala apagada.

GRACIAS POR VUESTRA
ATENCIÓN!