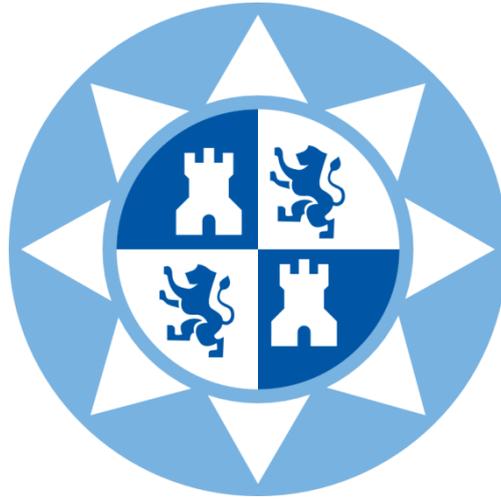


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA



DISEÑO DE UN LABORATORIO DE PRODUCCIÓN DIGITAL

Proyecto Final de Carrera



AUTOR: Mercedes López Marín

DIRECTOR: Juan Luis Pedreño Molina

CODIRECTOR: Manuel Abrisqueta

Contenido

1. Introducción	4
1.1. Planteamiento y objetivos.....	5
1.2. Estructura del proyecto.....	6
2. Introducción teórica	7
2.1. Aislamiento acústico.....	8
2.1.1. Aislamiento a ruido aéreo (Solución a la penetración por vía aérea)	9
2.1.2. Aislamiento a ruido de impacto (Solución a la penetración por propagación a través de cuerpos sólidos).....	15
2.1.3. Documento básico: protección frente al ruido.....	16
2.2. Campo sonoro en recintos	19
2.2.1. Teorías para el estudio del campo sonoro en un recinto.....	21
2.2.2. Modos propios	22
2.2.3. Clasificación general de recintos	23
2.3. Acondicionamiento acústico.....	24
2.3.1. Tiempo de reverberación	24
2.3.2. Nivel de ruido	26
2.4. Salas de control.....	27
2.4.1. Tipos de sala de control	27
2.5. Materiales acústicos.....	30
2.5.1. Materiales de construcción	30
2.5.2. Materiales absorbentes	31
2.5.3. Resonadores.....	33
2.5.4. Reflectores	36
2.5.5. Difusores.....	36
2.5.6. Aislantes acústicos.....	38
2.5.7. Puertas y visores	38
2.5.8. Silenciadores.....	39
2.5.9. Materiales acústicos para suelos.....	40
2.5.10. Mobiliario	40
2.6. Sistemas electro – acústicos	40

2.6.1.	Set de grabación.....	41
2.6.2.	Estudio de locución: micrófonos	46
2.6.3.	Estudio de sonido.....	49
2.6.4.	Estudio de realización.....	53
2.6.5.	Cableado y conectores	55
2.7.	Sistemas de iluminación	57
2.8.	Chroma	61
2.9.	Sistema de climatización y ventilación.....	62
3.	Diseño	63
3.1.	Diseño de un laboratorio de producción de contenidos digitales	64
3.2.	Requerimientos.....	64
3.2.1.	Emplazamiento	64
3.2.2.	Descripción del recinto.....	65
3.2.3.	Propuesta de distribución.....	66
3.2.4.	Aislamiento acústico de las salas.....	72
3.2.5.	Acondicionamiento acústico de las salas.....	78
	Equipos	101
4.1.	Tecnología 4K: definición	102
4.1.1.	¿Qué es 4K ó UHD?	102
4.1.2.	Ventajas de grabar en 4K.....	103
4.1.3.	Desventajas de grabar en 4K	103
4.2.	Equipamiento.....	104
4.2.1.	Set de grabación o plató de televisión	104
4.2.2.	Equipos estudio de sonido y estudio de locución	109
5.	Conclusiones y líneas futuras	112
6.	Bibliografía	118



01

Introducción

1.1. Planteamiento y objetivos

El objetivo del presente proyecto es el diseño de un laboratorio de producción digital. Inicialmente se dispone de la localización y planos arquitectónicos del emplazamiento donde estará ubicado este laboratorio.

A partir de estos planos se van a definir las distintas salas que compondrán este laboratorio, los distintos sistemas de aislamiento acústico necesarios, los distintos sistemas de acondicionamiento acústico y los distintos elementos que van a revestir cada una de las salas con el objetivo de conseguir unas condiciones acústicas óptimas en función de la utilidad que se le dará a cada una de ellas.

En el caso del aislamiento acústico, si cada una de las salas de este laboratorio no se aíslan correctamente, niveles de ruido superiores a los permitidos se pueden transmitir a las salas colindantes provocando que la actividad de las mismas se vea afectada en cuando a contaminación acústica se refiere. Así mismo, es importante que los ruidos procedentes del exterior o de otras dependencias del edificio donde se albergará el laboratorio no penetren a ninguna de las salas de este laboratorio. En el caso del acondicionamiento acústico es de gran importancia que el sonido se distribuya homogéneamente en cada una de las salas con el fin de obtener los parámetros acústicos adecuados en función del uso que tendrá cada una de las salas.

El laboratorio estará ubicado en el edificio de Laboratorios de Investigación y Docencia (ELDI) y gracias a los casi 300m² disponibles se podrán crear y diseñar salas tales como set de grabación, set de locución, salas de control para controlar tanto el set de grabación (plató de tv) como el estudio de locución, dos salas polimedia dedicadas posiblemente a la docencia, una sala de trabajo dedicada a la postproducción, un laboratorio de investigación de nuevas formas de contenidos digitales...

Para poder llevar a cabo el objetivo principal de este proyecto que es el diseño de un laboratorio de producción de contenidos digitales, se plantean varios objetivos específicos dentro este proyecto. Dichos objetivos son:

- Estudiar y familiarizarse con los parámetros más importantes que influyen en la acústica de una sala.
- Estudiar y proporcionar una buena solución tanto para el aislamiento como el acondicionamiento acústico para una o varias salas.
- Estudiar y seleccionar los diferentes materiales acústicos necesarios para conseguir una buena acústica.
- Determinar y seleccionar los equipos electro-acústicos necesarios para cada una de las salas de este laboratorio.

1.2. Estructura del proyecto

El proyecto estará estructurado en cuatro partes claramente diferenciadas.

La primera parte del proyecto estará destinada a definir de forma teórica los parámetros acústicos que entran en juego cuando de aislamiento y acondicionamiento acústico se habla. Se detallarán los materiales que se encargan de proporcionar aislamiento y/o acondicionamiento acústico en un determinado recinto así como los distintos parámetros acústicos que hay que tener en cuenta a la hora de diseñar cada una de las salas.

En la segunda parte de este proyecto se presentarán los materiales y equipos electro acústicos que hay que tener en cuenta a la hora de diseñar un laboratorio de contenidos digitales.

En la tercera parte del proyecto se presentarán las propuestas de diseño que puede tener el laboratorio así como la distribución de cada una de las salas. Una vez indicada la propuesta elegida, se indicarán y detallarán los materiales que se van a utilizar para el sistema de aislamiento acústico de cada una de las salas así como los materiales que se van a utilizar en el acondicionamiento acústico de cada una de ellas.

La cuarta parte del proyecto estará destinada a mostrar la solución electro acústicos elegidos para cada una de nuestras salas.



02

Introducción teórica

2.1. Aislamiento acústico

Se entiende por aislamiento acústico como la propiedad que indica el grado de reducción del sonido entre dos recintos separados por un elemento de cerramiento o entre un recinto cerrado y el exterior.

En el caso del diseño de un laboratorio de producción digital, este punto es uno de los más importantes porque de este aislamiento acústico dependerá una gran medida la calidad sonora de cada una de las salas del laboratorio. Tanto el diseño como la implementación de la solución final en cuanto a aislamiento acústico se refiere debe de ser llevada a cabo casi a la perfección para evitar problemas sonoros una vez que dichas salas estén construidas.

Las fuentes que originan estos sonidos pueden provenir del interior y/o del exterior del edificio, pudiendo acceder por varias vías y de distinta forma dependiendo del material, la frecuencia o la propia naturaleza del sonido.

Cabe destacar que es más difícil aislar los sonidos graves que los agudos ya que a frecuencias bajas tenemos una gran longitud de onda con lo que la transmisión de frecuencias bajas es mucho más difícil de aislar que las altas frecuencias.

Las principales vías de penetración suelen ser las siguientes:

Penetración por vía aérea (la naturaleza de la fuente actúa directamente en el aire)

- Aberturas y grietas existentes en paredes.
- Conductos de ventilación existentes.
- Vibraciones de la pared que separa ambos recintos.

Penetración por propagación a través de cuerpos sólidos (la naturaleza de la fuente actúa directamente sobre la estructura del edificio)

- Vibraciones de paredes no adyacentes al recinto y que se propagan por el espesor de las paredes, radiándose al interior por las paredes laterales.
- Transmisión de impactos sonoros.
- Vibraciones de maquinaria que se propagan a través de la estructura del edificio.
- Vibraciones del material de la propia pared adyacente, con lo que se convierte en radiadora de sonido ella misma.

2.1.1. Aislamiento a ruido aéreo (Solución a la penetración por vía aérea)

Para poder realizar un correcto aislamiento a ruido aéreo se deben conocer los posibles caminos de transmisión de los sonidos como paredes (simples, dobles o triples), ranuras o aberturas, puertas y visores, conductos de ventilación...

2.1.1.1. Pared sencilla o de una sola capa

Se define pared sencilla o de una sola capa como la pared en la que los puntos de la masa que están sobre la normal, no modifican su distancia mutua cuando la pared vibra. No tiene por qué ser homogénea, puede estar formada por varias capas o contener espacios vacíos huecos. Para obtener un buen aislamiento acústico, las paredes deben construirse de acuerdo con los siguientes puntos:

- Que sean suficientemente pesadas
- Débilmente rígidas
- Estancas al paso del aire

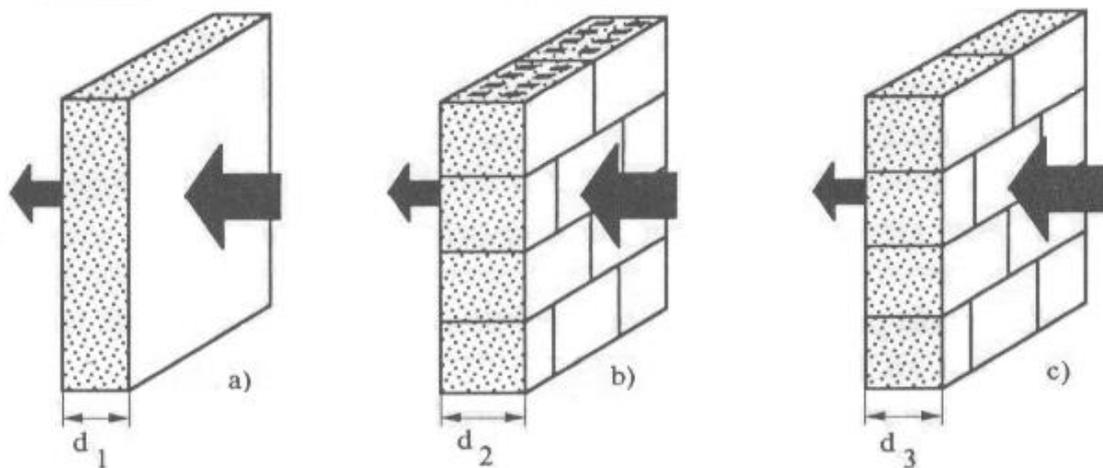


Figura 1. Esquemas de pared simple o sencilla

El aislamiento de una pared simple puede calcularse a partir de la **Ley de Masa**, dada por la siguiente ecuación:

$$R = 20 \log \frac{M\omega}{2Z} = 20 \log \frac{M\omega}{2\rho c}$$

Siendo:

- M = masa por unidad de superficie (kg/m^2)
- ω = frecuencia angular ($\omega=2\pi f$; siendo f la frecuencia considerada)
- Z = impedancia acústica del aire

- ρ = densidad volumétrica del aire (1,19 kg/m³)
- c = velocidad del sonido en el aire (345 m/s)

De esta ley, se deduce que para una frecuencia fija, el aislamiento aumenta en 6dB cuando se duplica la masa. Esto nos llevaría a que para conseguir un buen aislamiento deberían ser las paredes lo más gruesas posibles. Esto, que es lógico desde un punto de vista acústico, no lo es constructivamente. Este grosor se puede sustituir en cierto modo mediante paredes múltiples, lo cual suele dar un resultado muy aceptable.

Análogamente, para una masa dada, el aislamiento crece 6 dB al duplicar la frecuencia por lo que siempre será mucho más fácil aislar las altas frecuencias que las bajas. Esto tiene la ventaja adicional de que el oído humano es menos sensible a las bajas frecuencias, pero es nefasto en cuanto a las resonancias estructurales que en la edificación son importantes para bajas frecuencias, creando grandes amplificaciones que resultan difíciles de aislar. En la práctica interesa conocer el aislamiento acústico que ofrecen los distintos materiales para las frecuencias audibles. Un esquema simplificado de la variación de la Pérdida por Transmisión con la frecuencia para paredes simples se presenta en la siguiente figura:

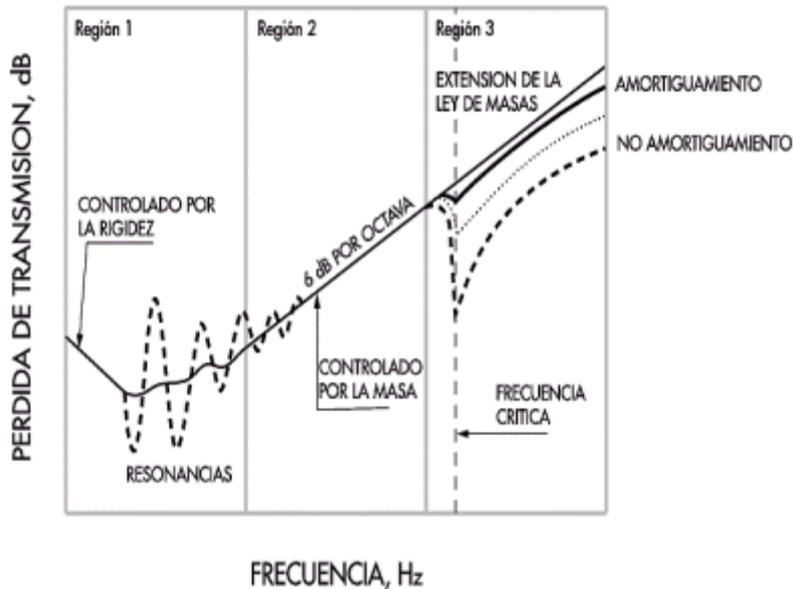


Figura 2. Gráfica pérdidas de transmisión en función de la frecuencia

El aislamiento acústico que proporciona una pared simple presenta tres zonas:

- Zona gobernada por la rigidez y resonancias propias de la pared.
- Zona gobernada por la ley de masas.
- Zona gobernada por la coincidencia de las ondas.

Destacar que en la práctica, la ley de masas no es experimental, sino aproximada.

2.1.1.2. Paredes múltiples

Se puede mejorar el aislamiento en 6 dB cada vez que duplicamos su masa, esto implicaría que para conseguir un incremento de 20 dB tendríamos que multiplicar la masa superficial por 10. Esto obviamente es inviable tanto por razones de diseño como económicas.

Una solución a este problema es la utilización de paredes múltiples. Este sistema de paredes se utiliza para obtener mayores aislamientos sin que la masa aumente desproporcionalmente. El hecho de que con paredes múltiples separadas entre sí se obtenga un gran aislamiento con poco peso es importante, ya que la limitación de peso es en realidad un problema que se presenta frecuentemente en el aislamiento acústico.

Supongamos una pared de masa superficial M , y otra de dos hojas separadas una distancia d , de masas M_1 y M_2 tales que $M_1 + M_2 = M$.

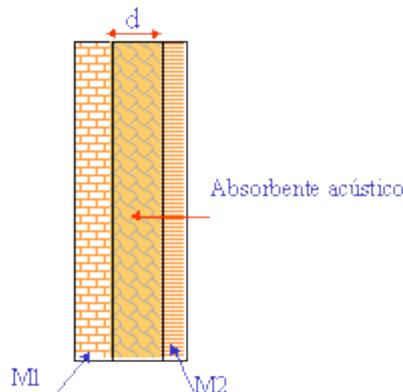


Figura 3. Esquemas pared doble

Hay que tener en cuenta que un aislamiento acústico tan alto sólo se puede obtener cuando entre las paredes no existe ningún tipo de acoplamiento. El acoplamiento puede obtenerse de la siguiente forma:

- Resonancia entre las paredes
- Ondas estacionarias de la cavidad
- Acoplamientos rígidos entre las paredes

Podemos distinguir varias zonas en función de la frecuencia, separadas por frecuencias de resonancia que en el caso de paredes múltiples son:

- La frecuencia, f_0 , de resonancia del sistema Masa-Muelle-Masa (pared-cavidad-pared). Esta frecuencia dependerá de las masas de ambas hojas, de la distancia de separación entre ambas y de si existe algún tipo de absorbente acústico en el espacio entre ellas.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{K \frac{M_1 + M_2}{M_1 \cdot M_2}} \quad (\text{Hz})$$

donde K , es la rigidez del medio separador en N/m^3 y M_1 y M_2 son las masas por unidad de superficie de las hojas de la pared doble. Cuando el medio separador es el aire, esta frecuencia se puede calcular a partir de la distancia separadora entre las hojas:

$$f_0 = \frac{615}{\sqrt{d}} \sqrt{\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2}} \quad (Hz)$$

donde la distancia d debe expresarse en centímetros. Puede observarse como esta frecuencia es menor cuanto mayor sea la masa y la distancia entre paredes.

- Las frecuencias de resonancia de la cavidad. Existen múltiples frecuencias de resonancia de la cavidad, que se pueden calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$f_c = n \frac{c}{2d} \quad (Hz)$$

donde n toma valores enteros (1,2,3...); f_c frecuencia en Hz; d , distancia entre capas en metros y c la velocidad del sonido en m/s (330 m/s).

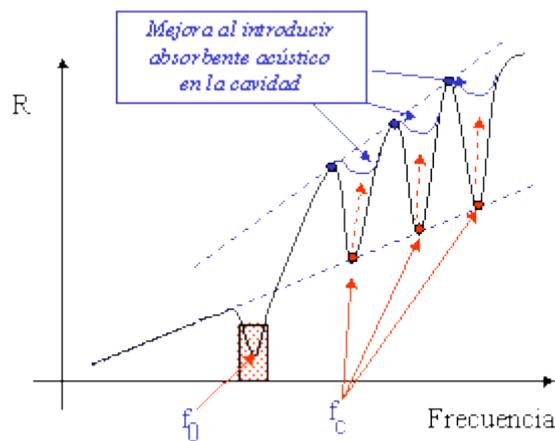


Figura 4. Aislamiento acústico de una pared doble en función de la frecuencia

La figura anterior permite apreciar el efecto de las resonancias mencionadas y además distinguir las diversas zonas de comportamiento de la pared doble:

- Frecuencias inferiores a f_0 . El panel se comporta exactamente igual a un panel simple de masa igual a la suma de las masas de ambas hojas. Interesa por tanto que esta frecuencia sea lo más baja posible para conseguir mantener el mínimo de aislamiento en una frecuencia en la que el ruido transmitido no produzca molestia. Se recomienda en concreto que esta frecuencia se sitúe por debajo de los 60 Hz. Puede calcularse la separación requerida para que se cumpla este requisito de forma aproximada:

$$d > 105 \cdot \left(\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right) \quad (cm)$$

- Frecuencias entre f_0 y la primera resonancia de la cavidad. Esta es la zona donde realmente presenta ventajas la utilización de una pared doble, permitiendo conseguir un incremento de aislamiento de 18 dB cada vez que duplicamos la frecuencia. Puede estimarse el valor del aislamiento en este margen de frecuencias a partir de la expresión:

$$d > 105 \cdot \left(\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right) \quad (cm)$$

donde $Z_0=415$ y $c=330$ m/s.

Estos valores teóricos son orientativos. En la práctica deben seguirse una serie de recomendaciones para acercarse a estos valores, debido a acoplamientos vibratorios entre ambas caras y a la posible influencia de las frecuencias de coincidencia de cada una de las hojas por separado.

Respecto a las capas adicionales que se instalan en las paredes es importante saber en qué lado de la pared colocarlas. Es indiferente si se habla del recinto primario y secundario, ya que desde el punto de vista del fenómeno físico el proceso es reversible, pero sí puede afectar a recintos adyacentes por transmisión estructural. Si lo colocamos del lado opuesto al de la fuente sonora, el sonido ejercerá una mayor fuerza en la base de la pared, pudiendo transmitirse vía estructural, pero si lo colocamos cara a la fuente ya no se excita la pared soporte de la misma manera, produciendo un mejor aislamiento respecto al tercer local.

Las paredes de tres o más capas sólo se utilizan en casos especiales de aislamiento, donde se necesita muy poco peso y mayor aislamiento, ya que se puede conseguir el mismo aislamiento que con una doble más pesada.

2.1.1.3. Agujeros y fisuras

La influencia de los agujeros y las fisuras en las paredes es muy importante y se traduce en una reducción del aislamiento acústico aplicado, que en algunos casos puede llegar a ser considerable. Las aberturas proporcionan un camino aéreo para la transmisión de energía. El aislamiento sonoro de una pared, que tenga una abertura circular tiene por valor:

$$R = 10 \log (0,12 l/d^2 + 0,19 l/d + 0,08)$$

l = espesor de la pared (m)

d = diámetro de la abertura (m)

El aislamiento sonoro de la pared depende del diámetro de la abertura y de la longitud del paso pudiendo ser:

- l/d elevado. Corresponde a una abertura pequeña y una pared de gran espesor, consiguiendo un espesor significativo. Aunque para un espesor determinado, el aislamiento sonoro disminuye a medida que aumenta el diámetro de la abertura, y teniendo en cuenta la relación existente entre

dimensión y longitud de onda, el aislamiento sonoro disminuirá a medida que disminuya la longitud de onda (altas frecuencias).

- 1/d bajo. Una abertura grande y pared delgada. El valor del aislamiento será constante y muy pequeño.

Para aberturas mucho mayores, como las que nos encontramos en puertas o ventanas abiertas, o en rejillas de ventilación, la energía sonora que pasa a través de ellas es proporcional al área de abertura, y no depende de la frecuencia del sonido. Normalmente son estas aberturas las que limitan la cantidad de aislamiento total que puede conseguirse en una construcción. Un alto grado de aislamiento requerirá tapar completamente cualquier tipo de grieta en marcos de puertas y ventanas, y en todo tipo de tuberías y conductos. En aquellas aberturas grandes, en las que no es posible reducir sus dimensiones (rejillas de ventilación), es esencial prolongar el conducto y tratarlo con material absorbente, aumentará el área expuesta de los conductos mediante elementos suplementarios o introducir filtros acústicos.

2.1.1.4. Ventanas y visores

Las ventanas son en la mayoría de los casos los peores elementos de las paredes desde el punto de vista del aislamiento acústico ya que en estos elementos no se puede colocar material absorbente, ya que sino se impedirá la visión a través de él por lo que se coloca una capa de material absorbente bastante gruesa en los bordes laterales de la cavidad, amortiguando bastante las ondas estacionarias paralelas a la superficie de cristal. Destacar que el factor más importante que influye en el aislamiento de ventanas es el espesor de los cristales.

Para evitar las ondas estacionarias perpendiculares al cristal, es aconsejable colocar una superficie recta y la otra ligeramente inclinada, además de utilizar capas de distintos grosores y pesos, evitando así el efecto coincidencia.

Los valores del aislamiento proporcionado por las ventanas se deben determinar mediante ensayo. No obstante, y en ausencia de ensayo, el aislamiento se puede determinar mediante las ecuaciones dadas en la NBE-CA-88 en función del tipo de acristalamiento y de la clase de carpintería.

2.1.1.5. Puertas

Las observaciones hechas para las ventanas se pueden aplicar también en su mayoría para las puertas. El material que las forman, el método de construcción, la existencia de grietas alrededor de la puerta en el marco, todo ello influye en el mejor o peor aislamiento acústico que presenten. Simplemente solucionando las grietas del marco se puede llegar a mejorar el aislamiento hasta en 6 ó 7 dB.

Los valores de aislamiento para puertas se deben determinar mediante ensayo. En ausencia de éste el aislamiento se puede determinar mediante las ecuaciones dadas en la NBE-CA-88.

Un problema importante que se puede encontrar en las puertas acústicamente hablando es el de las holguras y rendijas de las carpinterías que pueden causar disminuciones importantes en el aislamiento. Esto se puede evitar, al menos parcialmente, con bandas de estanqueidad y resaltes.

2.1.2. Aislamiento a ruido de impacto (Solución a la penetración por propagación a través de cuerpos sólidos)

Todo golpe u impacto directo sobre un medio sólido da lugar a una vibración de dicho medio. Esto significa que toda la energía cinética del movimiento se convierte en energía vibratoria. El medio de transmisión de dichas vibraciones es ese medio sólido o estructural.

Como consecuencia de esta propagación a través de un material sólido, las vibraciones experimentan una pérdida de energía, que se irá disipando con el tiempo. Según esto, los ruidos de impacto son aquellos que son originados por los golpes o choques contra las superficies que delimitan un local, y que se transmiten a los locales colindantes a través de los elementos horizontales (techos y suelos) y verticales (paredes).

La mayoría de las actividades que se desarrollan en un local llevan asociadas un ruido de impacto, de mayor o menor intensidad según las características de dicha actividad. El aislamiento a ruido de impacto tendrá como objetivo ‘cortar’ el camino de la transmisión de estas vibraciones con la ayuda de materiales elásticos (habrá que interponer una masa entre la fuente emisora y la fuente receptora).

2.1.2.1. Recomendaciones prácticas

Existen una serie de recomendaciones para tratar de reducir la transmisión del ruido a través de las estructuras sólidas, que a continuación se citarán, pero antes pasamos a describir una serie de materiales que juegan un papel muy importante en este problema ya que por su flexibilidad o elasticidad, se emplean para disipar o amortiguar las vibraciones. Si se conectan o intercalan entre materiales más rígidos se puede solucionar en buena medida el problema de la transmisión por vía sólida. Estos materiales absorbentes pueden dividirse en tres grupos:

- **Anti vibradores metálicos:** Se trata de muelles de acero al carbono, con gran capacidad de deformación elástica bajo carga. Se recomiendan para aislar frecuencias bajas.
- **Anti vibradores de caucho:** Se componen de material sometido a proceso de vulcanización. Tienen menor capacidad de deformación que los metálicos. Tienen una buena amortiguación interna absorbiendo muy bien los impactos. Se utilizan para frecuencias ligeramente mayores que las de los metálicos.
- **Lanas minerales:** Las lanas de vidrio y roca, con las densidades precisas, actúan como elementos amortiguadores con valores aceptables de trabajo para frecuencias superiores a 30 Hz. Esto se consigue gracias a la baja rigidez dinámica de este tipo de materiales.

Después de conocer estos materiales típicamente utilizados pasamos a resumir las recomendaciones básicas para el problema de aislamiento al ruido de transmisión estructural:

- Se tratará de mantener alejadas las posibles fuentes de ruido, de las vías frecuentes de transmisión como son las tuberías, marcos metálicos, vigas, etc.
- Reducción de las vibraciones en la fuente. Esto puede conseguirse poniendo las máquinas sobre estructuras o suelos flotantes, evitando contacto directo con la estructura.
- Evitar la propagación de ondas longitudinales a través de la estructura, introduciendo elementos antivibratorios.
- Dificultando el ruido de impactos, con el diseño adecuado del suelo. Si además cubrimos el suelo con materiales elásticos como gomas o moquetas lograremos reducir los impactos de pisadas u otros que se puedan producir. Si hacemos el suelo de capas múltiples, alternando materiales rígidos y flexibles (lanas minerales) podremos mejorar el problema en buena medida. También se puede recurrir a la idea de suelo flotante interponiendo una capa de muelles, como se suele hacer en la construcción de cámaras anecoicas.
- Cuando se haya determinado el aislamiento acústico necesario se recomienda incrementar este en 5 ó 10 dB como margen de seguridad para solucionar posibles deficiencias de aislamiento imputables al material o a la forma de montaje.
- **Suelos flotantes:** La instalación de suelos flotantes en el local origen de las molestias por ruido, resulta muy útil, ya que evitan que el forjado, excitado bien por impacto directo (baile, movimiento de sillas) o por campo acústico (sonido de baja frecuencia procedente de altavoces de gran potencia).
- **Falsos techos. Techos acústicos:** La labor de un techo acústico es doble: por una parte mejora el ambiente acústico en el local, si se selecciona un modelo con un coeficiente de absorción acústico alto, y además si se monta adecuadamente permite incrementar el aislamiento a ruido aéreo del forjado.
- **Paredes dobles:** Algunas recomendaciones para conseguir el máximo grado de aislamiento cuando se va a utilizar una pared doble:
 - Si las dos hojas van a ser del mismo material, convendría elegir dos espesores diferentes, para minimizar el acoplamiento acústico entre ambas.
 - Evitar las uniones rígidas entre capas (provocan cortocircuitos acústicos, haciendo que la pared doble se comporte como una simple).
 - Rellenar siempre la cavidad con absorbentes acústicos (p.e., lana de fibra de vidrio).
 - En el caso de ser inevitable unir dos hojas de una pared (tuberías, etc), estas uniones deben ser: ligeras y elásticas en el caso de hojas de gran masa, o pesadas para paredes ligeras. Las uniones entre una tubería, paso de cables etc. y la pared deberá hacerse a través de una junta elástica (coquillas antivibratorias).

2.1.3. Documento básico: protección frente al ruido

El Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de protección frente al ruido. La correcta aplicación del DB supone que satisface el requisito básico Protección frente al ruido.

Tanto el objetivo del requisito básico "Protección frente al ruido", como las exigencias básicas se establecen en el artículo 14 de la Parte I del CTE (Código Técnico de la Edificación) y son los siguientes:

Artículo 14. Exigencias básicas de protección frente al ruido (HR):

El objetivo del requisito básico "Protección frente el ruido" consiste en limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán y mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos.

El Documento Básico DB HR "Protección frente al ruido" especifica parámetros objetivos y sistemas de verificación cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de protección frente al ruido.

2.1.3.1. Diferencia de niveles estandarizada entre recintos interiores, DnT

Es la diferencia entre los niveles medios de presión sonora producidos en dos recintos por una o varias fuentes de ruido emitiendo en uno de ellos, normalizada al valor 0,5 s del tiempo de reverberación. En general es función de la frecuencia. Se define mediante la expresión siguiente:

$$DnT=L1-L2+10\cdot\lg TT0 \text{ (dB)}$$

Siendo:

- L1: nivel medio de presión sonora en el recinto emisor, (dB);
- L2: nivel medio de presión sonora en el recinto receptor, (dB);
- T: tiempo de reverberación del recinto receptor, (s);
- T0: tiempo de reverberación de referencia; su valor es T0 = 0,5 s.

2.1.3.2. Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, en fachadas, en cubiertas y en suelos en contacto con el aire exterior, D2m,nT,A

Valoración global, en dBA, de la diferencia de niveles estandarizada de una fachada, una cubierta o un suelo en contacto con el aire exterior, D2m,nT, para ruido rosa.

Se define mediante la expresión siguiente:

$$D2m,,A=-10\cdot\lg \sum 10(LAr,i-D2m,nT,i)/10ni=1 \text{ (dBA)}$$

siendo

- $D_{2m,nT,i}$: diferencia de niveles estandarizada, en la banda de frecuencia i , (dB);
- $L_{Ar,i}$: valor del espectro normalizado del ruido rosa, ponderado A, en la banda de frecuencia i , (dBA);
- i : recorre todas las bandas de frecuencia de tercio de octava de 100 Hz a 5 kHz.

En caso de que el ruido exterior dominante sea el ferroviario o el de estaciones ferroviarias también se utilizará este índice para la valoración global, pero usando los valores del espectro normalizado de ruido ferroviario o de estaciones ferroviarias, ponderado A.

2.1.3.3. Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, en fachadas, en cubiertas y en suelos en contacto con el aire exterior para ruido de automóviles, $D_{2m,nT,Atr}$

Valoración global, en dBA, de la diferencia de niveles estandarizada de una fachada, una cubierta, o un suelo en contacto con el aire exterior, $D_{2m,nT}$ para un ruido exterior de automóviles. Se define mediante la expresión siguiente:

$$D_{2m,,Atr} = -10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Atr,i} - D_{2m,nT,i})/10} \text{ (dBA) [3]}$$

siendo

- $D_{2m,nT,i}$: diferencia de niveles estandarizada, en la banda de frecuencia i , (dB);
- $L_{Atr,i}$: valor del espectro normalizado del ruido de automóviles, ponderado A, en la banda de frecuencia i , (dBA);
- i : recorre todas las bandas de frecuencia de tercio de octava de 100 Hz a 5 kHz.

En caso de que el ruido exterior dominante sea el de aeronaves también se utilizará este índice para la valoración global, pero usando los valores del espectro normalizado de ruido de aeronaves, ponderado A.

2.1.3.4. Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, entre recintos interiores, $D_{nT,A}$

Valoración global, en dBA, de la diferencia de niveles estandarizada, entre recintos interiores, D_{nT} , para ruido rosa. Se define mediante la expresión siguiente.

$$D_{nT} = -10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Ar,i} - D_{nT,i})/10} \text{ (dBA)}$$

Siendo

- $D_{nT,i}$: diferencia de niveles estandarizada en la banda de frecuencia i , [dB];

- $L_{A,i}$: valor del espectro normalizado del ruido rosa, ponderado A, en la banda de frecuencia i , [dBA];
- i : recorre todas las bandas de frecuencia de tercio de octava de 100 Hz a 5 kHz.

2.1.3.5. Índice de aislamiento acústico, R

El aislamiento al sonido aéreo de diferentes elementos constructivos (paredes, suelos, puertas, ventanas, elementos de las fachadas...) viene dado por la siguiente expresión:

$$R = 10 \cdot \log(1/T) = 10 \cdot \log_{10}(P_i/P_t) \text{ (dB)}$$

Para poder entender y evaluar la magnitud anteriormente mencionada es necesario partir de la relación existente entre la energía que se transmite al recinto receptor (E_t) y la que índice sobre el elemento de separación del recinto emisor (E_i). A este cociente se le denomina *coeficiente de transmisión sonora* (T) y vendrá dado por la expresión:

$$T = E_t/E_i$$

De esta expresión se deduce que la capacidad de aislamiento de la pared aumenta cuando este coeficiente disminuye. Para tener un comportamiento de la energía independiente del tiempo de medida, se promedia ésta en el tiempo; lo que lleva a expresar las magnitudes en potencia, P , (energía por unidad de tiempo). En este caso la expresión del coeficiente de transmisión sonora será:

$$T = P_t/P_i$$

Normalmente, la cantidad que se utiliza es el logaritmo de la inversa de esta relación, denominada Pérdida de Transmisión o Índice de Aislamiento Acústico, R , (referido como Sound Reduction Index, R , en las normas ISO y como Transmission Loss, TL, en EE.UU.), y se define como:

$$R = 10 \cdot \log(1/T) = 10 \cdot \log_{10}(P_i/P_t) \text{ (dB)}$$

El aislamiento acústico total necesario en un recinto, está determinado por el aislamiento sonoro de todos los límites y depende del nivel de ruido existente en el exterior de recinto; es decir, del nivel de ruido existente detrás de estos límites y del nivel de ruido máximo permitido en el interior del recinto dado (el nivel máximo de ruido permitido en un recinto es un término que se utiliza para describir el ruido creado en el recinto por la actividad normal de las personas y los aparatos presentes en él).

2.2. Campo sonoro en recintos

El sonido en un recinto reverberante se compone de sonido directo y de sonido indirecto o reverberante. Se entiende como sonido directo como aquél que viaja directamente desde la fuente hasta los oídos de un espectador. Una fracción de segundo más tarde este mismo espectador escucha la primera

reflexión procedente de las paredes y del techo, al viajar estas ondas de atrás hacia delante por todo el recinto produciendo modos normales de vibración y creando la parte del sonido indirecto o sonido reverberante.

Tal y como se muestra en la siguiente imagen, el sonido directo llega antes de todas las reflexiones, ya que viaja por el camino más corto, después de un tiempo mínimo de retardo, llega la primera reflexión, inmediatamente después la segunda, tercera y cuarta.

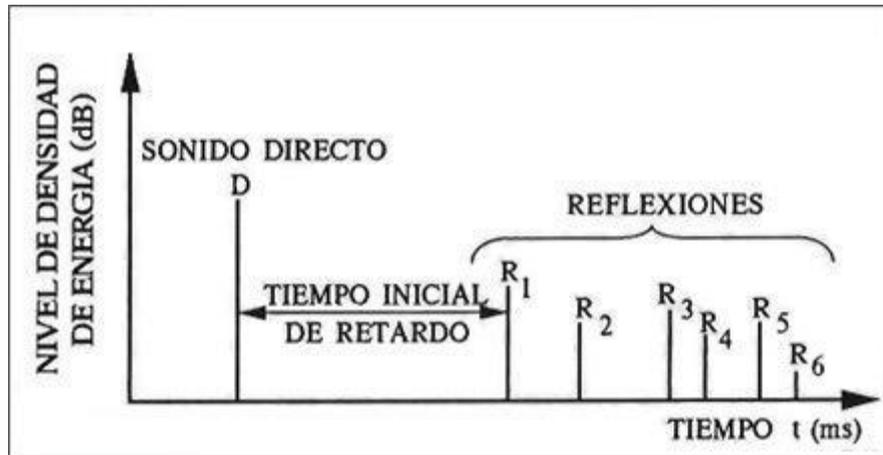


Figura 5. Nivel de intensidad del sonido en función del tiempo

Los experimentos de Haas han demostrado que el tiempo mínimo de retardo para la palabra depende de:

- Ritmo de la palabra
- Intensidad de la palabra
- Color de tono
- Tiempo de reverberación característico del recinto

El sonido indirecto tal y se ve en la imagen anterior aparece debido a las distintas reflexiones que se producen en la sala distribuidas en el tiempo debido a las distintas distancias que recorren estas reflexiones. Además, existe una segunda componente de sonido indirecto o reverberante debido a las resonancias que se producen en la propia sala y finalmente existe una tercer componente de sonido indirecto que se produce debido a las vibraciones de los elementos constructivos de dicha sala.

Atendiendo a lo descrito en el párrafo anterior debemos tener en cuenta tanto el sonido directo que se genera en una sala como las tres formas de sonido indirecto o reverberante. En general, la manifestación de las tres componentes de sonido indirecto se presenta en zonas preferentes del espectro:

- Resonancias por debajo de 300 Hz, con dominio de las longitudes de onda proporcionales con las dimensiones.
- Reflexiones por encima de los 500 Hz.
- Zona de transición difícil de clasificar entre 300 y 500 Hz.

2.2.1. Teorías para el estudio del campo sonoro en un recinto

La característica de un campo sonoro que está encerrado total o parcialmente, está íntimamente relacionada con las dimensiones lineales del recinto. Cuando las dimensiones lineales son pequeñas frente a la longitud de onda, los modos normales de vibración en el espacio son sólo de unas pocas frecuencias. Los que tienen unas dimensiones que son grandes frente a la longitud de onda; incluso para las frecuencias bajas, el volumen de aire que encierran estos recintos son sistemas vibratorios con un gran número de modos normales de vibración.

Cuando se conecta una fuente sonora en un recinto, como consecuencia de las reflexiones, existe un crecimiento gradual de la energía, cesando posteriormente el aumento después de cierto tiempo, alcanzando la energía en el recinto un valor constante.

Si una vez alcanzado este valor, la fuente deja de emitir, el sonido que recibe el observador no desaparece inmediatamente. Un corto tiempo después de que la fuente ha dejado de emitir, desaparece la onda directa y el observador recibe la energía de la primera onda reflejada, después de la segunda, la tercera ondas reflejadas y así sucesivamente, siendo la energía de estas ondas cada vez más pequeña.

Si se elige para representar gráficamente esta variación una escala logarítmica, se observa que el proceso de crecimiento es relativamente rápido, mientras que el de descenso es más lento, representando además este gráfico la forma real de escucha del sonido, puesto que el oído no reacciona a la intensidad de la perturbación, sino a un valor próximo al logaritmo de esta intensidad.

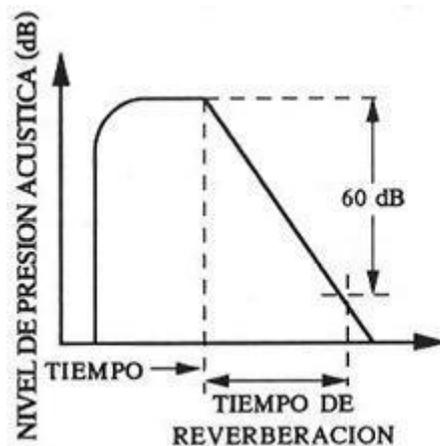


Figura 6. Nivel de presión acústica en función del tiempo

El proceso de persistencia y disminución de la energía en un recinto, una vez desconectada la fuente sonora, recibe el nombre de reverberación, y el tiempo que la señal sonora necesita para reducirse hasta el umbral de audición, se conoce como tiempo de reverberación.

Para poder abordar cómo se comporta el sonido necesitamos conocer las distintas teorías existentes:

- **Acústica Geométrica:** utiliza el trazado de rayos para poder visualizar posibles focalizaciones del sonido y tener una idea de la forma geométrica de la sala más adecuada. La parte de la acústica que trata de estudiar la distribución del campo acústico mediante trazado de rayos se denomina acústica geométrica. En ella se supone que de la fuente sonora emerge un número finito de rayos sonoros, que

siguen la dirección de propagación de las ondas sonoras. Un estudio geométrico, por trazado de rayos, es imprescindible en todo proceso de acondicionamiento, para tener una idea de la forma o geometría más adecuada, estudiar la posibilidad de existencia de ecos, prever posibles zonas de focalización, etc.

- **Acústica Estadística:** A medida que se propaga el sonido en una sala, se van produciendo sucesivas reflexiones, y los ángulos sólidos que abarca cada rayo van siendo mayores, llegando, después de algunas reflexiones, a abarcar la sala en su totalidad. A partir de este momento, ya no es adecuado un estudio geométrico. En este proceso de reflexiones sucesivas, se va perdiendo energía acústica, llegándose a alcanzar un régimen estacionario de energía en la sala, cuando los cerramientos y objetos presentes absorben la misma cantidad de energía por unidad de tiempo que emite la fuente, con lo que la energía media se estabiliza en la sala. Así, si la fuente dejar emitir, la energía presente no desaparece de inmediato, se requiere un cierto tiempo para que la energía acumulada se absorba hasta llegar a ser inaudible. Para estudiar estas condiciones, ya no es útil seguir el recorrido de cada rayo individual, es necesario evaluar estadísticamente la energía acústica en su conjunto. El estudio de estas teorías se agrupa en lo que se denomina acústica estadística.
- **Acústica Ondulatoria:** Ninguna de las dos teorías anteriores tiene en cuenta el comportamiento físico real de tipo ondulatorio del sonido. La acústica ondulatoria se basa en la resolución de la ecuación diferencial de la onda acústica en cada sala, introduciendo sus condiciones específicas de contorno. La resolución de ésta puede ser tremendamente complicada en recintos de forma compleja, por lo que este método se utiliza como base teórica para resolver problemas concretos. Así, para el estudio de la distribución de la energía acústica de las primeras reflexiones y del sonido directo, así como para evitar el riesgo de eco una sala, se utilizará el método geométrico o acústica geométrica. Para abordar el estudio de la reverberación se utilizará el método estadístico o acústica estadística.

2.2.2. Modos propios

En las salas o recintos aparece un elemento que interfiere en la calidad acústica que son las resonancias o modos propios de vibración. Esto sucede como consecuencia de las reflexiones sucesivas en paredes opuestas.

Cualquier recinto puede considerarse como un resonador complejo, debido a que entre sus superficies pueden generarse un gran número de resonancias, conocidas como modos. Se dividen en tres clases:

- **Modos axiales:** suceden en una dirección, resultado de reflexiones entre dos superficies (unidimensional).
- **Modos tangenciales:** son el resultado de las reflexiones entre cuatro superficies (bidimensional).
- **Modos oblicuos:** resultado de las reflexiones entre las seis superficies de una habitación cúbica (tridimensional).

Las ondas estacionarias permanecen un tiempo en la sala, a veces no son audibles pero pueden ser captadas por los micrófonos. Como su presión es máxima en las esquinas o en ciertos puntos a ras de las paredes, hay ciertos instrumentos o fuentes acústicas que se deben alejar o acercar a estos sectores, según lo

que nos convenga. Por ello, la coloración de la sala en baja frecuencia puede favorecer o complicar, dependiendo de las fuentes que se encuentren en su interior.

A medida que aumenta el orden del modo, su amplitud será menor, pero el ancho de banda será mayor, pudiendo en algunos casos solaparse con otros modos cercanos.

Por lo general, para frecuencias superiores a los 250-300 Hz, la densidad modal crece enormemente, y no tiene sentido su cálculo ya que el comportamiento de las reflexiones empieza a convertirse en campo reverberante.

2.2.3. Clasificación general de recintos

Las ventajas o inconvenientes de las variaciones que experimenta la señal acústica, debido a las propiedades del recinto, que definen las condiciones acústicas del mismo, dependen no sólo de las propiedades físico-fisiológicas de la audición, sino también del carácter de los sonidos naturales (palabra, música) y de las propiedades de las fuentes secundarias y receptores sonoros (altavoces, micrófonos) empleados para la transmisión sonora.

Teniendo en cuenta esto, los recintos se pueden dividir en:

- Recintos de audición directa
- Recintos para transmisión sonora por medio de sistemas electro-acústicos.
- Recintos que emplean sistemas de amplificación sonora.

Como ejemplo de recintos pertenecientes al primer grupo, se pueden mencionar teatros, salas de conferencias y conciertos, etc. En el segundo grupo se pueden incluir los cines, estudios de radio y televisión, etc. Finalmente son recintos del tercer grupo los grandes estadios deportivos, audiciones en grandes plazas, campos de fútbol, etc.

Como las condiciones acústicas en recintos están relacionadas con el carácter de la señal transmitida e incluso con el tipo de emisor o receptor sonoro, los dos primeros grupos de recintos se pueden a su vez subdividir en otros subgrupos. El primer grupo, por ejemplo en recintos para oratoria y otros para música; por otro lado, el segundo grupo en recintos para registro sonoro y otros para reproducción sonora.

Como conclusión general en la clasificación de recintos, no sólo se debe tener en cuenta el carácter de las fuentes sonoras y el de los receptores empleados en el proceso de transmisión, sino también en el empleo que se va a dar en ese recinto. Dada la gran variedad de recintos destinados a diferentes usos en la transmisión de sonido, deben hacer exigencias particulares para cada uno de ellos, de acuerdo con sus condiciones acústicas. Estas exigencias se hacen después de un detallado estudio de los procesos sonoros en el recinto, así como de los factores que influyen en ellos y de las condiciones que aseguren la mejor recepción sonora.

2.3. Acondicionamiento acústico

La finalidad de acondicionar acústicamente un determinado recinto (cerrado o al aire libre) es lograr que el sonido proveniente de una determinada fuente o fuentes sea irradiado por igual en todas direcciones logrando un campo sonoro difuso ideal. El acondicionamiento acústico engloba todas aquellas técnicas destinadas a corregir y adecuar el campo sonoro en el interior de un recinto, con el fin de lograr los objetivos acústicos deseados. Desde un punto de vista de un acondicionamiento acústico interesa que el intervalo del tiempo que transcurre entre el sonido directo que llega antes que todas las reflexiones y éstas, no exceda un determinado tiempo porque en caso contrario aparecería eco.

Esta uniformidad no siempre se consigue y la acústica arquitectónica, intenta aproximarse al máximo a este ideal a través de ciertas técnicas que aprovechan las cualidades de absorción, reflexión y difusión de los materiales constructivos de techos, paredes y suelos y de los objetos u otros elementos presentes en dicho recinto. De hecho, cosas tan aparentemente triviales como la colocación o eliminación de una moqueta, una cortina o un panel, son cruciales y pueden cambiar las condiciones acústicas de un recinto.

Un buen acondicionamiento acústico exige que la energía reflejada sea mínima, con lo cuál, la calidad de un tratamiento acústico de un local vendrá determinada por la capacidad de absorción de los materiales que recubren sus superficies límites.

Podemos distinguir dos tipos de acondicionamiento:

- **Acondicionamiento primario:** Es aquel que se aplica durante la fase de diseño, antes de la construcción de la sala. Así, mediante programas de simulación acústica es posible analizar el efecto que tiene la utilización de distintos materiales de construcción y seleccionar cuáles son los más idóneos. Y también, se puede variar la geometría y el volumen de la sala para que se adapte a los requisitos acústicos: tiempo de reverberación óptimo, eliminación de ecos, etc.
- **Acondicionamiento secundario:** Este acondicionamiento se aplica como corrección a un modelado incorrecto, es decir, la sala ya ha sido edificada. Y consiste en la aplicación de materiales de acondicionamiento: absorbentes, resonadores, reflectores y difusores. Las soluciones que se adopten dependerán del defecto que se trate de eliminar o, al menos, reducir. Con este acondicionamiento mejorarán las condiciones acústicas del recinto, pero los resultados no serán tan óptimos como los conseguidos con el acondicionamiento primario.

La principal herramienta con que cuentan los técnicos encargados del acondicionamiento acústico de un determinado local/lugar es conocer el tiempo de reverberación específico, que se calcula utilizando diversas fórmulas. La reverberación debe ser inferior a los 2 segundos.

2.3.1. Tiempo de reverberación

El tiempo de reverberación, para que sea útil, se ha de calcular en función de una determinada frecuencia, dado que depende del coeficiente de absorción de los materiales utilizados y este coeficiente depende a su vez de la frecuencia.

Según Sabin, el tiempo de reverberación es:

$$T = 0.16 \frac{V}{A} (seg)$$

siendo:

- 0.16: constante obtenida de forma empírica
- V: volumen en m³
- A: absorción en m² (conocida como constante de Sabine)

$$TR60 = 0.161 \frac{V}{A} (seg)$$

Despreciando la absorción del aire, A es la suma de la absorción sonora debida a las superficies límites del local (A1) y la debida a los diferentes objetivos y personas en el interior del recinto (A2):

$$TR60 = 0.161 \frac{V}{A} (seg)$$

$$A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

Siendo el coeficiente de absorción un valor entre 0 y 1 que indica la capacidad para absorber la energía acústica que tiene un material y que por supuesto depende de la frecuencia. Siendo las frecuencias de trabajo más utilizadas son 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. De no especificarse la frecuencia, se toma por defecto la de 500 Hz, por ser la empleada por Sabine.

Los tiempos de reverberación óptimos para diferentes usos de los locales (medidos en segundos) son:

SALA	TR (medio 500 Hz – 1KHZ) Sala ocupada
Sala de conferencias	0.7 – 1.0
Cine	1.0 – 1.2
Sala polivalente	1.2 – 1.5
Teatro Ópera	1.2 – 1.5
Sala de conciertos (música de cámara)	1.3 – 1.7
Sala de conciertos (música sinfónica)	1.8 – 2.0
Iglesia/Catedral	2.0 – 3.0
Locutorio de radio	0.2 – 0.4

Tabla 1. Tiempos de reverberación para diferentes locales

Por ello, si se instalan materiales poco absorbentes (básicamente superficies duras y lisas), la sala tenga un TR elevado, mientras que materiales absorbentes (porosos o con perforaciones y cámaras de aire) darán como resultado un TR global más bajo.

2.3.2. Nivel de ruido

Las curvas NC (Noise Criteria) fueron creadas en 1957 por Leo Beranek con el fin de evaluar los niveles de ruido y a su vez controlar que el ruido no perturbe la comunicación en una sala. Estas curvas consideran los niveles de interferencia y de sonoridad.

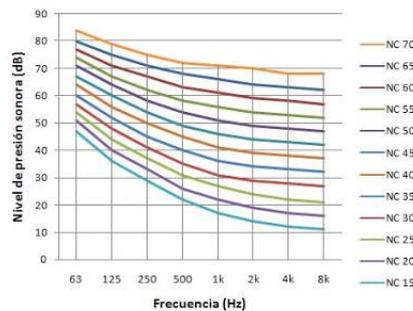


Figura 7. Curvas NC

Los valores recomendados de máximo índice para diferentes tipos de recintos son los que se muestran en la tabla dada a continuado. Destacar que este índice vendrá lógicamente determinado por las actividades que se realicen en ellos:

Recinto	NC	dB	dB(A)
Estudios de radio, televisión	20	30	25
Salas de música, auditorios	25	35	25
Teatros	30	35	40
Hospitales	35	40	45
Iglesias	30	40	45
Viviendas, hoteles	35	45	45
Salas de lectura, aulas	35	40	45
Salas de conferencias pequeñas	30	45	50
Oficinas, restaurantes	45	45	50
Juzgados	35	40	45
Oficinas medias	50	45	50
Bibliotecas	35	40	45
Bancos, tiendas, oficinas grandes	45	50	55

Gimnasios y piscinas	45	55	60
Cines	35	35	45

Tabla 2. Niveles de ruido máximos para diferentes locales

2.4. Salas de control

El acondicionamiento acústico en las salas de control debe ser preciso, ya que será el punto de escucha de las tomas de sonido del estudio de locución, set de grabación (plató) y debe ser un sonido natural, sin alteraciones de la sala para ser tratado con exactitud al sonido captado en la grabación. Tan importante son estos parámetros como el tipo de diseño elegido para la sala de control, ya que este conjunto caracterizará el sonido tratado en el recinto.

- **Tiempo de reverberación:** El tratamiento acústico de las salas de control (absorción en la parte anterior, absorción en la parte posterior, etc.) afectará al valor del tiempo de reverberación en el recinto. Se recomienda un valor entre los 0.2 a 0.3 segundos (RTmid entre 0.2-0.4 segundos). El RTmid es el Tiempo de reverberación medio (entre 500 Hz y 1 KHz), expresado en segundos. En relación a la variación del tiempo de reverberación con la frecuencia, no debe variar su valor con el fin de que las diferentes componentes de la señal desaparezcan gradualmente a la misma velocidad, con lo que la grabación sonora no estará influenciada por las características acústicas del control.
- **Nivel de ruido:** El nivel de ruido en las salas de control se ve afectado negativamente por el ruido producido por los equipos que se encuentran en su interior, principalmente por los grabadores, el ruido del aire acondicionado, las personas que se encuentran en su interior, etc. Aunque algunos de los ruidos existentes son necesarios e inevitables, la mayoría de los ruidos de fondo se pueden reducir ya que solo sirven para desviar la atención y degradar los juicios del técnico de sonido. Los controles están conectados a los estudios a través de una ventana a pesar de los problemas que plantea un cristal reflectante en su acondicionamiento, así como las pérdidas por transmisión en su aislamiento. En los controles, debido al elevado nivel de presión sonora que se genera en los monitores para escuchar la grabación, deben tomarse precauciones especiales para que este ruido no pase al estudio, ni tampoco al procedente de ninguna fuente exterior. Los índices de valoración de ruido NR y NC son útiles para establecer una especificación del ruido de los controles. Los estudios de grabación, salas de control y audición suelen tener valores de NC comprendidos entre 15 y 25.

2.4.1. Tipos de sala de control

2.4.1.1. Sala Non Environment

Tom Hidley es el responsable del diseño de este modelo en el año 1983. Este tipo de salas de control se caracterizan por tener una pared frontal y suelo muy reflectante y las demás superficies muy absorbentes. El principio que rige este diseño es el de proporcionar a los altavoces emplazados en la pared, a modo de baffle infinito, un entorno lo más anecoico posible. Con la introducción de material absorbente en el resto de la sala se consigue reducir las reflexiones y que el ratio de señal directa se incremente con una reducción

notable en la coloración. En estas salas se reduce el tiempo de extinción de las reflexiones, siendo así muy fácil la percepción de los defectos de las grabaciones.

2.4.1.2. Sala LEDE

En 1978 Don Davis introdujo un nuevo diseño de salas de control y un método en el tratamiento acústico. La parte posterior de la sala se convertía en muy reflectante y la parte anterior muy absorbente, con el fin de anular la coloración por parte de la mesa de mezclas. Con ello también consiguió que se recibieran en el punto de escucha muchas primeras reflexiones y muy pocas de orden superior.

Este diseño da la sensación auditiva de que los monitores son la única fuente de sonido existente. Ya que a las reflexiones superiores se les reduce considerablemente el retardo en la parte frontal, se obtiene un sonido muy limpio porque la parte frontal de la sala reduce el efecto de filtro “peine” producido por la mesa de mezclas.

En la parte posterior de la sala, el sonido percibido de las reflexiones no queda enmascarado y permite percibir el tiempo de retardo inicial de la acústica de la sala, permitiendo también que se fundan en un solo sonido la totalidad de reflexiones en el punto de escucha.

En este diseño Davis evita las superficies paralelas para que no se produzcan ondas estacionarias y consigue que, combinando las diferentes características, el ingeniero tenga una apreciación de la realidad en cuanto a lo que está ocurriendo en la sala de grabación. Davis sugiere además que la posición del ingeniero sea de 2,5 a 3 metros desde los monitores, y éstos, separados uno del otro entre 3 y 3,5 metros.

2.4.1.3. Sala de control según Rettinger

Rettinger propone que la parte frontal de la sala puede tener algunos paneles reflectores (además del visor), mientras que la parte posterior debe tratarse con material absorbente. Señala que la interferencia del filtro peine producida por la onda directa y una reflexión serán indetectables cuanto menor sea el tiempo entre el sonido directo y la reflexión. También considera que las reflexiones dan viveza y cuerpo al sonido en un sala pequeña y que un entorno completamente absorbente no es posible, como consecuencia de la presencia inevitable del visor de vidrio, ocasionando un mal funcionamiento de los altavoces, ya que a 100Hz, su directividad es prácticamente hemisférica, por lo que independientemente de la orientación de estos, el sonido recibido por el operador y el visor, a bajas frecuencias será el mismo, distorsionando la señal pareciendo que exista un exceso de graves, que no existe.

Debido a lo expuesto, se hace necesario el uso de reflexiones tempranas, con bajos retardos con respecto al sonido directo, para no producir ecos. Esto se consigue mediante superficies que acorten el camino recorrido por la reflexión.

2.4.1.4. Sala de control según Veale

Veale supone que en un control, sólo deben emplearse formas inertes y disipativas, por lo que excluye los resonadores de Helmholtz, considerando conveniente construcciones que absorban las bajas frecuencias.

Identifica reflexiones según su retardo. Reflexiones que lleguen 8ms después que el sonido directo, no son de interés, mientras que las que llegan 10ms después son útiles para crear una imagen sonora. Con respecto a la música, las reflexiones que llegan después de 80ms son las que crean el ambiente de la sala, por lo que las reflexiones entre 10 y 70ms son útiles en salas de control.

En la práctica, Veale ha observado que si se proporcionan muy pocas reflexiones en el control, el producto resultante en condiciones caseras carece de reverberación y si las reflexiones abundan, el producto tiene una excesiva reverberación. Por lo que dice, se necesitan de 4 a 7 reflexiones para proporcionar una imagen y descripción sonora completa.

Veale no da las especificaciones de un control de este tipo, exige que la parte frontal del control entre los altavoces y el operador genere las reflexiones primarias y considera que el techo es importante en la creación del modelo de reflexión deseada.

2.4.1.5. Sala de control según D'Antonio y Konnert

Para la realización del control, son importantes tres condiciones:

- Conseguir un campo difuso con una importante componente lateral.
- Evitar las coloraciones debidas a los efectos de interferencia de las reflexiones muy tempranas.
- Obtener un retardo inicial suficientemente largo para no enmascarar a los propios del estudio de grabación, generalmente entre 10 y 20ms.

Las dos últimas condiciones exigen la eliminación de las reflexiones alrededor de la mesa de mezclas y en las proximidades de los altavoces, como un control LEDE.

La primera condición, difusión del sonido, se consigue montando elementos RPG (difusores reticulares por fase de reflexión) en las paredes laterales y posterior. El hecho de que exista una zona frontal absorbente, que elimina las reflexiones tempranas, hace que exista un retardo inicial igual al tiempo que tardan las primeras reflexiones en llegar, que depende de la situación de las superficies reflectantes y difusores existentes en el control.

Los RPG laterales permiten que las primeras reflexiones recibidas por el técnico no sean especulares sino difusas y procedentes del lateral. Para ello, debe cuidarse la ubicación de los elementos reflectores en paredes, techo y suelo.

La distribución de ambos tipos de superficies es una elección crítica para conseguir una densidad uniforme en la curva energía-tiempo.

Como se puede ver, a la hora de diseñar una sala de control existe una gran variedad de formas y tendencias. Unas son más usadas por unos y otras por otros, unas están más desfasadas y otras aún por asentarse. También dependerá del uso, por supuesto, que se le vaya a dar al estudio, de los requisitos necesarios y de las limitaciones, ya sean económicas o de espacio. Pero sobre todo dependerá del ingeniero técnico al que se le haya encargado el diseño en si, de la sala de control.

2.4.1.6. Sala de control según Toyoshima

Sobre 1980, en Tokio, Sam Toyoshima estaba diseñando estudios para algunas de las mayores compañías en el ámbito de la grabación sonora, los cuales fueron empezando a ser conocidos en Europa y Estados Unidos. En 1986 presento un diseño de una sala de control, en el que afirmaba que una sala de control debería ser construida con una parte frontal viva y una parte trasera seca o muerta (al contrario que el sistema LEDE). Concluía que para suprimir ondas estacionaria a bajas frecuencias había que dotar a la sala de una parte trasera completamente absorbente. Si esta parte trasera fuera reflectiva, habría que diseñar esta pared para dotarla de una alta difusión, y para conseguir esta difusión en bajas frecuencias habría que colocar material difusor de un gran espesor, lo que sería prácticamente imposible ya que para 85Hz se necesitarían materiales de 4m de profundidad. Este método es parecido al sistema Non-Environment de Tim Hidley, pero este exponía en su trabajo que el material absorbente de la sala de control debía ser de 1m y 20cm, mientras que Toyoshima exponía utilizar material absorbente de 60cm aproximadamente.

Actualmente, existe una clara división entre ingenieros como Davis, que está a favor de zonas traseras de salas de control vivas, y como Hidley o Toyoshima que optan por una máxima absorción de esta zona. La cuestión estaba en “Live-End, Dead-End” o “Dead-End, Live-End”. Pero en lo que todos están de acuerdo para conseguir unos mejores resultados, es que en las salas de control deberían tener acústica direccionales cuyas propiedades dependan de la posición de la fuente y no un campo generalmente difuso con un tiempo de caída uniforme. Las diferencias de opinión entre cual debería ser la viveza de la parte trasera de la sala continúan hoy en día, y cada teoría tiene sus propios seguidores.

2.5. Materiales acústicos

El éxito en el diseño acústico de cualquier recinto, una vez fijado su volumen y definidas sus formas, radica en primer lugar en la elección de los materiales más adecuados para utilizar como revestimiento del recinto con objeto de obtener unos tiempos de reverberación óptimos acorde a su utilización. Dependiendo de los objetivos acústicos que persigamos, tendremos que utilizar uno u otro material:

2.5.1. Materiales de construcción

Son materiales usados en la construcción de las paredes y techos del recinto, tales como hormigón, ladrillo con diferentes cavidades, madera, yeso, mampostería terrazo, etc. Por regla general son muy rígidos y con porosidad nula, dando lugar a una mínima absorción del sonido. Si bien, desde un punto de vista físico, la disipación de energía en forma de calor, y por tanto la absorción del sonido, se produce en las capas de aire entre cada una de las superficies consideradas.

2.5.2. Materiales absorbentes

La misión de los materiales absorbentes acústicos es evitar la reflexión del sonido que incide sobre ellos. Se utilizan con al menos uno de los siguientes objetivos:

- Reducir el nivel del campo reverberante, en ambientes excesivamente ruidosos.
- Optimizar el tiempo de reverberación según la aplicación a la que se dedique el recinto.
- Eliminar o prevenir la aparición de ecos.

Además, estos materiales, al absorber la energía sonora incidente, mejoran los resultados de los materiales propiamente aislantes. Estos materiales presentan un gran número de canales a través de los cuales la onda sonora puede penetrar. La disipación de energía en forma de calor se produce cuando la onda entra en contacto con las paredes de dichos canales. Cuanto mayor sea el número de canales, mayor será la absorción producida. El correspondiente coeficiente de absorción α es asignado a la superficie del material.

Generalmente, son materiales porosos de estructura fibrosa o granular, constituidos básicamente de lana de vidrio, lana mineral, espuma a base de resina de melamina o espuma de poliuretano.



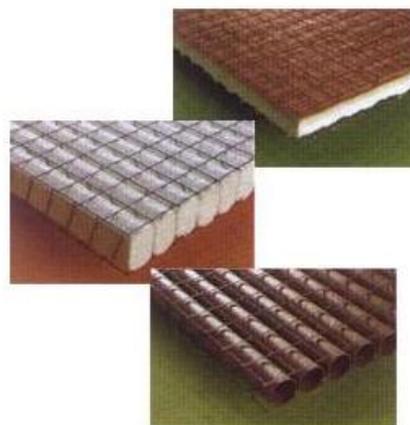
Material absorbente a base de lana de vidrio



Material absorbente a base de lana mineral



Material absorbente a base de espuma de resina de melamina



Material absorbente a base de espuma de poliuretano

Figura 8. Materiales absorbentes

El mecanismo de absorción es el siguiente:

Cuando la onda sonora incide sobre estos materiales, una parte de la energía es reflejada y el resto penetra en su interior, a través de sus poros. Una vez dentro, la presión sonora pone en movimiento las partículas de aire que se encuentran en los espacios huecos del material. Este flujo de aire interno es el responsable de la disipación de la energía sonora en forma de calor, debido al rozamiento con las capas sólidas del material. Cuantas más veces se haga pasar la onda sonora a través de estos materiales, mayor será la atenuación que experimente. Por eso, se suelen colocar sobre las paredes límites del recinto que se pretende acondicionar. Así, la porción de energía que atraviesa completamente el material, es reflejada hacia el mismo por la pared interior, donde nuevamente es absorbida.

La capacidad de absorción de estos materiales porosos se mide por medio del denominado coeficiente de absorción, α , que mide la relación entre la energía absorbida y la incidente. Suelen ser proporcionados por el fabricante de dichos materiales para las 6 bandas de octava: 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz. Y a veces, también para las bandas centradas en 63 y 8000 Hz. según sean nuestras necesidades de absorción, deberemos seleccionar uno u otro material.

Por otra parte, las características de la absorción, no sólo dependerán del coeficiente de absorción del mismo, sino que también dependerán de:

- **La presencia de canales**, a través de los cuales la onda sonora puede penetrar, siendo parte de la energía de la onda reflejada y otra parte absorbida. La disipación de energía en forma de calor se produce cuando la onda entra en contacto con las paredes de dichos canales. Cuanto mayor sea el número de canales mayor será la absorción.
- **El espesor del material**. A mayor grosor mayor absorción. Esto es debido a que la onda debe atravesar un recorrido mayor para atravesar el material. Especialmente incrementa su absorción en frecuencias bajas y medias a medida que el espesor se aproxima a la longitud de onda de frecuencias más bajas, con una longitud de onda mayor.
- **La porosidad**. Al aumentar la porosidad aumenta la absorción en todas las frecuencias.
- **La densidad del material**. Si ésta es baja, existen pocas pérdidas de fricción y la absorción es menor, y aumenta según aumenta la densidad hasta un límite donde la absorción decrece otra vez. Para acondicionamiento acústico es aconsejable que el valor esté aproximadamente entre 40 y 70Kg/m³ y nunca superar 100Kg/m³
- **La distancia a la pared**. Esto es útil para obtener elevados coeficientes de absorción a bajas frecuencias. El mayor coeficiente de absorción se obtiene a una distancia $\lambda/4$ de la pared, pues la amplitud de velocidad de las partículas de aire es máxima. Pero hay que tener en cuenta que podemos perder absorción en altas.
- **La colocación**. Hasta ahora se ha analizado el comportamiento de los materiales absorbentes colocados paralelamente a la pared. Sin embargo, a veces se dispone de poca superficie tratable respecto al grado de absorción que se necesita conseguir. En estos casos, se recurre a colgar del techo paneles de material absorbente. Se aplican, generalmente, en recintos de dimensiones grandes o medias y de ambiente ruidoso: fábricas, comedores, polideportivos, etc.

Finalmente, hay que destacar que todos los materiales absorbentes se deben cubrir con materiales específicos con las siguientes finalidades:

- Para protegerlos de posibles daños externos.
- Para que no suelten sustancias perjudiciales para la salud.
- Por estética.

Sin embargo, siempre debe dejarse la superficie porosa accesible desde el exterior, sino su principal característica (capacidad de absorción) se perdería.

También se pueden encontrar integrados en paneles metálicos y de madera, con diferentes perforaciones y porosidades, de manera que se facilite la colocación, lavado y remplazo, además de protegerlo y aumentar su absorción.

Finalmente cabe destacar el efecto que crean las cortinas en los recintos. La absorción de éstas varía ampliamente, dependiendo de su peso y de la cantidad de pliegues. La absorción se incrementa notablemente en bajas frecuencias separando la cortina algunos centímetros de la pared.

2.5.3. Resonadores

También conocidos como *absorbentes selectivos* y que se utilizan para disminuir la reverberación en determinadas frecuencias. Estos materiales son utilizados para obtener una gran absorción en bajas frecuencias con el objetivo de reducir sustancialmente valores de tiempo de reverberación. Se trata de elementos que presentan una curva de absorción con valor máximo a una determinada frecuencia, que dependerá tanto de las características físicas y geométricas del resonador. Esta frecuencia se denomina frecuencia de resonancia y suele estar situada por debajo de los 500Hz. Pueden utilizarse tanto individualmente como combinado con otro material absorbente.

Básicamente existen los siguientes cuatro tipos de resonadores:

2.5.3.1. De membrana o diafragmático.

Está formado por un panel de un material no poroso y flexible, montado en una pared rígida de forma que quede un espacio de aire entre ellos.

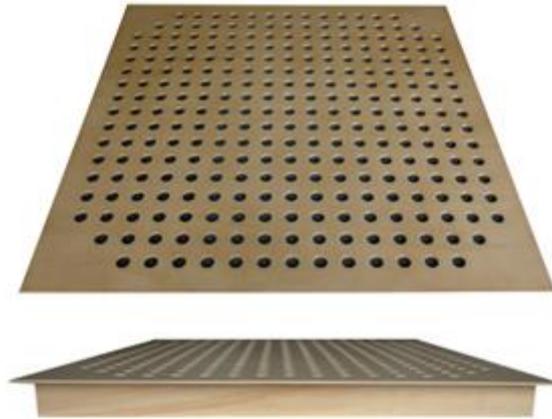


Figura 9. Resonador de membrana

Cuando una onda sonora incide sobre el panel, entra en vibración como respuesta a la excitación producida. Esta vibración, cuya amplitud depende principalmente de la frecuencia del sonido y es máxima a la frecuencia de resonancia, provocando una cierta deformación del panel y la consiguiente energía sonora incidente.

Partiendo de que se cumple que $d \ll \lambda$ siendo d la distancia del panel a la pared rígida, el aire de la cavidad se comporta como un muelle, cuya rigidez aumenta a medida que el volumen de la misma disminuye. Dicha rigidez del aire junto con la masa del panel constituyen un sistema resonante que presenta un pico de absorción a la frecuencia de resonancia.

2.5.3.2. Simple de cavidad (Helmholtz)

Está formado por una cavidad cerrada de aire conectada a la sala a través de una abertura o cuello. El aire del cuello se comporta como una masa, mientras que el aire de la cavidad se comporta como un muelle, constituyendo el elemento de rigidez. De forma análoga al resonador de membrana, da lugar a un sistema resonante que presenta un pico de absorción a la frecuencia de resonancia. Su comportamiento es muy selectivo, presentando gran absorción a la frecuencia de resonancia. Se puede rellenar la cavidad de aire con material absorbente como lana de vidrio para conseguir absorción en el resto de frecuencias.

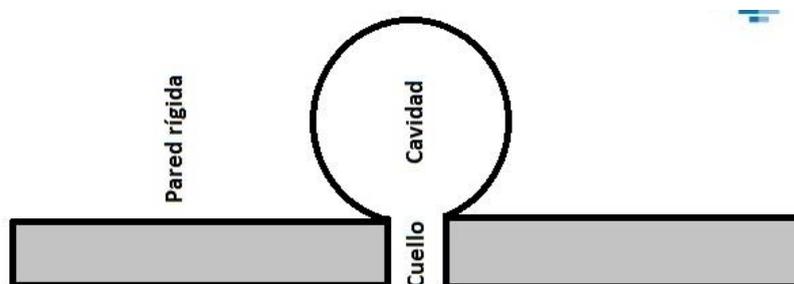


Figura 9. Resonador de simple cavidad

Estos resonadores se usan agrupados, y suelen utilizarse para eliminar los modos propios más significativos existentes en salas pequeñas, como locutorios o estudios de grabación, causantes del efecto de coloración.

2.5.3.3. Múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de paneles perforados o granulados.

Está formado por un panel de un material no poroso y rígido de un cierto espesor, en el que se han realizado una serie de perforaciones circulares o ranuras, montado a una cierta distancia de una pared rígida, a fin de dejar una cavidad cerrada de aire entre ambas superficies.

Un resonador múltiple puede ser considerado como un resonador de membrana, donde la masa del panel ha sido sustituida por el aire contenido en cada una de las perforaciones, o como un conjunto de resonadores simples de Helmholtz que comparten una misma cavidad.

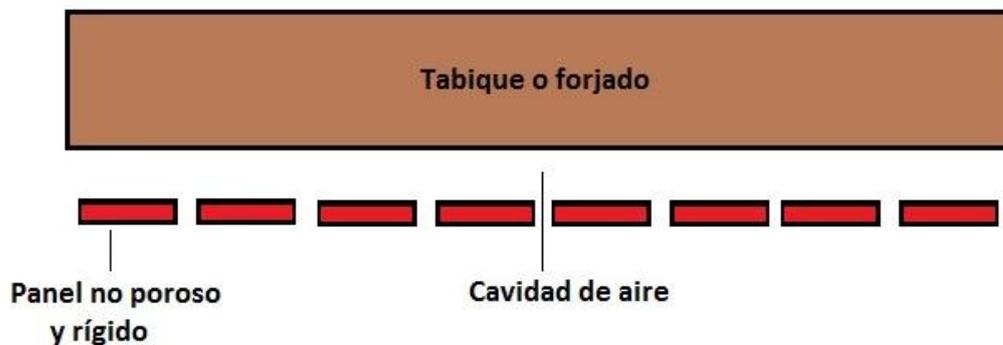


Figura 10. Resonador de múltiple cavidad

Podemos encontrar estos tipos de materiales en dos formatos, panel perforado (perforaciones circulares distribuidas uniformemente) y panel ranurado (ranuras también distribuidas uniformemente).

Este resonador es menos selectivo que los resonadores simples, y al igual que ellos, se puede aumentar su absorción colocando material absorbente dentro de la cavidad. En ese caso la absorción dependerá de donde se coloque exactamente el material absorbente. Colocándolo inmediatamente detrás del panel perforado se obtendrá una absorción menos selectiva que si se colocará en la pared fija, donde se conseguiría una absorción muy selectiva.

Se pueden variar sus atributos de tres maneras:

- Rompiendo la uniformidad de las perforaciones y ranuras, por lo que la masa contenida en cada orificio deja de ser constante.
- Variando la distancia del panel a la pared, pudiendo colocarlo con una inclinación determinada, variando la rigidez del aire.
- Aumentando el porcentaje de perforaciones. Con el 100% del perforado deja de existir resonador. Una menor perforación supone una absorción selectiva, mientras que aumentándola crece la absorción en frecuencias medias y altas, y menos selectiva.

2.5.3.4. Múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de listones.

Está formado por un conjunto de listones de un espesor determinado equiespaciados y montados a una cierta distancia de una pared rígida con objeto básico de este tipo de resonador. Es parecido al resonador múltiple a base de paneles, pero en este caso la masa que se debe considerar es el aire contenido entre los listones. Estos resonadores tienen una respuesta muy parecida a la de los resonadores múltiples a base de paneles cuando los combinamos con material absorbente dentro de la cavidad.

2.5.4. Reflectores

Los materiales reflectores son utilizados para dirigir reflexiones de ondas haciendo de amplificador en lugares concretos de la sala. Este tipo de material es usado normalmente en salas destinadas a la palabra (teatros y salas de conferencias sin sistema de megafonía) y música no amplificada (conciertos de música sinfónica), para aumentar el número de primeras reflexiones enfocadas hacia el público.

2.5.5. Difusores

Son materiales diseñados para dispersar, de forma uniforme y en múltiples direcciones, la energía sonora que incide sobre ellos. Se utilizan para conseguir una difusión del sonido más uniforme.

Los elementos difusores evitan que las ondas sonoras se agrupen para evitar modos propios o nulos en el recinto, haciendo que la energía se eleve y este distribuida uniformemente por la sala. Una buena difusión puede hacer que una sala pequeña parezca grande, y una grande, aun más grande. Las caras irregulares de estos elementos y sus diferentes ángulos de difusión, reflejan en diferentes direcciones específicas las ondas sonoras. Estos materiales correctamente seleccionados y colocados pueden dotar a una sala del ambiente acústico deseado para el trabajo que se vaya a realizar en ella.

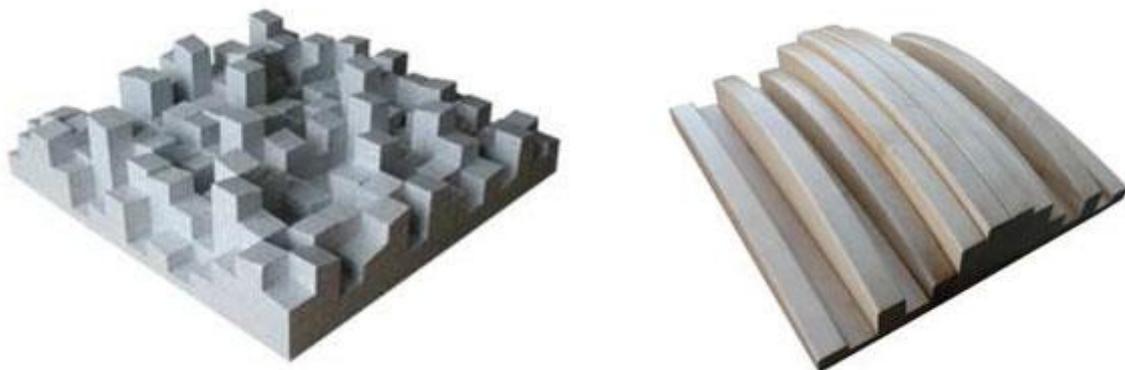


Figura 11. Materiales difusores

Existen varias clases de difusores en el mercado, entre los más representativos estás:

2.5.5.1. Difusores policilíndricos

Consisten en un conjunto de superficies lisas de forma convexa, dispuestas secuencialmente y con un radio de curvatura aproximado menor a 5m, lo que hace que actúe como difusor, y no reflector, con una mayor zona de cobertura. Habitualmente el material utilizado para su construcción es la madera.

2.5.5.2. Difusores de Schroeder

Además de superficies irregulares y difusores policilíndricos, existen elementos que habitualmente se colocan delante de las superficies límite de la sala (paredes o techo) diseñados específicamente para actuar como superficies difusoras en un determinado margen de frecuencias. Todos ellos tienen su origen en la teoría de números desarrollada por Manfred R. Schroeder, y se basan en distintas secuencias matemáticas previamente fijadas. Se denominan RPG “Reflection Phase Grating”, y los tres tipos más relevantes son:

2.5.5.2.1. MLS “Maximum Length Sequence”

Basados en unas secuencias pseudoaleatorias periódicas, denominadas de longitud máxima o de Galois, que solo pueden coger los valores de 1 y -1.

Consiste en una superficie dentada. Partiendo de una superficie reflectante y lisa se subdivide en tramos de igual anchura y creando sobre la misma ranuras de igual profundidad. A cada tramo se le asigna el valor de la secuencia pseudoaleatoria del siguiente modo:

- Si el valor es -1, tramo inalterado.
- Si el valor es 1, se crea una ranura en el tramo correspondiente.

La anchura de cada tramo debe ser $\lambda/2$ y la profundidad de cada ranura $\lambda/4$, donde λ es la longitud de onda de la onda correspondiente a la frecuencia de diseño del difusor. Hay que tener en cuenta que el margen de frecuencias para la difusión óptima es únicamente del orden de una octava.

En la práctica los difusores MLD son poco utilizados, además de tener menor absorción que los QRD y PRD, por lo que no varían tanto el tiempo de reverberación de las salas.

2.5.5.2.2. QRD “Quadratic-Residue Diffusor”

La distribución de las ranuras de estos difusores es periódica. Existen dos tipos de difusores de residuo cuadrático, los unidimensionales y los bidimensionales.

- **Unidimensionales QRD.** Son los más utilizados a nivel práctico. Consisten en una serie de ranuras paralelas de forma rectangular, de igual anchura y de diferente profundidad. La profundidad de cada ranura se obtiene a partir de una secuencia matemática prefijada dando lugar a estructuras repetitivas (periódicas) que producen, en un determinado margen de frecuencias, una dispersión o difusión del sonido incidente en planos perpendiculares a dichas ranuras. En la práctica el margen útil de

frecuencias queda restringido aproximadamente a tres octavas, para el resto el resto se comporta como una superficie plana.

- **Bidimensionales QRD.** Aparecen como generalización de los unidimensionales con el objetivo de obtener una óptima difusión del sonido incidente en todas las direcciones del espacio. Los ángulos de difusión indican direcciones de máxima energía localizadas sobre una semisuperficie esférica. Las expresiones a utilizar en su diseño son iguales que para los difusores unidimensionales salvo para la profundidad de los agujeros.

2.5.5.2.3. PRD “Primitive-Root Diffusor”

Son análogos a los difusores unidimensionales QRD, con la única salvedad de que la profundidad de cada ranura se obtiene con otra secuencia generadora distinta. A diferencia de los difusores QRD no existe simetría dentro de cada periodo. Y a pesar de que sus propiedades son muy parecidas, la energía asociada a la especular es muy baja, con lo que se hacen muy útiles para cancelaciones de eco, aunque son muy poco utilizados en la práctica.

2.5.6. Aislantes acústicos

La función de los aislantes acústicos es reflejar la mayor parte de la energía que reciben. Deben ser materiales pesados, flexibles y continuos, para poder obtener el máximo rendimiento de su peso. Se utilizan para evitar el paso de ruido y vibraciones entre ambientes distintos.

Suelen estar contruidos con distintos productos como caucho y sustratos de caucho, que los dotan de una gran amortiguación frente a vibraciones. También existen productos fabricados con los mismos materiales que los elementos absorbentes como fibra de poliéster e incluso láminas base de plomo. También se pueden encontrar como láminas anti-vibratorias para cubrir superficies vibrantes.

2.5.7. Puertas y visores

Son los elementos necesarios para completar un aislamiento acústico. Estos materiales son de gran importancia, ya que en un estudio de grabación de música, estos elementos son los que más pérdidas producen, debiendo aislarlos especialmente para que no actúen como puentes acústicos.

Las empresas de acústica profesional ofrecen gran variedad de modelos, en lo que se refiere a puertas, tanto en tamaño, color, formato, accesorios y lo más importante, aislamiento. Las puertas acústicas están rellenas por material fonoabsorbente, dependiendo del cual tendrá un mayor o menor aislamiento. El fabricante dará ese dato como aislamiento acústico total en dB. El tipo de cierre influirá también en el aislamiento final. Para acabar, otra característica importante es su resistencia al fuego, debiendo cumplir la legislación.

En referencia a visores, el fabricante también dará el valor de aislamiento medio en dB. Además los visores suelen proporcionarse en diferentes grosores, con un cerco metálico y perfiles amortiguadores de goma.

2.5.8. Silenciadores

Los silenciadores son elementos que se intercalan en los conductos por donde fluye un gas (sistemas de climatización y ventilación). Su misión es la de reducir al máximo el ruido transmitido.

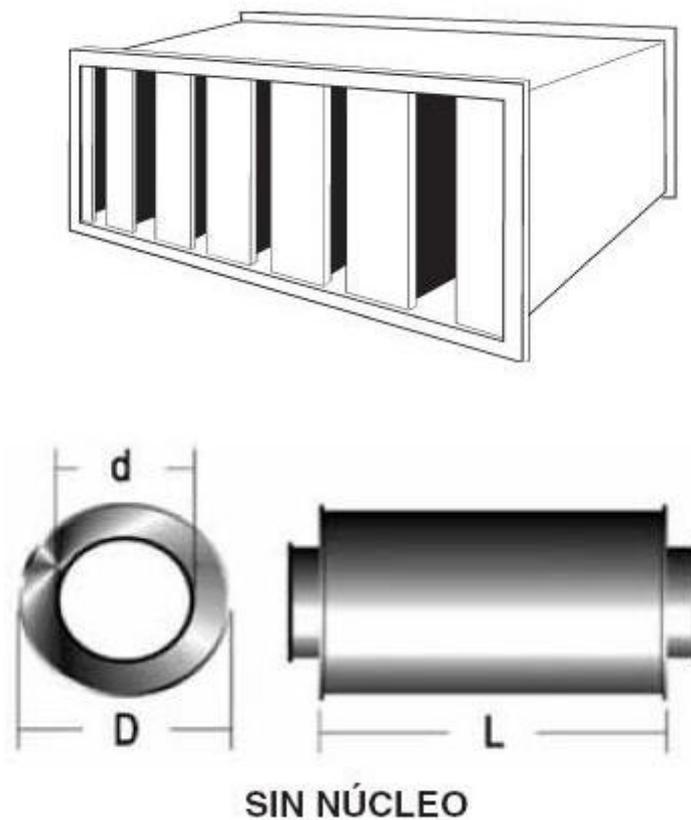


Figura 12. Tipos de silenciadores

Un silenciador debe escogerse siguiendo los siguientes criterios:

- La atenuación acústica debe ser la mayor posible no sólo a nivel global, sino también espectralmente.
- Dependiendo de la velocidad del gas, se exigirán unas condiciones aerodinámicas especiales.
- Los materiales que componen el silenciador, vendrán determinados por la temperatura y la presión del gas. La durabilidad del conjunto dependerá de la calidad del material seleccionado.
- La geometría y dimensiones del silenciador vendrán determinadas en cada caso por el espacio disponible, el caudal y la pérdida de carga.

2.5.9. Materiales acústicos para suelos

Estos materiales son elementos especiales para el recubrimiento de la superficie del suelo. En el mercado se pueden encontrar en una gran variedad de estos materiales al igual que para el caso de los techos. En este grupo podemos encontrar cualquier tipo de suelo que deseemos, teniendo en cuenta que no queremos que el suelo refleje demasiada energía sonora, por lo cual suelos de madera, parquet, suelo flotantes, van a ser de mucha ayuda para un buen aislamiento y acondicionamiento de la sala.

Otros materiales adicionales son alfombras y moquetas. Presentan una buena absorción en función de su porosidad, aunque dependerán de un cierto número de factores más, como la altura del pelo, peso, tipo de apoyo, espesor y material de forro. En la mayoría de las alfombras la absorción crece con la frecuencia, alcanzando valores elevados en la zona de altas frecuencias.

2.5.10. Mobiliario

El mobiliario así como las personas pueden añadir un incremento en la absorción o reflexión en una sala. Por ello su elección debe ser cuidadosa y saber dónde estarán colocados para poder prevenir efectos indeseados en el acondicionamiento final. Estos materiales son sillones, silla, consola, racks, monitores, etc.

Existen algunos elementos acústicos más en el mercado, tales como soportes elásticos, cerramientos y barreras, techos suspendidos, etc, pero son utilizados principalmente en áreas industriales donde existen grandes máquinas que generan un elevado ruido y vibraciones, y los recintos son grandes áreas donde el trabajo de aislamiento y acondicionamiento difiere un poco del que estoy tratando en este proyecto, con recintos de áreas más limitadas y pequeñas.

2.6. Sistemas electro – acústicos

Actualmente el mercado de la producción de contenidos digitales está extendiéndose a pasos agigantados por lo que a la hora de hacer la elección de los equipos electro - acústicos que estarán disponibles en cada una de las salas del laboratorio deben ser capaces de asegurar una buena respuesta tanto sonora como visual de cada una de las salas. A la hora de hacer la elección de este tipo de equipos tenemos que tener en cuenta por un lado el espacio físico y por otro el presupuesto disponible.

Hoy en día con el desarrollo de la tecnología digital se hace inimaginable pensar en un laboratorio de producción de contenidos digitales sin un ordenador (estación de trabajo) y los equipos digitales necesarios que facilitan el registro y el envío de datos así como la interconectividad entre cada una de las salas.

Los elementos básicos que harán que cada una de nuestras salas responda a las necesidades básicas de la actividad que se va a generar en ella son los detallados a continuación. Destacar que los equipos que se van a detallar a continuación, harán que la actividad que se genere en cada una de las salas sea la actividad básica esperada para la cual está destinada dicha sala. En el mercado audiovisual existen una amplia gama de equipos que podrán ser adquiridos posteriormente y que optimizarán el trabajo de cada una de estas salas.

Estos equipos podrían ser preamplificadores, ecualizadores, compresores, limitadores, puertas de ruidos, expansores, grabadores, prompter...

2.6.1. Set de grabación

Los elementos básicos con los que debe contar un set de grabación son:

- Cámaras
- Micrófonos
- Sistema de iluminación

2.6.1.1. Cámaras de vídeo

Gracias a la evolución de las cámaras de vídeo, el número de dispositivos que permiten realizar una grabación de vídeo es casi 'ilimitado'. Los distintos tipos de cámaras de video existentes en el mercado disponen de todo tipo de presupuesto, formas y tamaños teniendo en cuenta que la elección que debemos realizar debe permitir que el acabado de nuestra grabación sea completamente profesional con la calidad suficiente para su emisión en distintos medios digitales. A la hora de elegir la cámara más adecuada hay que pensar el tipo de vídeo que se quiere hacer y bajo qué situaciones se va a realizar dicha grabación. Normalmente hay que buscar un equilibrio entre la calidad de la cámara, las prestaciones que ofrece y el precio que tiene.

Antes de realizar la elección de las distintas cámaras para el set de grabación del laboratorio de contenidos digitales, debemos tener en cuenta los siguientes aspectos en una cámara dependiendo del tipo de vídeos que se vayan a hacer:

- **Resolución:** La calidad de una cámara está siempre asociada a la resolución de las imágenes obtenidas y el estándar es una resolución HD 1920x1080p. Destacar que la calidad global estará determinada por el conjunto total de los parámetros de la cámara. Se entiende como resolución de una cámara como el número de líneas horizontales y verticales con lo que se define una imagen por lo que cuanto mayor sea esta resolución, mayor será la información que vamos a tener de una determinada imagen.
- **Codificación de vídeo:** Todos los dispositivos en el mercado codificarán el vídeo de una u otra forma para ahorrar espacio. Lo común será encontrarnos con una compresión MPEG-4 y seguramente incluso con el códec h.264, esto a nosotros como usuarios nos afecta a la hora de emplear un editor de vídeo, ya que si el códec es propietario de alguna marca concreta puede que tengamos problemas.
- **Velocidad de fotograma:** La velocidad de fotograma es el número de imágenes capturadas por un dispositivo en un segundo. Se expresa como XX fps (fotogramas por segundo). La velocidad de las videocámaras no sólo depende del dispositivo de que se trate, sino del país en el que se haya adquirido. En América del Norte y del Sur, Corea y Japón (NTSC), la velocidad de fotograma es de 29.97 fps mientras que en Europa, China y el resto del mundo (PAL), la velocidad de fotograma es de 25 fps.

- **Buen sistema de enfoque y seguimiento** (p.e. detección de cara / ojos para mantener la cara del sujeto enfocada)
- **Entrada de micrófono externo.** A la hora de grabar un vídeo es tan importante la calidad de la imagen como la calidad del audio. El micrófono interno de la cámara posiblemente recoja los ruidos que genere la propia cámara por lo que para evitar estos problemas lo ideal es conseguir que el micrófono esté lo más cerca de la fuente que emite el sonido. Si vamos a hacer una entrevista (o hablamos nosotros mismos) lo más adecuado será por ejemplo un micrófono de corbata (Lavalier) o un micrófono de mano o de pie situado lo más cerca posible. Si vamos a grabar una escena en la que no podemos acercar un micrófono intentaremos usar un micrófono externo, por ejemplo direccional, que aisle los posibles ruidos generados por la cámara y el entorno.
- **Estilo de imagen: vídeo vs cine.** Esta característica puede ser importante a la hora de elegir una cámara de vídeo u otra. Las videocámaras de consumo y en general las cámaras con sensor pequeño ofrecen una imagen más plana, con poco contraste, con mucha profundidad de campo, etc. prácticamente toda la escena está en foco. El estilo de imagen suele ser el típico de “vídeo” o televisión. Las cámaras con sensor grande (réflex, mirrorless, videocámaras semiprofesionales y profesionales) pueden ofrecer una imagen más artística, más cinematográfica. Pueden jugar con la profundidad de campo (fondos desenfocados), los perfiles de imagen, etc. Aunque no es todo blanco o negro, se suele distinguir muy bien una producción que parece “vídeo” de una producción que parece “cine”. Dependiendo de cada caso puede interesar un estilo u otro, aunque el estilo cine suele ser más atractivo. También hay que tener en cuenta que el estilo cinematográfico puede ser un poco más difícil de trabajar, tanto en fase de grabación como en fase de edición.

2.6.1.1.1. Tipos de cámaras de vídeo

- **Webcam:** No es lo habitual ni es lo recomendable pero en algunos casos podemos plantearnos el uso de una webcam como fuente de vídeo. Una webcam no es un dispositivo de grabación como tal, ya que la grabación la realiza (generalmente) el pc a la que está conectada la webcam pero si uniendo ambas cosas obtenemos una grabación de calidad, podría ser considerada como fuente de video válida.
- **Cámaras compactas (handycam):** las cámaras compactas, también conocidas como handycam, ofrecen prestaciones similares a lo que puede conseguirse con una cámara profesional. normalmente incorporan chips de procesamiento de imágenes más pequeños. Las imágenes de las cámaras de vídeo este tipo no son tan buenas en cuanto a calidad como las imágenes de una cámara profesional. Otra característica de este tipo de cámaras es que son más pequeñas y fáciles de operar, y la mayoría de ellas son completamente automáticas. Pero los usuarios aún tienen la posibilidad de ajustar manualmente otros ajustes como niveles de exposición de audio, enfoque y balance de blancos, entre otros. A diferencia de sus contrapartes profesionales, estas cámaras no suelen tener extensiones que les permitan conectar entradas de audio adicionales para equipos de sonido profesionales, y todas ellas tienen lentes fijos como una tecnología digital desfasada.



Figura 13. Cámara Panasonic Handycam

- **Cámaras semi - profesionales:** Este grupo de cámaras rozan la barrera profesional pero no llegan a serlo. Son cámaras con factores de forma más pequeños que las cámaras más grandes, y que normalmente van montadas en los hombros para producción de televisión con bajo presupuesto. Sin embargo, este tipo de cámaras incorporan suficientes características para garantizar una calidad de imagen profesional y son suficientes para prácticamente cualquier trabajo. A pesar del posible alto precio que puedan tener este tipo de cámaras y el tipo de tecnología utilizada en su fabricación, todavía incluyen controles de audio e imagen manuales y la mayoría de ellas tienen entradas de audio externas. Este tipo de cámaras ofrecen chips de procesamiento de imágenes más grandes, lentes intercambiables, además de la posibilidad de codificación de tiempo de entradas y salidas en casos de cámaras múltiples.



Figura 14. Cámara semi profesional

- **Cámaras de “súper chip”:** este tipo de cámaras están caracterizadas por tres factores distintos y son los siguientes: las cámaras de súper chip incorporan chips de procesamiento de imágenes que son más grandes que las cámaras tradicionales. Los chips de procesamiento de imágenes en estas cámaras son 2 o 3 veces más grandes que en las cámaras de vídeo pro tradicionales. El segundo factor que distingue a estas cámaras es el hecho de que incorporan lentes intercambiables. El tercer factor de distintivo es el precio de este tipo de cámara. Algunos ejemplos de cámara de super chips incluyen algunos modelos de Sony, Cannon Compact y la poderosa cámara Panasonic F100. Estas cámaras tienen la capacidad de hacer todo lo que puede hacer un programa tradicional, con la ventaja añadida de lograr las mismas tareas a precios más asequibles. También son ideales para transmisión y cinematografía independiente de alta definición.



Figura 15. Cámara Sony

Finalmente cabe destacar que debido al tipo de contenidos que se van a generar en el set de grabación y el alto precio de los siguientes tipos de cámaras, éstos no serán considerados. Este tipo de cámaras son cámaras tipo broadcast y cámaras destinadas a la producción de cine.

2.6.1.2. Sistemas de microfonía

Aunque las cámaras poseen ya micrófonos internos, siempre es mucho mejor utilizar micrófonos externos, localizados en los emplazamientos pertinentes según la naturaleza del evento que se vaya a grabar, y eligiendo también el tipo de micro para lograr la máxima claridad en el audio.

El primer requisito para la elección de los micros será la calidad. Siendo ya un estándar en cualquier producción media y profesional del entorno audiovisual, se utilizarán micrófonos con conexión XLR (también llamada habitualmente Cannon), puesto que estos tienen una conexión balanceada que elimina el ruido electromagnético que pudiese contaminar la señal de interés.

Históricamente los dos tipos de micrófonos más empleados en un set de grabación (plató) han sido:

- **Micrófono de solapa (lavalier)** con petaca alimentadora. Este es el tipo de micrófono que más se utiliza en Televisión, resulta ideal tanto por su pequeño tamaño y su manejo manos libres, como por la comodidad que le ofrece al usuario, quien, una vez que le ha sido colocado, no tiene que preocuparse demasiado por él. Su tamaño y forma discretos le hacen parecer más un adorno que un dispositivo técnico y precisamente este es uno de sus problemas ya que es más susceptible de recibir golpes o soplidos. Registra muy bien la voz cercana pero es sensible, a pesar de ser omnidireccional, a los giros de cabeza y demás variaciones debido al corto alcance que posee. Por ello, este micrófono debe colocarse en el lado hacia donde vaya a mirar generalmente su portador. Una variante de este micrófono es el **tipo diadema** que posee la misma cápsula, pero la sujeción se realiza con una especie de diadema que rodea la cabeza del portador y lo fija a una distancia concreta de la boca, normalizando su recepción.



Figura 16. Micrófono de solapa

- **Micrófono de mano**, para escenarios de *tipo concierto* o como *micrófono inalámbrico/de público*. Este micrófono se utiliza cuando el usuario se desplaza por el escenario mientras habla o interactúa con los demás participantes o invitados, o bien para realizar entrevistas breves. Es más utilizado para producciones en locación (exteriores) donde el reportero realiza entrevistas o se requiere mayor movilidad en ese entorno. Por ello, es importante que sepa manejarlo adecuadamente, manteniéndolo siempre en la dirección y distancia correcta: 10-15 centímetros debajo de la boca.



Figura 17. Micrófono de mano

Además de los micrófonos anteriormente mencionados, actualmente podemos encontrar:

- **Micrófono de ambiente**, para captación de sonido ambiente en general. Omnidireccional. Opcionalmente, uno unidireccional para captar fuentes puntuales de sonido



Figura 18. Micrófono de ambiente

- **Micrófono de instrumentos.** Respuesta plana en todo el rango frecuencial. Son aquellos micrófonos destinados a grabar el sonido procedente de los instrumentos musicales.



Figura 19. Micrófono de instrumentos

2.6.2. Estudio de locución: micrófonos

El elemento básico con el que debe contar cualquier estudio de locución es el micrófono. Actualmente los estudios de grabación cuentan con una amplia variedad de micrófonos, cada uno de ellos diseñado para una función específica. A continuación se van a detallar las características y particularidades de cada uno de ellos.

- **Micrófonos de Condensador de Diafragma Pequeño**

Los micrófonos de condensador de membrana o diafragma pequeño están especializados en grabar instrumentos ricos en frecuencias altas, tales como los platillos y la guitarra acústica. De la misma forma que los micrófonos de condensador de membrana grande utilizan un diafragma más pequeño que los micrófonos dinámicos, los micrófonos de condensador de membrana pequeña utilizan un diafragma aún más pequeño.



Figura 20. Micrófono pequeño de condensador.

- **Micrófonos Dinámicos**

Los micrófonos dinámicos son relativamente más duros y resistentes al maltrato físico y al abuso de altos niveles de presión sonora. Los micrófonos dinámicos tienen peor respuesta en las frecuencias altas y dado que su sensibilidad es menor no se recomienda utilizarlos cuando el sonido a captar se encuentra a una cierta distancia del micrófono, pero lo hacen muy bien cuando la fuente de sonido está muy cerca del micrófono. Esta cualidad hace que los micrófonos dinámicos sean los más apropiados para captar los sonidos del bombo de la batería, la caja de la batería, los timbales de la batería y los amplificadores de guitarra y bajo.



Figura 21. Micrófono de mano

- **Micrófonos para Bajo**

Aunque el micrófono dinámico normal funcione en instrumentos graves, el micrófono ideal para este tipo de instrumentos es como su nombre indica el micrófono para bajo o micrófono para bombo. Estos micrófonos ofrecen una respuesta en frecuencias única, caracterizada por:

- Potenciar los graves
- Un aumento en la presencia alrededor de los 4 kHz

En bombos, captan tanto los golpes graves como el ataque de la maza. Cabe destacar que funcionan bien en bien en amplificadores de bajo, y en casi cualquier otro instrumento de frecuencias bajas.

- **Micrófonos de Cinta**

Los micrófonos de cinta son los únicos que no son ni dinámicos ni de condensador. Tienen su propia categoría especial, porque en lugar de utilizar un diafragma, usan una fina cinta de aluminio para captar el sonido. Otras de las características destacables de estos micrófonos incluyen:

- Durabilidad en comparación con los micrófonos dinámicos
- Sensibilidad a las altas frecuencias en comparación con los micrófonos de condensador
- Un patrón polar bidireccional estándar

Aunque son muy cotizados por los profesionales debido a su sonido único, su alto precio hace que sea raro verlos en los estudios ‘caseros’



Figura 22. Micrófono de cinta

- **Micrófonos Multipatrón**

Normalmente se encuentran entre los micrófonos de condensador de membrana grande. Los micrófonos multipatrón ofrecen un diseño de cápsula doble único que permite alternar entre los 3 patrones polares más comunes:

- Cardioide
- Omnidireccional
- Bidireccional o en forma de 8

Esto los convierte en herramientas muy versátiles, especialmente para grabar en estéreo.



Figura 23. Micrófono multipatrón

▪ **Micrófonos USB**

Los micrófonos USB se conectan directamente al portátil, sin necesidad de ningún otro equipo



Figura 24. Micrófono USB

▪ **Micrófonos de Superficie**

Los micrófonos de superficie (también llamados micrófonos MZP o Micrófonos de Zona de Presión) son una herramienta esencial en su arsenal de grabación. En vez de utilizar un soporte de micrófono, los micrófonos de superficie se montan sobre una superficie plana en la habitación, como el suelo o lo pared.

Fuera del estudio, se utilizan en:

- Salas de conferencias: colocándolos sobre la mesa.
- Actuaciones teatrales: colocándolos sobre el escenario.

Dentro del estudio, se usan como:

- Micrófonos de cabina: colocándolos en la pared.
- Micrófonos para bombo: colocándolos dentro del armazón.



Figura 25. Micrófono de superficie

- **Micrófonos de Cañón**

Este tipo de micrófonos no se suelen usar en estudios de grabación pero normalmente se ven tanto en películas como en la televisión. Son usados para trabajar en el exterior y cubrir por ejemplo noticias o realizar documentales. Estos micrófonos son conocidos por su habilidad única para aislar el sonido. Lo hacen utilizando un diseño conocido como tubo de interferencia, que lleva una serie de ranuras diseñadas para repeler el ruido fuera de eje. Cuanto más largo sea el tubo, menor es el ángulo de cobertura. Utilizando estos micrófonos, puedes grabar más alejado de la fuente del sonido, en entornos mucho más ruidosos.



Figura 26. Micrófono de Cañón

2.6.3. Estudio de sonido

La mayoría de los estudios de sonido centralizan la producción musical a través del ordenador. Con el avance de la tecnología, hay una tendencia cada vez mayor de abandonar los equipos analógicos para pasar a lo digital. Por lo tanto, todo lo que queramos grabar debe poder ser procesado por el ordenador y por el software de producción. Los elementos básicos que deben encontrarse en un estudio básico de sonido son los que se listan a continuación:

2.6.3.1. Ordenador

Hoy en día los estudios de sonido tienden a ser digitales por lo que uno de los elementos clave que necesitamos tener nuestro estudio de sonido es un ordenador personal. Cabe destacar que existen infinidad de ordenadores pero atendiendo a factores como el presupuesto, la capacidad de procesamiento y la portabilidad la elección puede ser una u otra. Además antes de realizar la elección de un ordenador u otro debemos tener claro para qué queremos realmente el ordenador.

Por lo tanto las características que debemos tener en cuenta a la hora de elegir un tipo de ordenador u otro son:

- **Memoria RAM:** tal y como sabemos la memoria RAM es la que permite acceder a cierta información cargada en el sistema si estar constantemente comunicándose con el disco duro, por eso es ideal y aconsejable que el ordenador a elegir tenga la mayor cantidad de memoria RAM posible (bien instalada o bien a instalar).
- **Procesador:** Un buen procesador hará que el equipo elegido, combinado con una buena cantidad de memoria RAM, vaya muy fluido dando la sensación que las cosas se hacen a gran velocidad.
- **Almacenamiento interno:** El disco duro del ordenador debe ser grande, para poder tener dos particiones (poder partir el disco como si tuvieras dos discos), y así separar los programas y sistema operativo en una partición, y todos tus proyectos de producción musical, tus librerías de samplers, etc.en otra partición. Lo más habitual hoy en día es tener un disco de al menos 1TB, teniendo en cuenta que el tipo de disco duro que debemos elegir es el denominado SSD ya que su velocidad de lectura y escritura es muchísimo más alta que los discos convencionales.
- **Conexiones:** las tarjetas de sonido externas que existen hoy en día se conectan via USB o FIREWIRE, por lo que a la hora de elegir nuestro equipo será conveniente elegir la conexión de nuestra tarjeta de sonido para evitar tener que estar haciendo conversiones de conectores ya que a la larga pueden provocar fallos.

2.6.3.2. DAW

La estación de trabajo de audio digital o DAW es un programa para la edición, grabación, mezcla y de archivos de sonidos o audio digital. A la hora de elegir un programa DAW u otro, debemos tener en cuenta las siguientes características:

- **El presupuesto manejado.**
- **El sistema que utiliza:** Ya que la mayoría de programas tienen versiones en las plataformas más populares, otros DAW solo funcionan en algunas plataformas. Si ya disponemos del sistema en la que funciona el programa no tendrá ningún problema.
- **Calidad de música desea crear:**
- Actualmente los DAW más utilizados son:
 - Pro Tools
 - FL Studio 12
 - Sonar Home Studio
 - Reaper

2.6.3.3. Interfaz de Audio/Mesa de audio

La función principal de una interfaz de audio es la de permitir grabar (digitalizar) y reproducir audio con la calidad necesaria para abordar producciones de profesionales de pretensiones medio-altas.

Entendemos digitalizar como el proceso de convertir el audio analógico, capturado a través de micrófonos u otros elementos eléctricos, en audio digital que es el único formato que puede ser almacenado en memorias y/o discos duros.

Hoy en día existen una gran variedad de interfaces de audio por lo que debemos tener en cuenta las siguientes características a la hora de elegir un tipo de interfaz de audio u otra.

- **Entradas y salidas**

Se necesitarán tantas entradas como salidas se quieran grabar simultáneamente y esto básicamente dependerá de la forma en la que se grabe. Existen dos métodos principales de grabación:

Grabación por pistas: A día de hoy, hay mucha gente que graba por pistas, es decir, grabas primero una pista (ej. batería), luego sobre esa pista grabas la siguiente (ej. el bajo) y así sucesivamente hasta completar el tema. También podría llamarse grabación por capas. La técnica consiste en ir sumando capas hasta tener el resultado definitivo. Por lo tanto, si la grabación se realiza por pistas será suficiente con tener una interfaz de audio con una sola entrada.

Grabación en directo: a diferencia de la grabación por pistas, para grabar en directo se necesitarán tantas entradas como líneas de sonido haya a la vez. Por ejemplo, si quieres grabar a un grupo de 4 personas simultáneamente tocando en directo, necesitarás tantas entradas como sonidos quieras grabar: varias entradas para las voces y otras muchas para los instrumentos.

El siguiente punto que hay que valorar es el tipo de entrada y/o salida. En términos generales, existen dos tipos de entradas:

Entrada de línea: este tipo de entradas sirven para conectar instrumentos como bajos y guitarras eléctricas.

Entrada de micrófono: como su propio nombre indica, sirve para conectar micrófonos. Sin embargo, debemos tener en cuenta que los micrófonos de condensador requieren una potencia diferente para funcionar (48v). La mayoría de las interfaces de audio ya llevan incorporados un botón para activar los 48v de potencia para cuando quieras conectar tu micro de condensador.

Destacar que a día de hoy, las interfaces de audio incorporan entradas híbridas que permiten conectar tanto instrumentos como micrófonos.

Otro factor a tener muy en cuenta son las salidas de auriculares. Hoy en día prácticamente todas las interfaces de sonido incorporan una salida de auriculares. Es una característica fundamental para poder intercambiar de una forma sencilla entre escuchar tus producciones a través de los monitores y de los auriculares.

- **Conexión**

Existen 3 tipos de conexiones:

USB: es la más usada actualmente, sobre todo en las interfaces de calidad media. Aunque no es la conexión más rápida de las existentes, es muy buena opción para home studios, sobre todo por su fácil conexión a los

ordenadores (todos los ordenadores del mercado llevan incorporados puertos USB). Además, con la llegada de USB 2.0 y USB 3.0, la velocidad ha aumentado considerablemente, haciendo que la conexión USB sea la preferida tanto por fabricantes como por usuarios.

Firewire: es una conexión sobre todo presente en ordenadores Apple. En ordenadores PCs no es habitual que venga integrada, pero puede incorporarse añadiendo una tarjeta con conexión firewire. Antiguamente las conexiones firewire solían ser más rápidas que las USB, pero a día de hoy, la conexión USB no tiene nada que envidiarle a la firewire, consiguiendo proporcionar la misma velocidad.

Thunderbolt: es la conexión más rápida del mercado, pero muy poco frecuente en ordenadores normales. Normalmente solo las interfaces de audio de mayor calidad (y por lo tanto, mayor precio) incorporan conexión thunderbolt.

- **Previos**

Los previos son probablemente el elemento más importante de las interfaces de audio, ya que determinan la calidad de una grabación. El objetivo es buscar una interfaz que lleve integrados unos buenos previos, fiables y sobre todo, que transmitan un sonido claro y limpio.

2.6.3.4. Auriculares

Los estudios de grabación utilizan 2 tipos muy específicos de auriculares para 2 finalidades muy concretas. Éstos son:

- Auriculares Cerrados: se utilizan para grabar pistas

Al grabar pistas en el estudio lo más importante es disponer de un buen par de auriculares cerrados que proporcionen el máximo aislamiento para que el micro no capte nada de lo que suene por ellos. No tiene mucha importancia si estás grabando señales muy intensas de una batería o un ampli de guitarra. Pero si quieres grabar una voz con auriculares a unos pocos centímetros de distancia de un micro muy sensible, no querrás que éste capte la señal de los cascos porque añadiría sonidos no deseados a la grabación y, en el peor caso, provocaría unos molestos pitidos realimentados en un bucle que va desde los cascos al micro y viceversa.

- Auriculares Abiertos: se utilizan para mezclar

El desafortunado efecto secundario de los auriculares cerrados es que a mayor aislamiento normalmente, menor calidad de sonido. Lo cual está bien para monitorear, ya que el aislamiento es claramente la prioridad. El diseño abierto está destinado a proporcionar una experiencia de sonido natural, y el oyente no está aislado del mundo exterior y puede percibir los ruidos que le rodean.

2.6.3.5. Monitores de Estudio

Se los conoce como monitores de estudio o monitores de campo cercano. El objetivo de los monitores de estudio es proporcionar una respuesta en frecuencia totalmente plana para que la mezcla pueda

ser escuchada como realmente suena (con defectos incluidos) para que puedan realizarse los ajustes según corresponda.

A la hora de elegir un tipo de monitores u otros, debemos tener en cuenta:

- El **tamaño de la sala** donde estarán ubicados.
- Si necesitamos de un **amplificador de potencia externo** para que nuestro sistema de monitorización funcione: monitores activos –vs monitores pasivos. Entendemos como monitores pasivos aquellos monitores que carecen de un sistema de amplificación propio mientras que los monitores activos son aquellos que disponen del amplificador de potencia dentro del propio equipo.
- **Coloración:** la mayoría de los sistemas de altavoces estéreo domésticos tienen una "coloración" en ciertas áreas sonoras o frecuencias. Esto significa que están diseñados específicamente para acentuar ciertas frecuencias de la música que se está escuchando con el propósito específico de hacer que la música suene mejor. Esto no es lo que se espera de un conjunto de monitores de estudio. el objetivo de los altavoces de estudio es tener una **respuesta en frecuencia plana**, de modo que cuando se hace una mezcla final, y suena bien, va a sonar correcta y precisa en una amplia variedad de otros sistemas de sonido diferentes
- **Arquitectura y robustez:** Aunque seguramente el monitor estará bien cuidado en un estudio y no será sometido a las duras condiciones de un directo, debemos buscar equipos (siempre) sólidos, bien armados y construidos.
- **Versatilidad:** es frecuente encontrar estudios que disponen de varias parejas de monitores en sus filas. Esto responde a varias razones. Por una parte, hay monitores que destacan en unos campos u otros, es decir, los hay más adecuados para grabar, más adecuados para mezclar... Por otra parte, tener más de una pareja nos proporciona referencias extras de cómo sonará nuestro trabajo. Hoy en día, y buscando ajustar nuestro presupuesto, requerimos una pareja de monitores capaz de desenvolverse bien en todas las áreas: grabación, mezcla, masterizar, escuchar CDs, etc

Destacar que la calidad final del sistema de monitorado dependerá, no sólo de los monitores elegidos, sino de todos los equipos intermedios que componen el sistema que son: la consola de mezclas, por la cual cualquier señal debe de pasar antes de llegar a los monitores, los cables que conectan ésta con los crossover, si el sistema es activo, o con el amplificador si es pasivo.

2.6.4. Estudio de realización

2.6.4.1. Mesa de mezclas de vídeo digital

La mesa de mezclas de vídeo, es un sistema que permite seleccionar, mezclar y manipular diferentes fuentes de vídeo. Es similar a la mesa de mezclas de audio para el sonido.

A la hora de elegir una mesa de mezclas de video digital tenemos que tener en cuenta que cumple con los siguientes requisitos:

- **Fidelidad:** viene determinada por sus características técnicas, aquellas que hacen referencia la respuesta en frecuencia, distorsión, relación señal-ruido... Hace referencia a si las señales de entrada se ven alteradas de forma incontrolada al atravesar la mesa de mezclas.
- **Prestaciones:** las prestaciones que ofrece una mesa de mezclas son lo que en segundo lugar las distingue. A la hora de hablar de prestaciones tenemos que hablar de:

Número de canales de entrada de que dispone. Cuanto mayor sea el número de canales de entrada, más señales distintas se podrán mezclar.

Posibilidad de mezclar cada señal de entrada con las demás, en cualquier proporción, independientemente del nivel con el que llegue a la mesa.

Posibilidad de realizar varias mezclas diferentes con las señales de entrada, obteniendo así varias salidas.

2.6.4.2. Monitores de video

Uno de los componentes esenciales que debe existir en una sala de realización es el monitor de video para contar siempre con la garantía de ver lo que realmente capta la cámara de vídeo; por lo que es fundamental no conformarse con cualquier cosa a la hora de elegir la pantalla con la que visualizar las imágenes que se captan a través de la cámara de video.

Hay que destacar que posiblemente muchas veces debido a un ajustado presupuesto en lugar de elegir monitores profesionales para una sala de realización, se optan por pantallas destinadas al consumo, ordenadores portátiles o incluso a veces simples televisores.

Las pantallas destinadas a la informática tienen una calidad suficiente para el trabajo de la oficina pero dentro de sus funciones no está el monitorado de referencia de imágenes profesionales. Este tipo de pantallas no son capaces de mostrar o revelar matices de una imagen de vídeo en movimiento, caso contrario de los monitores de vídeo profesionales que se encargan de destacar en todos los niveles de representación de las imágenes que se captan: rango dinámico, balance de blancos, ángulo de visión, consistencia de imagen... Cuando se opta por no ver las imágenes en un monitor profesional se corre un riesgo muy real de ajustar mal la cámara.

El funcionamiento físico es otra de las áreas en las que los monitores profesionales aventajan con mucho a las pantallas de consumo. Mientras que la mayoría de monitores informáticos carecen de teclas de función dedicadas y, en consecuencia, ocultan funciones esenciales en complejas estructuras de menús, los monitores de vídeo profesionales ofrecen acceso directo a los comandos más importantes. De este modo se pueden adaptar de forma rápida y sencilla parámetros como contraste, brillo, croma, volumen de audio, selecciones de entrada, funciones de producción básicas y balance de blancos, todas ellas funciones muy valiosas en cualquier producción.

2.6.4.3. Estación de trabajo

Para nuestra sala de realización del mismo modo que para nuestro estudio de sonido necesitamos contar con al menos un ordenador que nos permita como mínimo la edición del vídeo capturado en el plató del laboratorio. En este caso y al igual que sucede con el ordenador que debe estar presente en el estudio de sonido, es necesario que éste cuente con los mismos requisitos que el ordenador anteriormente mencionado.

2.6.5. Cableado y conectores

El sistema de cableado de una instalación audiovisual suele ser uno de los componentes más baratos. Hay que tener en cuenta que la calidad de todo nuestro sistema audiovisual puede verse mermada por una mala elección de los cables que interconectan los distintos equipos por lo que a la hora de realizar dicha elección debemos tener en cuenta las siguientes características:

- **Apantallamiento (%) frente a campos electromagnéticos y electrostáticos.** El apantallamiento en cables de micrófonos y de nivel de línea es esencial para la mayoría de las aplicaciones. La señal proveniente de micrófonos y líneas suele ser muy baja y son amplificadas junto con cualquier ruido que entre en el cable. El apantallamiento actúa excluyendo estos campos enviándolos a tierra, evitando que este ruido estropee la señal entrante. En caso de cables no balanceados, el apantallamiento actúa como camino de retorno para la señal. Este ruido puede ser originado al doblar el cable (si éste no es suficientemente flexible o fuerte puede disminuir su apantallamiento), por descargas de generadores, descargas de lámparas, como los fluorescentes o neones, y otras fuentes. Los ruidos de origen electromagnético como las resistencias de lámparas fluorescentes, bobinas de motores, no pueden ser eliminados por el apantallamiento (a no ser que sea un metal pesado), esto solo es conseguido con cables balanceados.
- **Balanceado/ no balanceado.** Cualquier señal requiere de dos conductores para poder ser transportada a través de ellos, pues entre estos habrá una tensión eléctrica que se corresponderá a una señal de audio. Cuando uno de estos conductores está conectado a tierra se tiene una línea asimétrica y la señal será no balanceada y susceptible a ruidos. Otra posibilidad es que ninguno de los dos conductores esté conectado a tierra, sino aislados de ella, con lo que obtenemos una línea simétrica y una señal balanceada. De esta manera cualquier señal eléctrica que se induzca en el cable, se anula al ser amplificada, pues siempre están en oposición de fase.
- **Capacitancia.** Propiedad de conductores aislados de almacenar energía en forma de campos electrostáticos. En los cables esta debe ser de un valor pequeño para no crear problemas. El uso de apantallamiento puede acarrear un aumento de la distribución total de capacitancia del conductor que lleva la señal. Como el cable presenta una resistencia finita, al sumarle la capacitancia crean un filtro paso bajo perjudicial para la señal.

Otras propiedades importantes son la **flexibilidad y robustez del cable**, que como se dijo antes puede afectar el apantallamiento y crear interferencias en la señal al doblar el cable. **Diámetro**, un mayor diámetro provoca una mayor separación entre los conductores, lo que proporcionará una menor capacitancia.

Actualmente se pueden encontrar en el mercado tres tipos generales de cable, cable metálico, coaxial y fibra óptica.

- **Cable metálico.** Es el más común de los tres en instalaciones audiovisuales fijas. Se puede encontrar como conductor simple u múltiple, usualmente cubiertos por un tubo de goma. Este tipo de cable está disponible en con una gran variedad de cubiertas construidas en distintos materiales dependiendo del uso que se le vaya a dar. También pueden ser presentados como hilos metálicos individuales o varios hilos entrelazados. Este tipo de cable es el utilizado normalmente en el campo del audio.
- **Cable coaxial.** Frecuentemente está asociado con la transmisión de señales de televisión, vídeo y radiofrecuencia, y circuitos de datos, por lo que no haré más hincapié.
- **Fibra óptica.** Es un tubo de cristal que transmite señales mediante ondas de luz moduladas.

Hay que tener en cuenta que además de realizar una correcta elección de nuestro sistema de cableado, será necesario diseñar e indicar el lugar de instalación de cada uno de estos. La forma más habitual de hacerlo es colocar cajas con varias entradas en cada una determinada sala, y de allí enviar la salida a la sala de control/realización. Este envío se realiza bajo el suelo o entre las paredes, entre la estructura original del recinto y las superficies límites, de manera que no tengamos conexión alguna entre diferentes salas, sólo a través de los cables. Además de retirar el cableado de la superficie de trabajo, que de no ser así, tendríamos todos los cables en medio de los estudio, obstruyendo el trabajo en las salas y dificultando el movimiento y distribución de éstas. Éste diseño debe ser realizado antes de realizar ninguna obra en el recinto, ya que si no se realiza antes del acondicionamiento acústico, después será demasiado tarde para introducir el cableado bajo las superficies límite. Esta instalación es similar a las instalaciones eléctricas, que van a través de tubos dentro de las paredes, de forma que si algún cable se ha dañado se facilita su extracción y reemplazamiento. Para este caso, el tubo por el que los cables pasan se puede forrar de material absorbente para evitar cualquier clase de ruido indeseado que se pueda producir a través de él.

2.6.5.1. Conectores

- **Conectores RCA.** Son monofónicos, y normalmente vienen dispuestos de manera que el cable rojo indica conexión derecha (RIGHT) del estéreo y el cable blanco o negro la izquierda (LEFT) del estéreo. La malla del cable se conecta al terminal de soldadura exterior y el vivo o cable interno, al terminal interior del conector. El uso más general de los conectores RCA es en equipos de alta fidelidad, donde se usan en parejas (conectados a cables coaxiales dobles) para conseguir el estéreo.
- **Conectores JACK.** Pueden ser monofónicos o estereofónicos, y suelen usarse en dos medidas: $\frac{1}{4}$ de pulgada (JACK) o $\frac{1}{8}$ de pulgada (MINIJACK). El conector JACK es utilizado para conexión de instrumentos, consolas, amplificadores y en usos similares. El MINIJACK no es de uso profesional y queda relegado al uso doméstico. En la zona de soldadura, en caso estéreo), el terminal más interno es el canal derecho, el central el izquierdo y el lateral es la malla.
- **Conectores XLR o cannon debido a la compañía que los creó (ITT-Cannon).** Presentan una gran fiabilidad y robustez, además de que una vez conectados aseguran su conexión con una pestaña que se enclava al conectarse. El modelo más común en audio profesional es el XLR-3 de tres pins.

2.7. Sistemas de iluminación

El laboratorio de contenidos digitales será un recinto donde el trabajo que se desempeñará será un trabajo de larga duración por lo que a la hora de diseñarlo hay que tender a crear un espacio limpio, agradable y confortable. A la hora de diseñar el sistema de iluminación de cada una de las salas del laboratorio hay que tener cuenta que a pesar de que existen fórmulas matemáticas para calcular el nivel de luminancia y el número de luminarias necesario, tenemos que analizar entre otros como afectará la luz sobre las personas, la energía calorífica que pueden desprender las distintas lámparas, el ruido eléctrico o mecánico que éstas puedan producir etc...eligiendo preferiblemente lámparas de bajo ruido y a poder ser de bajo consumo.

Se puede pensar que el objetivo principal de la iluminación es hacer visible a las personas y a los objetos y sin embargo en la mayoría de los casos eso es lo que no se debe hacer. El objetivo o fin de cualquier sistema de iluminación existente en cualquier sala es crear zonas con luces y sombras. Una buena iluminación o un buen diseño de alumbrado ayudará a establecer un buen ambiente, a construir un clima y atmósfera con el fin de focalizar la atención sobre aquellas zonas y detalles deseados.

Desde el punto de vista luminotécnico, los parámetros o características que tenemos que tener en cuenta son:

- **Flujo luminoso:** cantidad total de energía luminosa emitida por segundo por una fuente de luz.
- **Vida útil:** Tiempo transcurrido para que el flujo luminoso de una lámpara descienda el 80%.
- **Temperatura de color:** dominancia de alguno de los colores del espectro lumínico sobre los demás, de modo que altera el color blanco hacia el rojo o hacia el azul en dicho espectro
- **Índice de rendimiento en color:** capacidad de una fuente de luz artificial en reproducir los colores
- **Rendimiento luminoso:** Relación entre el flujo total y la potencia eléctrica consumida. (lúmenes/vatio).

A la hora de hablar de los sistemas de iluminación tenemos que diferenciar entre aquellos sistemas que utilizan la **luz natural** como fuente principal del sistema y aquellos sistemas que utilizan la **luz artificial** como fuente principal del sistema. Para el diseño de nuestro laboratorio de producción de contenidos digitales, si es posible tener luz natural a través de ventanas, sin que esto repercuta negativamente en el acondicionamiento de las diferentes estancias, es importante incluirlos en el diseño.

Los sistemas de iluminación los podemos diferenciar en cuatro tipos:

- **Sistema de iluminación general:** Se obtiene distribuyendo un número de luminancias con una disposición más o menos regular, por toda la superficie del techo.
- **Sistema de iluminación direccional:** la luz procede sobre todo de la dirección preferida.
- **Sistema de iluminación local.** Se concentra en cierta parte del techo para obtener una iluminación suficientemente alta en lugares de gran interés.
- **Sistema de iluminación localizada.** Colocando luminancias cerca de la tarea visual que se realice.

Los diferentes focos de iluminación que se pueden encontrar hoy día son los que se detallan a continuación:

- **Fresnel:** Es el tipo de foco más común en cine y TV. Hay en el mercado desde el que lleva lámpara 20 Kw, hasta el que la lleva de 300 vatios. Todas de temperatura de color de 3200°k. Los grandes se utilizan para simular la luz del sol o de la luna, en función de la gelatina que le pongamos. Los de 2K y 1K son los más utilizados en los platos de TV, para los actores, como luz principal y también como contraluces.



Figura 27. Foco fresnel

- **Mini Fresnel o Dinky o Baby:** De iguales prestaciones que el Fresnel pero con menos potencia y más manejabilidad, pues suelen tener lámparas de 650 vatios y son de un tamaño más reducido. Se usa para luz principal o contra, donde no se requiere mucha potencia, proporcionando una iluminación más suave.



Figura 28. Foco mini fresnel

- **Cuarzos 1kW y 2kW:** No dispone de lente. La luz no es tan uniforme. Permite filtrarlo con gelatina. Se puede utilizar directo y rebotado hacia un porex. En reportaje televisivo se suele utilizar bastante y en pequeñas producciones de video. Lleva lámparas de tungsteno de temperatura de color de 3200 °K.



Figura 29. Cuarzos de 1kW y 2kW

- **Asimétricos:** Se les llama asimétricos porque tienen la lámpara ubicada en la parte inferior o superior del foco. Produciendo el ángulo adecuado para iluminar fondos y grandes superficies planas como la cortina de chroma key. Si lo ponemos en el suelo o lo colgamos de una barra, nos iluminara uniformemente. Llevan lámpara de tungsteno de temperatura de color de 3200°k. Las lámparas modelo PL de 650 hasta 1250 vatios.



Figura 30. Foco asimetrico

- **Pantallas de fluorescencia:** Pantallas de tubos de 60 cm. y de 120 cm. Pueden ser de 2,4, 6, 8 y 10 Tubos fluorescentes, hay tubos fluorescentes en diferentes temperaturas de color de 2900°k, 3200°k y 5600°k. Generan un tipo de luz muy suave. Actualmente se utilizan con frecuencia, debido al poco consumo y baja emisión calorífica. Producen mas lumens por vatio que las lámparas convencionales de tungsteno, por lo que generan menor emisión de calor, y por consiguiente, meno consumo eléctrico y ahorro en aire acondicionado. La iluminación softlight o luz base ideal, tiene muy buen rendimiento y pocas sombras.



Figura 31. Pantallas de fluorescencia

- **Focos scoops:** Las focos Poncheras o Scoops producen una iluminación más suave que los Fresnels. Normalmmente tienen bombillas incandescentes de 500 a 2.000 vatios. Como no tienen lente, no pueden proyectar la luz a un distancia significativa como es el caso de los Fresnel. Se usan en estudio como luces de relleno.



Figura 32. Focos scoops

- **Minibrutos:** Las focos Poncheras o Scoops producen una iluminación más suave que los Fresnels. Normalmente tienen bombillas incandescentes de 500 a 2.000 vatios. Como no tienen lente, no pueden proyectar la luz a una distancia significativa como es el caso de los Fresnel. Se usan en estudio como luces de relleno.



Figura 33. Focos minibrutos

- **PC (Planos convexos):** Llamados “Pe ces” tienen el mismo chasis de los fresnel, la diferencia es la lente que llevan, pues es plano convexa, generando sombras más limpias. Hay de 650 vatios hasta 2000 vatios. Su temperatura de color es de 3200°k, se suelen utilizar en teatro.



Figura 34. Focos tipo PC

- **HMI Fresnel:** Son los proyectores de cine más potentes en el mercado, gran rendimiento lumínico. En las grabaciones y rodajes de exteriores se utilizan con frecuencia. El chasis del foco es similar al de los fresnel de tungsteno. Pueden llevar lámpara de 200, 400, 575, 1200, 2500, 4000, 6000, 12000 y 18000 vatios. Su temperatura de color es de 5600°K.



Figura 35. Focos tipo HMI Fresnel

- **HMI Par:** Se trata de una lámpara HMI en un foco PAR (proyector con reflector) Llevan las lentes intercambiables, aparte en una caja. Se suelen utilizar rebotados con palios o porex, siempre con alguna lente puesta. Hay 5 tipos de lentes: Muy abierta, abierta, media, concentrada y muy concentrada. Se diferencian por colores. Pueden llevar lámpara de 200, 400, 575, 1200, 2500, 4000, 6000, 12000 y 18000 vatios. Su temperatura de color es de 5600°K.



Figura 36. Focos tipo HMI Par

2.8. Chroma

Un aspecto que debemos tener en cuenta a la hora de diseñar las salas del laboratorio de producción de contenidos digitales, concretamente el set de grabación es saber si queremos tener como fondo de escena un color de fondo fijo y neutro o por el contrario en función de la actividad a grabar tener un fondo u otro. Lo ideal es disponer de un chroma versátil para poder simular los distintos fondos, por lo que será necesario disponer de un chroma key y/o plató virtual en nuestro set de grabación.

El croma o clave de color (chroma key) es una técnica audiovisual utilizada tanto en cine, televisión y fotografía, que consiste en extraer un color de la imagen (usualmente el verde o el azul) y reemplazar el área que ocupaba ese color por otra imagen o video, con la ayuda de un equipo especializado o un ordenador. Para que esto funcione, la ropa del actor o lo que esté delante del fondo no pueden ser del mismo color.

Para disponer de un *chroma*, existen dos posibles opciones:

- Instalarlo empleando nuestras paredes.
- Añadiendo un elemento físico que haga de chroma.

Actualmente podemos encontrar varios tipo de *chroma* en el mercado:

- **Chroma de tela:** Este tipo de chroma suele ser muy económico y puede servir en fotografía pero para vídeo pronto descubriremos como no es muy recomendable ya que la tela cede y crea pliegues que impiden la realización de un correcto chroma, además los trípodes necesarios para soportar esta tela nos restarán espacio.

- **Lona Chromatte:** Es una lona especial reflectante que gracias a los pigmentos que la forman es capaz de reflejar un color concreto al ser iluminado por un aro especial que se coloca alrededor de la cámara. Es una solución profesional muy cara que asegura buenos resultados aunque físicamente pueda asemejarse mucho a la anterior opción.
- **Pintura especial de chroma para pared:** una de las mejores opciones y más baratas es sencillamente pintar una pared lisa de un color especial para chroma o en su defecto de un verde brillante.

Cabe mencionar que cuando en un fondo de chroma nos interesa mostrar también los pies o el suelo de la escena y por tanto disponemos de un fondo de color aparentemente infinito hablamos de ciclorama.

2.9. Sistema de climatización y ventilación

Los sistemas de climatización/ventilación son equipos pensados para acondicionar espacios destinados al uso y disfrute de personas, por lo que resulta esencial su ubicación en áreas muy próximas a potenciales afectados por su funcionamiento. Concretamente, si nos centramos en un laboratorio de producción de contenidos digitales la presencia de personal en cada una de las salas, las propias instalaciones eléctricas, los equipos de iluminación, etc... producen un aumento de la temperatura en las distintas zonas de trabajo que es necesario pensar en la adecuada ventilación y refrigeración de cada una de las salas. Además de la adecuada climatización de cada una de estas salas, el sistema de ventilación ayudará a crear un ambiente cálido y amigable.

Los elementos que son susceptibles de producir un impacto sonoro sobre los usuarios de la instalación o personas ajenas a la misma son:

- Sistemas de ventilación
- Unidades exteriores
- Conductos
- Rejillas y difusores

Las consideraciones que garantizarán un confort acústico óptimo son:

- Soluciones eficientes en fase de diseño.
- Minimizar ruido en el origen.
- Buen montaje e instalación de los diferentes componentes.
- Analizar el comportamiento del aire en el interior de los conductos.
- Estudio de los apoyos antivibración



03

Diseño

3.1. Diseño de un laboratorio de producción de contenidos digitales

Este apartado pretende mostrar diversas propuestas de diseño y distribución para cada una de las salas que formarán parte del laboratorio de producción de contenidos digitales. Para ello se estudiará y se analizará la geometría existente del recinto con el fin de proponer la mejor distribución de los espacios posibles teniendo en cuenta las necesidades de aislamiento y acondicionamiento acústico necesarias

Una vez elegida la mejor distribución de los espacios del laboratorio, se propondrá una solución de aislamiento y acondicionamiento acústica de cara a cumplir con las normativas de ruido vigentes y con el objetivo de tener un nivel de ruido de fondo (ruido de ambiente) inferior a 20 dB (NR20 ó NC20).

3.2. Requerimientos

3.2.1. Emplazamiento

El laboratorio de producción de contenidos digitales estará ubicado en la segunda planta en el edificio ELDI en el campus Muralla del Mar de la Universidad Politécnica de Cartagena.

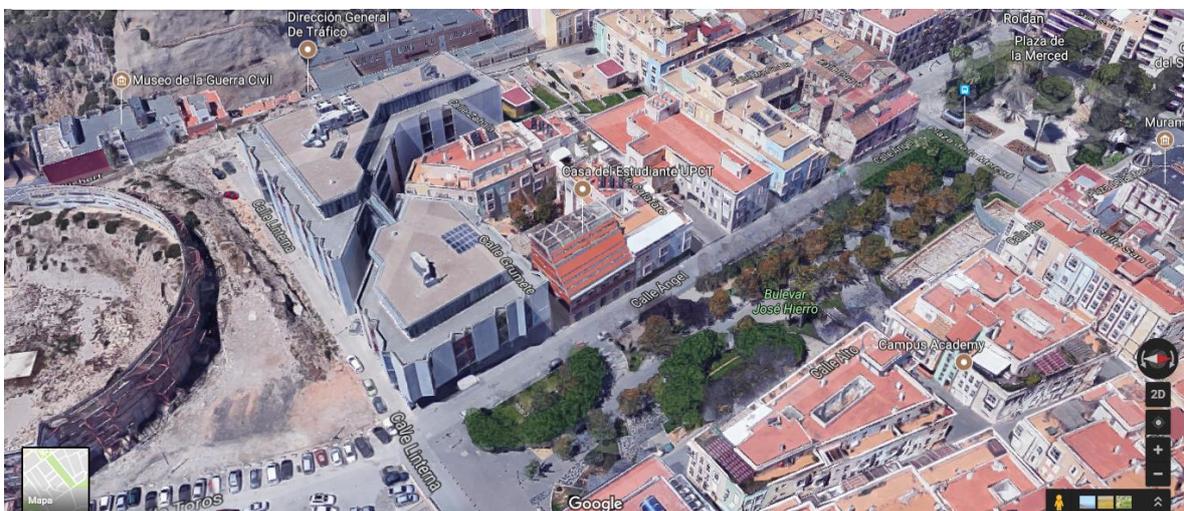


Figura 37. Emplazamiento edificio ELDI

Como se puede observar en la figura 37, el edificio se encuentra situado en una zona tranquila no estando rodeado de viviendas u otros edificios existiendo únicamente dos calles principales con un flujo de vehículos prácticamente inexistente por lo que el posible ruido de fondo que se pueda generar será a priori bajo.

El edificio donde estará situado el laboratorio de producción de contenidos digitales es un edificio donde están albergados diferentes laboratorios de la Universidad Politécnica de Cartagena por lo que habrá que analizar minuciosamente la actividad que se realiza en cada uno de estos laboratorios, especialmente los laboratorios colindantes a nuestro centro así como los laboratorios de las plantas contiguas (primera y tercera) para evitar que por un lado la actividad que se genere en cada uno de ellos merme en la actividad diaria de nuestro centro y por otro, la actividad que se genere en cada una de las salas del centro de producción de contenidos digitales afecte a la actividad de los laboratorios colindantes (tanto en los existentes en la misma planta donde estará ubicado nuestro centro como en los laboratorios de la planta primera y tercera).

3.2.2. Descripción del recinto

El espacio destinado a la construcción de este laboratorio de producción de contenidos digitales tiene un alrededor de 300 m². Dado que este espacio se encuentra vacío, será necesario diseñar la mejor distribución posible de cada una de las salas del laboratorio así como proponer la mejor solución de cada una de estas salas en cuanto a aislamiento y acondicionamiento acústico se refiere.

En las siguientes figuras se puede ver dos fotografías del interior del recinto donde estará albergado nuestro centro.



Figura 38. Emplazamiento edificio ELDI



Figura 39. Emplazamiento edificio ELDI

3.2.3. Propuesta de distribución

En los 300 m² que se dispone de planta, se plantea dividir este espacio para que disponga como mínimo de estudio de locución, sala de realización, plató (sala de grabación), salas de I+D+I, almacén y salas polimedia. El objetivo que se pretende conseguir es que los espacios sean los más cómodos y grandes posibles.

3.2.3.1. Distribución nº 1

Las distintas salas así como la distribución de las mismas de esta primera solución se muestran a continuación. La siguiente tabla, además de indicar el número de salas en las que se puede dividir el recinto, muestra el dimensionado de cada una de ellas.

	ÁREA
Estudio de locución	6.43 m ²
Estudio de sonido	29.52 m ²
Set de grabación	36.08 m ²
Camerino	5,81 m ²
Sala de realización	32,96 m ²

Sala polimedia A	13,68 m ²
Sala polimedia B	13,83 m ²
Sala de trabajo	27,32 m ²
Almacén	9,85 m ²
Distribuidor 1	59,41 m ²
Distribuidor 2	9,18 m ²

Tabla 3. Distribución 1

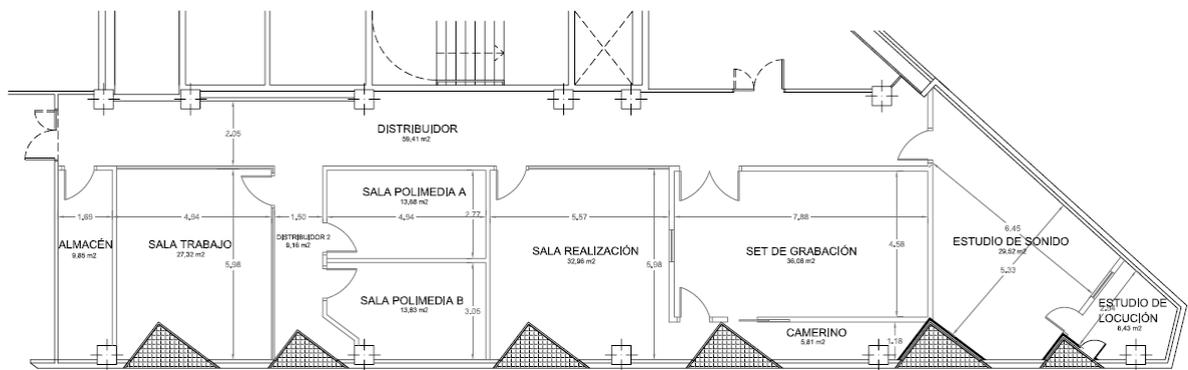


Figura 40. Plano de la distribución nº 1

Ventajas

- El laboratorio de producción de contenidos digitales dispone de dos entradas facilitando el acceso al complejo fácilmente.
- A pesar de que cada sala tiene su entrada, tanto el estudio de locución como el set de grabación están interconectados con sus respectivas salas de control/realización.

Desventajas

- El espacio destinado al distribuidor principal no permite que el espacio destinado a las salas sea más grande.
- El espacio destinado a las salas polimedias no es lo suficientemente grande dando lugar a que estos espacios no sean espacios confortables para trabajar.
- La entrada principal del laboratorio se encuentra excesivamente cerca del estudio de locución y set de grabación pudiendo dar lugar a ruidos innecesarios en estas salas cuando se esté realizando algún tipo de trabajo en alguna de ellas.

3.2.3.2. Distribución nº 2

	ÁREA
Sala polivalente	29 m ²
Renderización	33 m ²
Sala de producción	18 m ²
Sala polimedia	12 m ²
Estudio de grabación	21 m ²
Sala de control	20 m ²
Plató	35 m ²
Almacén	11 m ²

Tabla 4. Distribución 2.

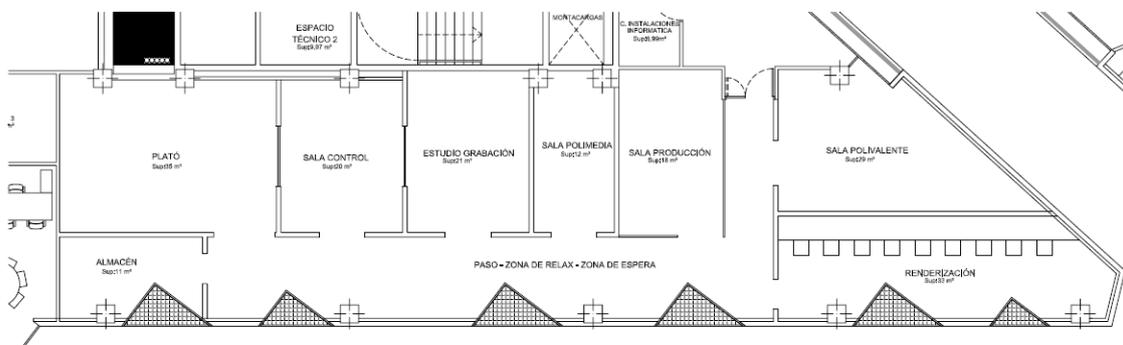


Figura 41. Plano de la distribución nº 2

Ventajas

- Dispone de una única sala de control que permitirá el control directo tanto con el plató como con el estudio de grabación.
- Todo el recinto está comunicado por un pasillo que facilita el movimiento dentro del local sin pasar a través de ninguna sala, además sirve de refuerzo para el aislamiento.
- Existe una sala que permite el almacenamiento de todo el material.

Desventajas

- Se dispone de una única entrada/salida.
- El espacio destinado a la sala de control, sala polimedia y sala de producción es un espacio muy reducido.

3.2.3.3. Distribución nº 3

	ÁREA
Set de grabación	47,26 m ²
Almacén	6,79 m ²
Vestíbulo	19,25 m ²
Sala de trabajo 1	22,02 m ²
Sala de control	10,25 m ²
Estudio de locución	9,70 m ²
Sala polimedia 1	11,70 m ²
Sala polimedia 2	14,50 m ²
Vestíbulo polimedia	30,75 m ²
Sala de trabajo 2	32,91 m ²
Distribuidor	42,48 m ²

Tabla 5. Distribución nº3

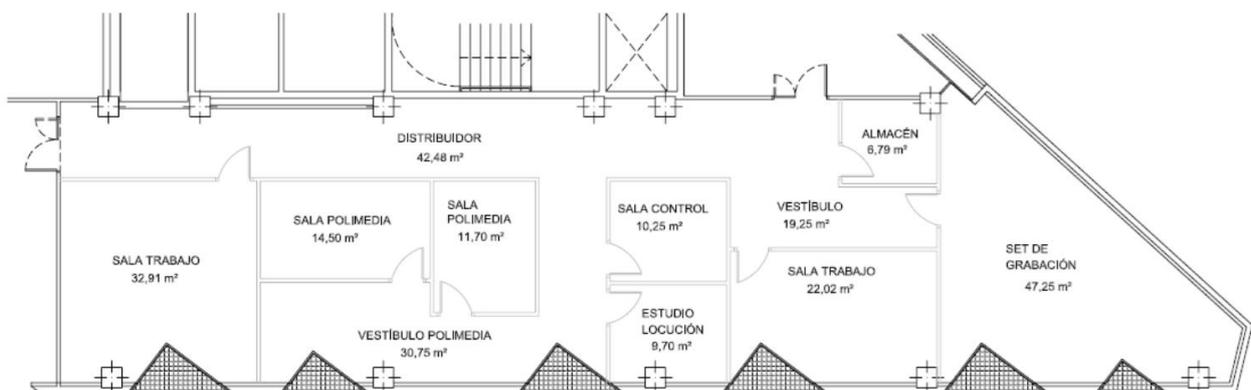


Figura 42. Plano de la distribución nº 3

Ventajas

- Dispone de dos entradas/salidas.
- Las salas colindantes a la entrada/salida son salas donde no es necesario aplicar técnicas de aislamiento/acondicionamiento acústico.
- Dispone de dos vestíbulos/salas de descanso permitiendo destinar el primero de ellos a cualquier persona que visite el centro y destinar el segundo de ellos a las personas que vayan a realizar cualquier tipo de actividad en el centro (salas polimedia, estudio de locución...)

Desventajas

- El set de grabación está separado de la sala de control
- Poca uniformidad en el reparto de las salas y la actividad que se realiza dentro de ellas

3.2.3.4. Distribución nº 4



Figura 43. Plano de la distribución nº 4

Ventajas

- Todas las salas tienen amplias dimensiones.
- Dispone de una sala de espera totalmente separada de las salas del centro por lo que la posible actividad que se genere en esta zona no mermará en el funcionamiento y/o actividad de las propias salas del laboratorio.

- Dispone de una sala de dirección.

Desventajas

- Las salas polimedia se encuentran colindantes al laboratorio pero no dentro del propio laboratorio

3.2.3.5. Propuesta escogida

De las cuatro propuestas anteriores expuestas, la propuesta elegida ha sido la propuesta número 4. El diseño y distribución de cada una de las salas del laboratorio proporcionan en general que el tamaño de las salas sea el más grande posible. Las salas que posiblemente más ruido tengan como es el almacén y/o camerino se encuentran fuera del laboratorio de contenidos digitales por lo que su actividad no mermará en la actividad diaria del centro.

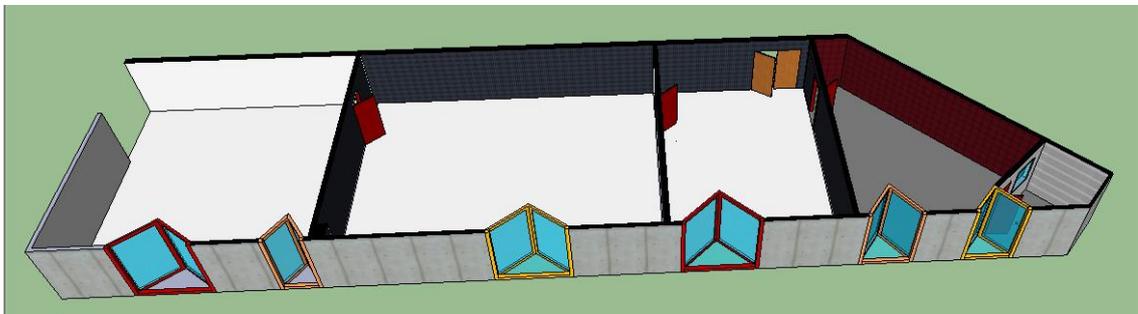


Figura 44. Modelado 3d propuesta escogida

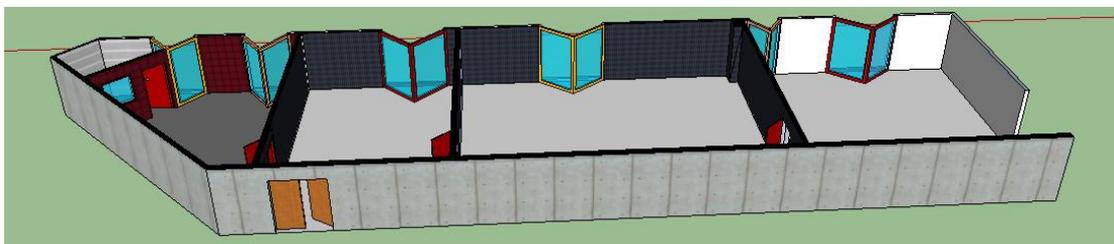


Figura 45. Modelado 3d propuesta escogida

Dispone de una amplia sala de trabajo polivalente que junto con el despacho de dirección permitirá planificar y coordinar la actividad diaria que se genere en el laboratorio. Dado que el laboratorio tiene doble entrada/salida permitirá que en función de la actividad a realizar dentro del laboratorio se elija una entrada u otra para acceder al centro.

Cabe destacar que esta distribución es una de las que más iluminación natural presenta dando lugar a que en determinadas salas y/o en determinadas horas no sea necesario el uso de luz eléctrica.

A pesar de no disponer de un pasillo y/o distribuidor que permita el acceso a una sala determinada sin necesidad de pasar por otras, la doble entrada tiene el laboratorio centro permitirá que las personas que visiten el centro elijan una entrada u otra en función de sus necesidades y no mermará a actividad del resto de salas del laboratorio.

El inconveniente de esta solución es que las salas polimedia no se encuentran en el mismo recinto que el resto de salas del laboratorio, pero el carácter independiente de estas salas permitiría que toda persona que quiera utilizarlas pueda hacerlo sin necesidad de que el personal del laboratorio se encuentre presente en alguna de estas dos salas.

3.2.4. Aislamiento acústico de las salas

La actividad que se va a desarrollar dentro de cada una de las salas del laboratorio de producción de contenidos digitales puede tener lugar tanto en horario diurno como en horario nocturno. Por lo tanto, los sistemas de aislamiento acústico de cada una de las salas técnicas (estudio de sonido, set de locución y set de grabación) de este laboratorio se realizarán en función del horario de actividad nocturna ya que durante este intervalo las exigencias acústicas siempre son las más restrictivas. Además de tener en cuenta las exigencias acústicas más restrictivas en cuanto a aislamiento acústico se refiere, no sólo por el sonido que se transmite al exterior sino por el sonido que se puede transmitir entre las distintas salas, tenemos que tener en cuenta el ruido de ambiente que se puede generar en cada una de las salas del laboratorio. Un ruido de ambiente por debajo de los 20 dB es el recomendado.

El aislamiento acústico se debe llevar a cabo según la normativa nacional/internacional vigente:

- Ordenanza Municipal sobre Protección del Medio Ambiente contra Ruidos y Vibraciones de la ciudad de Cartagena (Región de Murcia).
- Ley 1/1998, de 8 de Marzo de Protección del Medio Ambiente de la Región de Murcia.
- Ley 37/2003, del 17 de Noviembre, del Ruido.
- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Documento básico HR Protección frente al Ruido.
- UNE-EN ISO 140-4. “Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición “in situ” del aislamiento al ruido aéreo entre locales. (Abril 1999).
- UNE-EN ISO 717-1. Acústica: Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.” (Agosto 1997).
- Recomendación ITU - R BS. 1116 -1

Los niveles de ruido de emisión de la actividad, se estipularán en 104 dBA, tal y como indica el artículo 21.1 de la Ordenanza Municipal sobre Protección del Medio Ambiente contra Ruidos y Vibraciones de la ciudad de Cartagena (Región de Murcia).

Tipo de establecimiento	Nivel
Salas de fiesta, discotecas, tablaos, karaokes y otros locales autorizados para actuaciones en directo	104 dB (A)
Pubs, bares, academias de danza, aeróbic, etc. y otros establecimientos con ambientación musical procedente exclusivamente de equipos de reproducción sonora y sin actuaciones en directo	95 dB (A)
Bingos, salones de juego y salones recreativos	90 dB(A)
Bares, restaurantes y otros establecimientos hosteleros sin equipo de reproducción sonora	85 dB (A)

Tabla 6. Niveles de emisión de ruido máximos permitidos

Los parámetros de diseño del sistema de aislamiento acústico del presente estudio se realizarán tomando como referencia las condiciones más restrictivas de las mencionadas en la legislación anterior que es de aplicación para el caso que nos ocupa.

Existen dos partes independientes a la hora de realizar el aislamiento: por un lado tenemos que tener en cuenta el aislamiento que tenemos que aplicar a la pared que separa nuestro laboratorio con respecto al resto de salas y/o recintos existentes en la misma planta donde estará albergado nuestro centro de producción de contenidos digitales y por otro lado tenemos que tener en cuenta el aislamiento especial que tenemos que aplicar a cada una de las salas técnicas de nuestro laboratorio: sala de locución, estudio de sonido y set de grabación.

La pared que separa nuestro laboratorio del resto de recintos y/o salas existentes en la planta donde se encuentra nuestro centro es una pared típica que consta de dos tabiques separados entre ellos por una cámara de aire. Este elemento vertical es suficiente para separar nuestro centro del resto de estancias pero es necesario aplicar un aislamiento adicional sobre cada una de las distintas salas técnicas de nuestro centro. Destacar que no todas las salas de nuestro laboratorio serán salas técnicas por lo que el cerramiento vertical que hay que aplicar no necesitará de ningún tratamiento de aislamiento especial.

3.2.4.1. Aislamiento de las salas técnicas

El aislamiento acústico que presentará cada una de las salas técnicas (estudio de locución, estudio de sonido y set de grabación) será el siguiente:

3.2.4.1.1. Elementos horizontales: suelo

Los suelos de cada una de las salas técnicas se instalarán con el fin de:

- Aislar el ruido aéreo para no transmitir ruido por vía estructural.
- Prevenir la transmisión de ruido de impacto de una sala determinada a las salas colindantes.

El suelo que se instalará será un suelo flotante compuesto por una capa de material aislante amortiguante Acustisol. En el encuentro de la pared se colocará una banda perimetral de 2 capas PKB-2 a modo de solape. Sobre el material aislante se colocará una capa de plástico para impermeabilizar y una losa de hormigón de 10 cm con mallazo. Dicha losa se recubrirá con una capa de 5mm de linóleo.

- **Acustisol:** material aislante-amortiguante formado por una capa elastomérica y un sustrato compuesto por fragmentos de caucho especial para la construcción de suelos flotantes. Éste será el material sobre el que se apoyará el suelo de linóleo. Ofrece una carga de trabajo de 100-500 Kg/m², suficiente para el peso que deberá soportar.
- **PKB-2:** compuesto aislante constituido por una lámina base de material bituminoso conjuntamente con un estrato de material poroso a base de fibras textiles. Es un material flexible y pesado que se adapta a cualquier superficie que impide el paso de vibraciones.

3.2.4.1.2. Elementos horizontales: techo

El techo de las salas está formado por losas de hormigón, por debajo de las cuales se instalará un techo acústico. El techo acústico estará compuesto por dos partes: el primer techo que proporcionará aislamiento acústico, y el segundo techo que acondicionará acústicamente la sala.

El primer techo estará compuesto de un sándwich acústico que incorpora una lámina sintética insonorizante autoadhesiva como elemento aislante acústico entre dos placas de yeso laminar y adherido al forjado de 13 mm, estructura suspendida mediante amortiguadores y panel de lana de roca de 70 kg/m³ de densidad. Por debajo del primero techo, se instalará el segundo techo que estará formado por un techo desmontable de placas fonoabsorbentes en color negro tipo tonga o similar.

Todas las instalaciones deberán de discurrir entre el techo aislante acústico y el techo de acondicionamiento, no pudiendo atravesar el techo aislante bajo ningún concepto.

3.2.4.1.3. Elementos verticales: cerramientos

Tal y como se indicó anteriormente, las salas técnicas serán las salas que contarán con un sistema de aislamiento especial para evitar por un lado que la actividad que se genere en cada una de estas salas merme en la actividad de las salas colindantes así como que la actividad del resto de salas afecte a la actividad de nuestras salas técnicas.

Tenemos que tener en cuenta no existe ningún tipo de cerramiento dentro del recinto destinado a nuestro laboratorio por lo que por un lado tenemos que emplear una serie de materiales para construir la primera pared que va a separar las distintas estancias y seguidamente aplicar el aislamiento necesario a cada uno de estos cerramientos.

La primera pared estará compuesta por bloques de hormigón acústicos denominados Soundblox. Seguidamente, el tabique vertical que hay que construir y que será el que aisle acústicamente cada una de nuestras estancias del resto. Para ello, entre la pared que ya existe y la nueva pared dejaremos una cámara de aire de unos 10 cm. Seguidamente entre los montantes colocaremos una banda de lana de roca de 4 cm de

espesor. A continuación colocaremos las capas de cartón yeso de 15 mm cada una de ellas separadas por una banda acústica. Destacar que esta nueva pared se construirá sobre el suelo ya aislado por lo que será necesario colocar una banda acústica entre el suelo ya existente y la pared a construir.

3.2.4.1.4. Elementos separadores: visores

La única sala técnica del centro que dispondrá de un visor será el estudio de locución. El visor que separa el estudio de locución del estudio de sonido estará formado por un doble cerco metálico de 40 mm de espesor incorporando vidrios pulidos, laminados 4+4 y 6+6 mm. de espesor y no paralelos para evitar reflexiones en el interior de la cámara montados sobre un perfil de goma y mejorar el aislamiento acústico de los vidrios. El relleno interior será de lana de roca recubierta por un velo de fibra de vidrio. Destacar que Las dimensiones del visor serán 884 x 884 mm en su interior y 1000x1000 mm de marco exterior. El aislamiento acústico medio será de 48 dB.

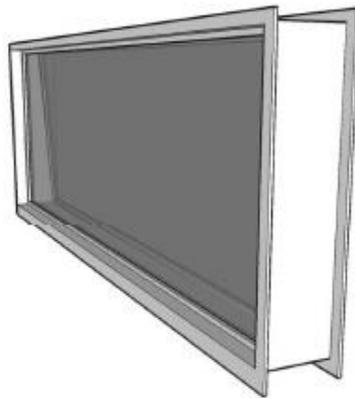


Figura 46. Visor acústico

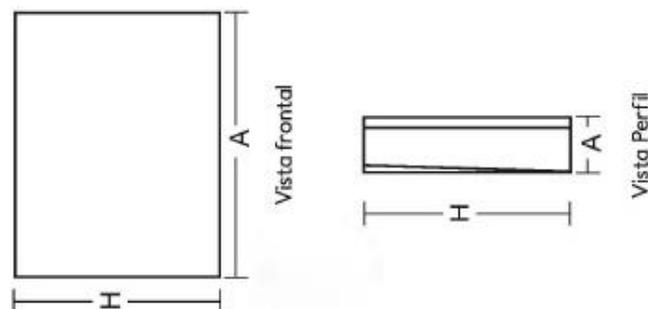


Figura 47. Vistas

El aislamiento acústico que proporciona el visor en función de la frecuencia (y basado en los resultados de medidas in situ obtenidos mediante un método de ingeniería, UNE EN ISO 140:3) se muestra en la tabla dada a continuación:

Frecuencia (Hz)	R' (dB)	Frecuencia (Hz)	R' (dB)	Frecuencia (Hz)	R' (dB)
50	20.9	250	40.8	1250	61.6
63	20.2	315	45.1	1600	63.5
80	24.4	400	49.7	2000	65.3
100	27.4	500	54.1	2500	69.9
125	30.2	630	56.7	3150	73.9
160	33.6	800	62.9	4000	77.5
200	37	1000	62.5	5000	80.6

Tabla 7. Niveles de aislamiento en función de la frecuencia del visor acústico

3.2.4.1.5. Elementos separadores: puertas acústicas

El aislamiento acústico que aporta una puerta acústica no sólo depende de la hoja en sí, el aislamiento dependerá de la masa superficial de la puerta, sino que hay que tener en cuenta otros detalles fundamentales tales como: marco - premarco y las juntas alrededor del perímetro de la puerta. La mayor dificultad en el sellado de una puerta acústica estará en su parte inferior por lo que este problema se resuelve colocando un marco inferior a modo de escalón, la ausencia de este marco inferior podrá ocasionar problemas de transmisión de sonido a través del hueco entre puerta y suelo.

Las puertas acústicas RS10, que han sido las elegidas, presentan un aislamiento medio de 54 dB. Este tipo de puertas acústicas tienen 91mm de espesor, compuestas de marco y hojas metálicas en chapa pulida de 1,5 mm de espesor, doble estanqueidad y rellenas de materiales fonoabsorbentes. Las medidas de las puertas serán son de 2050 x 900 mm.

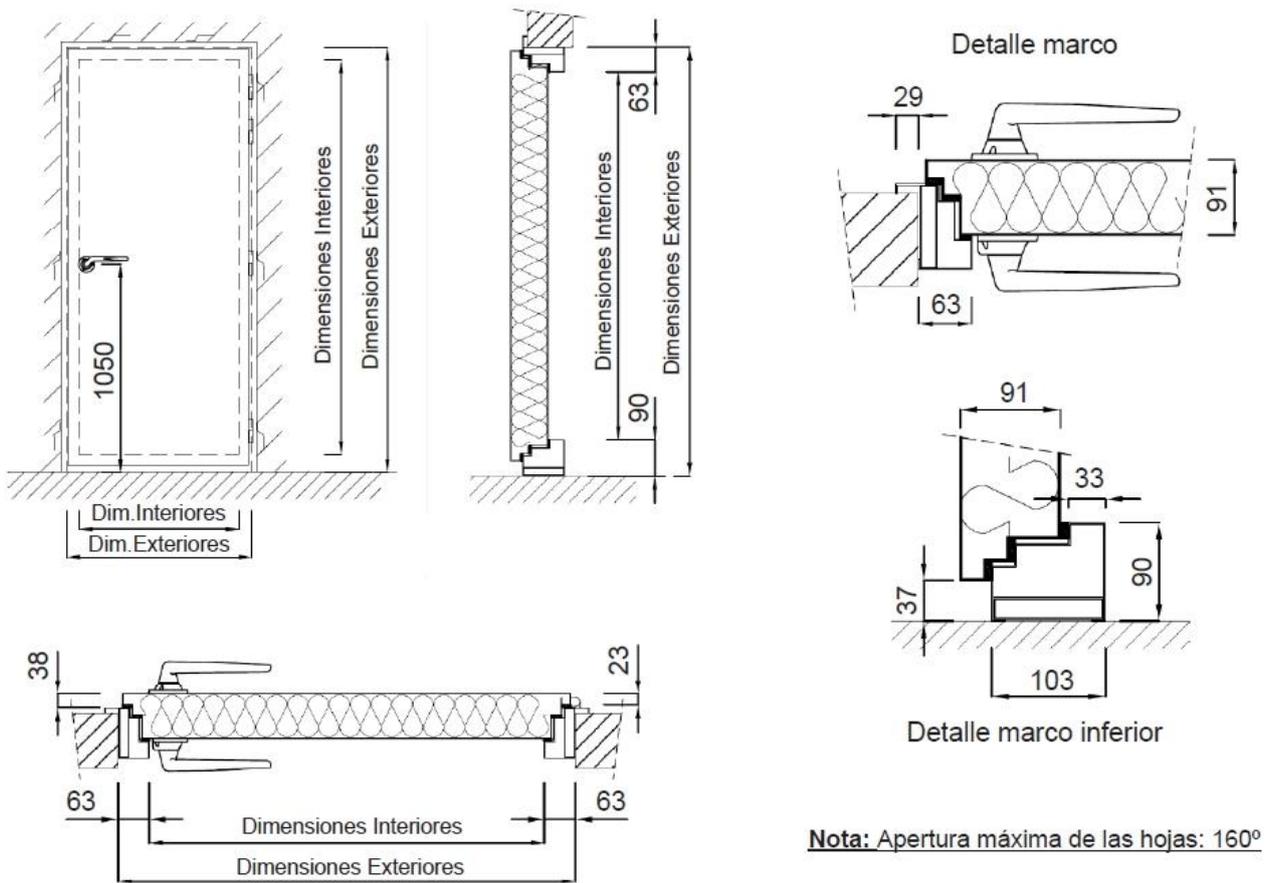


Figura 48. Detalles constructivos de una puerta acústica

El aislamiento acústico que proporciona esta puerta son:

Frecuencia (Hz)	R' (dB)	Frecuencia (Hz)	R' (dB)
125	34.3	1000	56.1
250	43.3	2000	56.2
500	53.9	4000	62.2

Tabla 8. Niveles de aislamiento acústico de la puerta

Frecuencia (Hz)	RS10
Índice global de reducción acústica, R_w (C; Ctr)	54 (-2;-8) dB
Índice global de reducción acústica ponderado A, RA	52.3 dBA

Tabla 9. Niveles de aislamiento acústico de la puerta

3.2.5. Acondicionamiento acústico de las salas

Tal y como se indicó anteriormente, la principal herramienta con la que cuentan los técnicos encargados de acondicionar acústicamente una sala es conocer el tiempo de reverberación específico de dicha sala, partiendo de que dicho tiempo debe ser inferior a 2 segundos.

Para conocer si necesitamos acondicionar acústicamente cada una de nuestras salas, calcularemos a través de la fórmula de Sabine, el tiempo de reverberación de cada una de las salas. En el caso de que en una sala o varias salas el tiempo de reverberación obtenido no sea el adecuado, se propondrán diversas modificaciones en dichas salas para mejorarlas en cuanto a acondicionamiento acústico se refiere.

Para el cálculo del tiempo de reverberación utilizaremos la fórmula simplificada de Sabine,

$$TR_{60} = \frac{0.161 V}{A}$$

$$A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

Para realizar el cálculo de la fórmula de Sabine primero necesitamos calcular la superficie total del recinto así como la absorción global, también necesitaremos el valor del volumen. La superficie total del recinto la podemos calcular rápidamente, multiplicando las dimensiones de cada superficie y sumándolas. Por otro lado deberemos calcular la absorción total de los materiales, para el cálculo de la fórmula de Sabine obtendremos la absorción global de los materiales en todas las frecuencias. Después calcularemos la absorción media de toda la superficie del recinto, que será distinta según la cantidad de superficie que ocupe cada material en la sala.

3.2.5.1. Set de grabación (plató)

En estudios de televisión de pequeño o medio tamaño, las restricciones de la reverberación no serán tan grandes como en los estudios de mayor tamaño, ya que las dimensiones no permiten reflexiones con retardos elevados. Los ruidos producidos tampoco son tan excesivos al no existir prácticamente movimiento de equipos. Los micrófonos empleados pueden estar ocultos en el campo de la cámara o incluso visible en el mismo.

Las mesas y escritorios que se empleen deben estar contruidos de forma que no contengan ninguna cavidad cerrada o profunda. La superficie superior debe incluir en su parte central una zona transparente al sonido. No deben existir superficies reflectantes detrás del micrófono.

Puesto que se van a grabar distintos tipos de programa, habrá que llegar a soluciones de compromiso con relación a los valores de: tiempo de reverberación; absorción acústica; inteligibilidad.

El tiempo de reverberación de compromiso para este tipo de recintos donde se pretende grabar voz y música, debe estar en torno a los 0,20 y 0,40 segundos, sin que existan grandes diferencias de tiempo de

reverberación entre las frecuencias. Es un tiempo bajo para grabar música o palabra, por lo que se podría considerar un tiempo un poco mayor.

3.2.5.1.1. Resultados

Los materiales con lo que serán revestidas las paredes, suelo y techo de la sala de grabación son:

- **Paredes:** las paredes de esta estancia serán revestidas de material fonoabsorbente para tratarlas acústicamente, concretamente pegado a la pared habrá corcho perforado para tratar de acondicionar acústicamente el recinto.

Material	Frecuencia (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Corcho perforado	0.14	0.32	0.95	0.90	0.72	0.65

Tabla 10. Coeficientes de absorción para distintas frecuencias del corcho perforado

- **Techo:** el segundo falso techo de nuestro set de televisión será un falso techo desmontable fonoabsorbente FON-ACUSTIC 600 Negro.

Material	Frecuencia (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Material fonoabsorbente	0.41	0.82	0.96	0.92	0.97	--

Tabla 11. Coeficientes de absorción para distintas frecuencias del material fonoabsorbente Fon – Acustic 600

- **Suelo:** el suelo de este recinto estará recubierto por linóleo acústico

Material	Frecuencia (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Linóleo	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04

Tabla 12. Coeficientes de absorción para distintas frecuencias del linóleo acústico

Además de tener en cuenta los distintos coeficientes de absorción para diferentes frecuencias de las paredes, techo y suelo del set de grabación, es necesario conocer también el coeficiente de absorción de las puertas y ventanas que existen en este recinto.

Material	Frecuencia (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Puertas acústicas RS10	0.32	0.41	0.54	0.57	0.57	0.61

Tabla 13. Coeficientes de absorción para distintas frecuencias de la puerta acústica RS10

Material	Frecuencia (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Vidrio	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02

Tabla 14. Coeficientes de absorción para distintas frecuencias de las cristaleras del set de grabación

Conocido el coeficiente de absorción para distintas frecuencias de los materiales que recubren las paredes del set de grabación, así como el coeficiente de absorción de puertas y ventanas de ese espacio, podemos calcular el tiempo de reverberación de la sala para conocer si es un tiempo óptimo o por el contrario necesitamos mejorar acústicamente este espacio.

Las dimensiones del set de grabación podemos encontrarlas en la siguiente tabla:

Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Volumen (m ³)
8	10	2.7	216

Tabla 15. Volumen total del set de grabación

A continuación calcularemos las distintas superficies existentes en el set de grabación para poder calcular la superficie total con la que se va a cubrir un determinado material.

	Ancho (m)	Alto (m)	Superficie (m ²)
Pared lateral 1	10	2.7	27
Pared lateral 2	4.5+3.3	2.7	21.06
Pared frontal 1	7.1	2.7	19.17
Pared frontal 2	7.1	2.7	19.17
Techo	8	10	80
Suelo	8	10	80
Puertas	0.9	2.05	1.845

Cristaleras	2	2.5	5
-------------	---	-----	---

Tabla 16. Superficie de cada una de las paredes y elementos del set de grabación

Conocidas las superficies de cada una de las paredes, techo, suelo y elementos del set de grabación es necesario conocer con qué material se va a recubrir cada uno de estos elementos y realizar el cálculo total de la superficie total con la que se va a recubrir un determinado material. En las tablas, que se muestran a continuación, podemos encontrar estos valores

	Superficie (m ²)	Material a recubrir
Pared lateral 1	27	Corcho perforado
Pared lateral 2	21.06	Corcho perforado
Pared frontal 1	19.17	Corcho perforado
Pared frontal 2	19.17	Corcho perforado
Techo	80	Material fonoabsorbente FON-ACUSTIC 600
Suelo	80	Linóleo acústico
Puertas	1.845	--
Cristaleras	5	--

Tabla 17. Superficie a cubrir por los materiales acústicos

Material	Superficie (m ²)
Corcho perforado	86.4
Material fonoabsorbente FON-ACUSTIC	80
Linóleo acústico	80
Puertas	1.845
Cristaleras	5

Tabla 18. Superficie a cubrir por los materiales acústicos

Como ya conocemos la superficie total a recubrir con para cada uno de los materiales, las tablas que se muestran a continuación mostrarán los distintos valores del parámetro A que necesitaremos para posteriormente conocer el tiempo de reverberación de la sala.

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Corcho perforado	86.4	125	0.14	12.096
		250	0.32	27.648
		500	0.95	82.08
		1000	0.90	77.76
		2000	0.72	62.208
		4000	0.65	56.16

Tabla 19. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Material fonoabsorbente	80	125	0.41	32.8
		250	0.82	65.6
		500	0.96	76.8
		1000	0.92	73.6
		2000	0.97	77.6
		4000	--	

Tabla 20. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Linóleo	80	125	0.03	2.4
		250	0.03	2.4
		500	0.03	2.4
		1000	0.04	3.2
		2000	0.04	3.2
		4000	0.04	3.2

Tabla 21. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Puertas acústicas	3.69	125	0.32	1.1808
		250	0.41	1.5128
		500	0.54	1.98
		1000	0.57	2.102
		2000	0.57	2.102
		4000	0.61	2.2508

Tabla 22. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Cristaleras	10	125	0.18	1.8
		250	0.06	0.6
		500	0.04	0.4
		1000	0.03	0.3
		2000	0.02	0.2
		4000	0.02	0.2

Tabla 23. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Frecuencia (Hz)	Valor	Total
125	(27.648+32.8+2.4+1.1808+1.8)	65.8288
250	(35.424+65.6+2.4+1.5128+0.6)	105.5368
500	(46.656+76.8+2.4+1.98+0.4)	128.236
1000	(49.248+73.6+3.2+2.102+0.3)	128.45
2000	(49.248+77.6+3.2+2.102+0.2)	131.35
4000	(52.704+3.2+2.25+0.2)	58.354

Tabla 24. Superficie de cada una de las paredes y elementos del set de grabación

Como ya conocemos el valor de A para cada una de las frecuencias, ya podemos calcular el valor del tiempo de reverberación para cada frecuencia. La siguiente tabla muestra los valores de reverberación obtenidos:

Frecuencia (Hz)	Tiempo de Reverberación
125	0.5282
250	0.3295
500	0.2711
1000	0.2940
2000	0.2647
4000	0.5959

Tabla 25. Tiempo de reverberación de la sala de grabación

El tiempo de reverberación en este recinto para determinadas frecuencias supera los valores iniciales comentados por lo que habría que reducir estos valores poniendo materiales absorbentes o similar hasta conseguir para estas frecuencias (125, 4000) un tiempo óptimo. Cabe destacar que las frecuencias que realmente nos interesan son las que están en el intervalo de los 500 a 2000 y para estas frecuencias obtenemos el tiempo teórico de reverberación óptimo.

Como conclusión general de este recinto, con los valores obtenidos se puede afirmar que es un recinto adecuado para el uso que se le va a dar, ya que los parámetros acústicos cumplen los objetivos. El tiempo de reverberación, un poco alto, pero debido a las circunstancias de uso y gente usando el recinto, se considera óptimo.

3.2.5.2. Sala de realización

El acondicionamiento acústico de la sala de realización donde se trabajará tanto con señales de audio como con señales de video se tratará con materias absorbentes y reflejantes para conseguir un espacio libre de reflexiones en la zona de escucha del técnico de sonido para que el sonido procedente de los monitores sea lo más natural posible sin sufrir ningún tipo de modificación debido a la mala acústica del recinto. Para este tipo de recintos los valores ideales sobre los que debe oscilar el tiempo de reverberación son 0,2 y 0,3 segundos.

Al igual que en el apartado anterior, será necesario calcular el tiempo de reverberación para saber si los materiales con los que inicialmente se ha acondicionado la sala de realización son los adecuados o por el contrario es necesario realizar algún tipo de mejora en cuanto al acondicionamiento acústico de la sala.

3.2.5.2.1. Resultados

Los materiales con lo que serán revestidas las paredes, suelo y techo de la sala de grabación son los mismos materiales con los que se han revestido las paredes, suelo y techo del set de grabación por lo que los valores de absorción de cada uno de los materiales ya los conocemos.

Seguiremos los mismos pasos que en el apartado anterior para calcular el tiempo de reverberación.

Las dimensiones de la sala de realización son:

Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Volumen (m ³)
8	5.9	2.7	127.44

Tabla 26. Volumen total de la sala de realización

A continuación calcularemos las distintas superficies existentes en la sala de realización para poder calcular la superficie total con la que se va a cubrir un determinado material.

	Ancho (m)	Alto (m)	Superficie (m ²)
Pared lateral 1	1.4+2.7	2.7	11.07
Pared lateral 1	1.5	0.55	0.825
Pared lateral 2	2.9	2.7	7.83
Pared frontal 1	7.1	2.7	19.17
Pared frontal 1	0.9	2.1	1.89
Pared frontal 2	7.1	2.7	19.17
Pared frontal 2	0.9	2.1	1.89
Techo	8	10	80
Suelo	8	10	80
Puertas tipo 1	0.9	2.05	1.845
Puertas tipo 2	1.5	2.05	3.075
Cristaleras	2	2.5	5

Tabla 27. Superficie de cada una de las paredes y elementos de la sala de realización

Conocidas las superficies de cada una de las paredes, techo, suelo y elementos de la sala de realización es necesario conocer con qué material se va a recubrir cada uno de estos elementos y realizar el cálculo de la superficie total con la que se va a recubrir un determinado material. En las tablas, que se muestran a continuación, podemos encontrar estos valores

	Superficie (m ²)	Material a recubrir
Pared lateral 1	11.895	Corcho perforado
Pared lateral 2	7.83	Corcho perforado
Pared frontal 1	21.06	Corcho perforado
Pared frontal 2	21.06	Corcho perforado
Techo	80	Material fonoabsorbente FON-ACUSTIC 600
Suelo	80	Linóleo acústico
Puertas tipo 1	3.69	--
Puertas tipo 2	3.075	
Cristaleras	10	--

Tabla 28. Superficie a cubrir por cada uno de los materiales acústicos

Material	Superficie (m ²)
Corcho perforado	61.845
Material fonoabsorbente FON-ACUSTIC	80
Linóleo acústico	80
Puertas	6.765
Cristaleras	10

Tabla 29. Superficie a cubrir por cada uno de los materiales acústicos

Como ya conocemos la superficie total a recubrir con para cada uno de los materiales, las tablas que se muestran a continuación mostrarán los distintos valores del parámetro A que necesitaremos para posteriormente conocer el tiempo de reverberación de la sala.

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Corcho perforado	61.845	125	0.14	8.6583
		250	0.32	19.79

	500	0.95	58.752
	1000	0.90	55.66
	2000	0.72	44.528
	4000	0.65	40.199

Tabla 30. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Material fonoabsorbente	80	125	0.41	32.8
		250	0.82	65.6
		500	0.96	76.8
		1000	0.92	73.6
		2000	0.97	77.6
		4000	--	

Tabla 31. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Linóleo	80	125	0.03	2.4
		250	0.03	2.4
		500	0.03	2.4
		1000	0.04	3.2
		2000	0.04	3.2
		4000	0.04	3.2

Tabla 32. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Puertas	6.765	125	0.32	2.1648
		250	0.41	2.773
		500	0.54	3.653

1000	0.57	3.856
2000	0.57	3.856
4000	0.61	4.126

Tabla 33. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Cristaleras	10	125	0.18	1.8
		250	0.06	0.6
		500	0.04	0.4
		1000	0.03	0.3
		2000	0.02	0.2
		4000	0.02	0.2

Tabla 34. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Frecuencia (Hz)	Valor	Total
125	(8.6583+32.8+2.4+2.1648+1.8)	47,8231
250	(19.79+65.6+2.4+2.773+0.6)	91,163
500	(58.752+76.8+2.4+3.653+0.4)	142,005
1000	(55.66+73.6+3.2+3.856+0.3)	136,616
2000	(44.528+77.6+3.2+3.856+0.2)	129,384
4000	(40.199+3.2+4.126+0.2)	47,725

Tabla 35. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Como ya conocemos el valor de A para cada una de las frecuencias, ya podemos calcular el valor del tiempo de reverberación para cada frecuencia. La siguiente tabla muestra los valores de reverberación obtenidos:

Frecuencia (Hz)	Tiempo de Reverberación (s)
125	0,4214
250	0,2211

500	0,1419
1000	0,1475
2000	0,1557
4000	0,4223

Tabla 36. Tiempo de reverberación sala de realización

Como conclusión general de este recinto, con los valores obtenidos se puede afirmar que es un recinto adecuado para el uso que se le va a dar, ya que los parámetros acústicos cumplen los objetivos. El tiempo de reverberación, un poco alto, pero debido a las circunstancias de uso y gente usando el recinto, se considera óptimo.

3.2.5.3. Estudio de sonido

Al igual que hemos visto para el apartado anterior, sala de realización, el tiempo de reverberación óptimo para el estudio de sonido es de 0,2 - 0,3 segundos. Se intentará lograr valores aproximados y sin grandes diferencias de tiempo entre las distintas frecuencias.

3.2.5.3.1. Resultados

Los materiales con los que serán revestidas las paredes, suelo y techo del estudio de sonido son los mismos materiales con los que se han revestido las paredes, suelo y techo de las salas descritas anteriormente por lo que los valores de absorción de cada uno de los materiales ya los conocemos.

Seguiremos los mismos pasos que en apartados anteriores para calcular el tiempo de reverberación.

Al tratarse de una sala cuya geometría es irregular, es necesario descomponer la geometría de esta sala en polígonos regulares para hacer el cálculo tanto del volumen de la misma como de las distintas superficies que componen la misma.

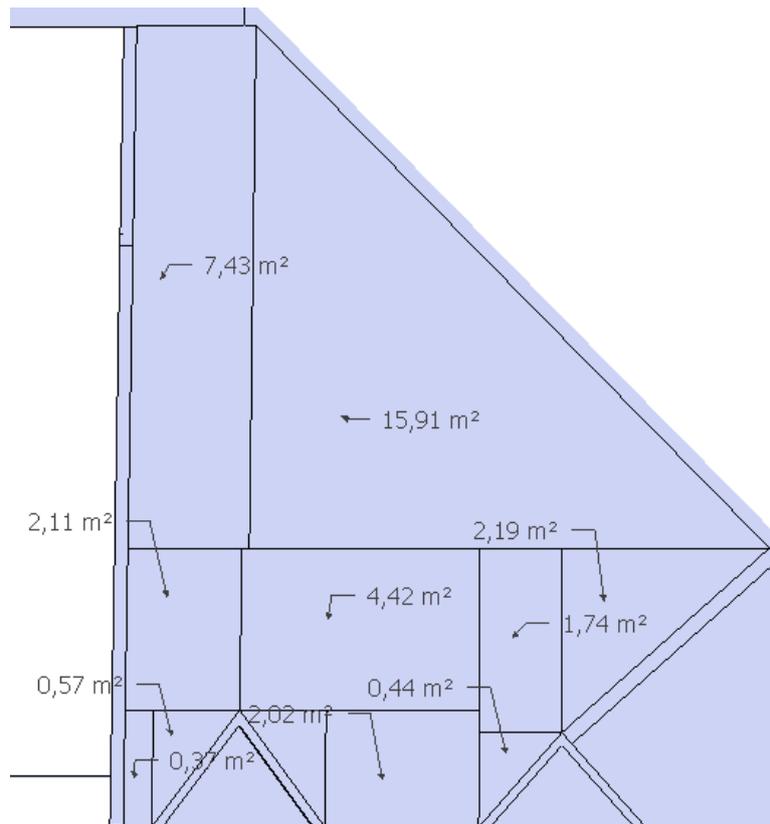


Figura 49. Superficie estudio de sonido

$$7.43 + 2.11 + 0.37 + 0.57 + 2.02 + 4.42 + 15.91 + 2.19 + 1.74 + 0.44 + 0.57 = 37.77 \text{ m}^2$$

$$33.77 \text{ m}^2 * 2.7 \text{ m} = 101.979 \text{ m}^3$$

Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Volumen (m ³)
8	--	2.7	101.979

Tabla 37. Volumen estudio de sonido

A continuación calcularemos las distintas superficies existentes en el estudio de sonido para poder calcular la superficie total con la que se va a cubrir un determinado material.

	Ancho (m)	Alto (m)	Superficie (m ²)
Pared lateral 1	8	2.7	21.6
Pared lateral 2	0.9	0.55	0.495
Pared lateral 3	1.8	2.7	4.86
Pared frontal 4	7.7	2.7	20.79
Pared frontal 5	1.1	2.7	2.97

Pared frontal 6	0.884	1.816	1.605
Techo	--	--	37.77
Suelo	--	--	37.77
Puertas tipo 1	0.9	2.05	1.845
Cristaleras	2	2.5	5
Visor	0.884	0.884	0.781

Tabla 38. Superficie de cada una de las paredes y elementos del estudio de sonido

Como ya conocemos las superficies de cada una de las paredes, techo, suelo y elementos del estudio de sonido es necesario, en las siguientes tablas indicaremos la superficie total que se va a recubrir con un mismo material.

	Superficie (m ²)	Material
Pared lateral 1	21.6	Corcho perforado
Pared lateral 2	0.495	Corcho perforado
Pared lateral 3	4.86	Corcho perforado
Pared frontal 4	20.79	Corcho perforado
Pared frontal 5	2.97	Corcho perforado
Pared frontal 6	1.605	Corcho perforado
Techo	37.77	Material fonoabsorbente FON-ACUSTIC
Suelo	37.77	Linóleo
Puertas tipo 1	1.845	--
Cristaleras	5	--
Visor	0.781	--

Tabla 39. Superficie a cubrir con cada uno de los materiales acústicos

Material	Superficie (m ²)
Corcho perforado	52.25
Material fonoabsorbente FON-ACUSTIC	37.77

Linóleo acústico	37.77
Puertas	3.69
Cristaleras	10
Visor	0.781

Tabla 40. Superficie a cubrir con cada uno de los materiales acústicos

Como ya conocemos la superficie total a recubrir con para cada uno de los materiales, las tablas que se muestran a continuación mostrarán los distintos valores del parámetro A que necesitaremos para posteriormente conocer el tiempo de reverberación de la sala.

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Corcho perforado	52.25	125	0.14	7.315
		250	0.32	16.72
		500	0.95	49.63
		1000	0.90	47.025
		2000	0.72	37.62
		4000	0.65	33.96

Tabla 41. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Material fonoabsorbente	37.77	125	0.41	15.48
		250	0.82	30.97
		500	0.96	36.25
		1000	0.92	34.74
		2000	0.97	36.63
		4000	--	

Tabla 42. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Linóleo	37.77	125	0.03	1.13
		250	0.03	1.13
		500	0.03	1.13
		1000	0.04	1.51
		2000	0.04	1.51
		4000	0.04	1.51

Tabla 43. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Puertas	3.69	125	0.32	1.18
		250	0.41	1.51
		500	0.54	1.99
		1000	0.57	2.10
		2000	0.57	2.10
		4000	0.61	2.25

Tabla 44. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Cristaleras	10	125	0.18	1.8
		250	0.06	0.6
		500	0.04	0.4
		1000	0.03	0.3
		2000	0.02	0.2
		4000	0.02	0.2

Tabla 45. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Visor	0.781	125	0.25	0.195
		250	0.10	0.0781
		500	0.07	0.054
		1000	0.06	0.046
		2000	0.04	0.031
		4000	0.02	0.015

Tabla 46. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Frecuencia (Hz)	Valor	Total
125	(7.315+15.48+1.13+1.18+1.18+1.8+0.195)	118.72
250	(16.72+30.97+1.13+1.51+0.6+0.0781)	51.008
500	(49.03+36.25+1.13+1.99+0.4+0.054)	88.854
1000	(47.0625+34.74+1.51+2.10+0.3+0.046)	73.396
2000	(37.62+36.63+1.51+2.10+0.2+0.031)	78.091
4000	(33.96+1.51+2.25+0.2+0.015)	37.935

Tabla 47. Área total a cubrir por los materiales acústicos en función del coeficiente de absorción de los mismos para distintas frecuencias

Como ya conocemos el valor de A para cada una de las frecuencias, ya podemos calcular el valor del tiempo de reverberación para cada frecuencia. La siguiente tabla muestra los valores de reverberación obtenidos:

Frecuencia (Hz)	Tiempo de Reverberación (s)
125	0,138
250	0,321
500	0.184
1000	0,223
2000	0,210

4000	0,432
------	-------

Tabla 48. Tiempo de reverberación estudio de sonido

3.2.5.4. Estudio de locución

Se pretende conseguir un tiempo de compromiso entre los tiempos de reverberación adecuados para voz y música, por lo que, debido a esto y al volumen del recinto, un tiempo de reverberación adecuado para la cabina de grabación tendrá valores entre 0,2 y 0,4 segundos.

3.2.5.4.1. Resultados

Los materiales con lo que serán revestidas las paredes, suelo y techo de la sala de grabación son los mismos materiales con los que se han revestido las paredes, suelo y techo de las salas descritas anteriormente por lo que los valores de absorción de cada uno de los materiales ya los conocemos.

Seguiremos los mismos pasos que en apartados anteriores para calcular el tiempo de reverberación.

Al tratarse de una sala cuya geometría es irregular, es necesario descomponer la geometría de esta sala en polígonos regulares hacer el cálculo tanto del volumen de la misma como de las distintas superficies que componen la misma.

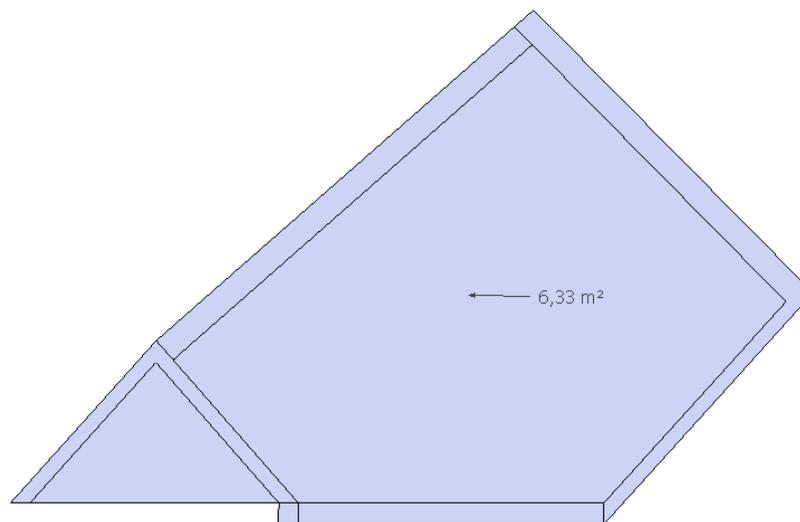


Figura 50. Superficie sala estudio de locución.

Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Volumen (m ³)
--	-	2.7	17.091

Tabla 49. Volumen total del estudio de locución

A continuación calcularemos las distintas superficies existentes en el estudio de locución para poder calcular la superficie total con la que se va a cubrir un determinado material.

	Ancho (m)	Alto (m)	Superficie (m ²)
Pared lateral 1	2.2	2.7	5.94
Pared lateral 2	1.6	2.7	4.32
Pared lateral 3	2.1	2.7	5.67
Pared lateral 4	1.1	2.7	2.97
Pared lateral 5	0.884	1.816	1.60
Techo	--	--	6.33
Suelo	--	--	6.33
Puertas	0.9	2.05	1.845
Cristaleras	2	2.5	5
Visor	0.884	0.884	0.781

Tabla 50. Superficie de cada una de las paredes y elementos del estudio de locución

A continuación calcularemos las distintas superficies existentes en el estudio de locución para poder calcular la superficie total con la que se va a cubrir un determinado material.

	Superficie (m ²)	Material
Pared lateral 1	5.94	Corcho perforado
Pared lateral 2	4.32	Corcho perforado
Pared lateral 3	5.67	Corcho perforado
Pared lateral 4	2.97	Corcho perforado
Pared lateral 5	1.60	Corcho perforado
Techo	6.33	Material fonoabsorbente
Suelo	6.33	Linóleo
Puertas	1.845	--
Cristaleras	5	--
Visor	0.781	--

Tabla 51. Superficie a cubrir por cada uno de los materiales acústicos

Material	Superficie (m ²)
Corcho perforado	20.5
Material fonoabsorbente FON-ACUSTIC	6.33
Linóleo acústico	6.33
Puertas	1.845
Cristaleras	5
Visor	0.781

Tabla 52. Superficie a cubrir por cada uno de los materiales acústicos

Como ya conocemos la superficie total a recubrir con para cada uno de los materiales, las tablas que se muestran a continuación mostrarán los distintos valores del parámetro A que necesitaremos para posteriormente conocer el tiempo de reverberación de la sala.

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Corcho perforado	20.5	125	0.14	2.87
		250	0.32	6.56
		500	0.95	17.475
		1000	0.90	18.45
		2000	0.72	14.76
		4000	0.65	13.325

Tabla 53. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Material fonoabsorbente	6.33	125	0.41	2.5953
		250	0.82	5.1906
		500	0.96	6.0768
		1000	0.92	5.8236
		2000	0.97	6.1401
		4000	--	--

Tabla 54. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Linóleo	6.33	125	0.03	0.1899
		250	0.03	0.1899
		500	0.03	0.1899
		1000	0.04	0.2532
		2000	0.04	0.2532
		4000	0.04	0.2532

Tabla 55.. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Puertas	1.845	125	0.32	0.5904
		250	0.41	0.7564
		500	0.54	0.9963
		1000	0.57	1.051
		2000	0.57	1.051
		4000	0.61	1.125

Tabla 56. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Cristaleras	5	125	0.18	0.9
		250	0.06	0.3
		500	0.04	0.2
		1000	0.03	0.15
		2000	0.02	0.1
		4000	0.02	0.1

Tabla 57. Superficie de cada una de las paredes y elementos del set de grabación

Material	Superficie (m ²)	Frecuencia (Hz)	Valor	Total
Visor	0.781	125	0.25	0.195
		250	0.10	0.0781
		500	0.07	0.054
		1000	0.06	0.046
		2000	0.04	0.031
		4000	0.02	0.015

Tabla 58. Superficie a cubrir en función del coeficiente de absorción a cubrir para distintas frecuencias

Frecuencia (Hz)	Valor	Total
125	(2.87+2.5953+0.1899+0.5904+0.9+0.195)	7.3406
250	(6.56+5.1906+0.1899+0.7564+0.3+0.0781)	13.075
500	(17.475+6.0768+0.1899+0.9963+0.2+0.054)	24.992
1000	(18.45+5.8236+0.2532+1.051+0.15+0.046)	25.7738
2000	(14.76+6.14+0.2532+1.051+0.1+0.031)	22.3352
4000	(13.325+0.2532+1.125+0.1+0.015)	14.8182

Tabla 59. Área total a cubrir por los materiales acústicos en función del coeficiente de absorción de los mismos para distintas frecuencias

Como ya conocemos el valor de A para cada una de las frecuencias, ya podemos calcular el valor del tiempo de reverberación para cada frecuencia. La siguiente tabla muestra los valores de reverberación obtenidos:

Frecuencia (Hz)	Tiempo de Reverberación (s)
125	0.374
250	0.210
500	0.11
1000	0.10
2000	0.123
4000	0.15

Tabla 60. Tiempo de reverberación estudio de locución

Como conclusión general de este recinto, con los valores obtenidos se puede afirmar que es un recinto adecuado para el uso que se le va a dar, ya que los parámetros acústicos cumplen los objetivos El tiempo de reverberación, un poco alto, pero debido a las circunstancias de uso y gente usando el recinto, se considera óptimo.



04 Equipos

4.1. Tecnología 4K: definición

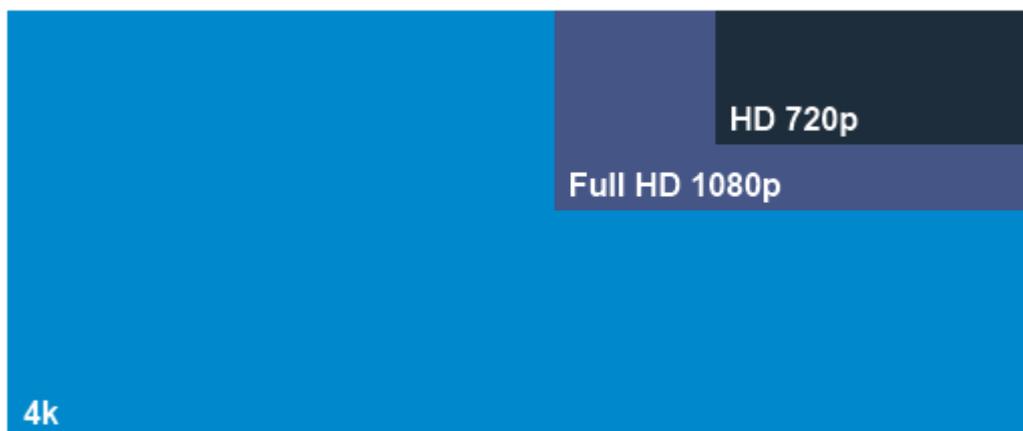
4.1.1. ¿Qué es 4K ó UHD?

El 4K es una nueva resolución de vídeo donde tenemos 4096 x 2160 píxeles, su velocidad de fotogramas por segundos sigue siendo de 24 y la profundidad de color de 8 bits. Así es como define la industria del cine su nuevo formato, el cual denominan 4K DCI.

Mientras tanto los formatos tradicionales de 1080 y 720 píxeles fueron nombrados por el valor de su resolución vertical. El estándar nuevo aumenta más de cuatro veces la definición de la imagen en comparación, por ejemplo, con las resoluciones de 1080p.

En este formato la resolución horizontal se mantiene sin cambiar, mientras que la relación de aspecto varía en función de la resolución vertical. Por ejemplo, 4096 × 2304 es el tamaño del fotograma con la relación de aspecto de 16:9 y el tamaño de 4096 × 3072 equivale a 4:3. Esto es para mantener la relación de aspecto 16/9 con la que ya se emite, evitando las molestas bandas negras.

Además del cambio de resolución tenemos un aumento de la profundidad de color que permite usar vídeos de 10 o 12 bits. Más unas tasas de fotogramas por segundo entorno a los 50 o 60 cuadros. Claro que hay quien espera poder ver hasta 120 fps, un valor que consideran más óptimo para emisiones como partidos de fútbol pero ese es ya un tema más complicado porque los costes de fabricación de televisores así impiden que las marcas lleguen a un compromiso de precio y calidad con los usuarios. Por tanto, por ahora las idea de UHD es ofrecer contenido con resolución de 3860x2160 píxeles, 10 bits de profundidad de color y 50 o 60 fps.



Los ejemplos de las resoluciones de vídeo digital son:

Tipo	Resolución	Píxeles
Full Aperture 4k	4096 x 3112	12.745.752
Academy 4k	3656 x 2664	9.736.584
Digital Cinema 4k	4096 x 1714	7.020.544
Digital Cinema Aperture 4k	3996 x 2160	8.631.360

Tabla 61. Distintas resoluciones vídeo digital

4.1.2. Ventajas de grabar en 4K

El principal y más claro beneficio del formato UHD es una mayor definición. Las imágenes cuentan con más píxeles y se pueden conseguir imágenes tan detalladas que permiten apreciar fácilmente detalles como el vello del brazo o el césped en un partido de fútbol. Además, el aumento de píxeles en el mismo tamaño de pantalla hace que suba la densidad de píxeles, haciendo que el usuario pueda disfrutar de estas pantallas a una distancia menor que una pantalla con misma diagonal pero resolución Full HD.

Y junto a la resolución y una distancia de visionado menor se suma la representación del color. Mucho más realista, las imágenes lucen mejor, con un mayor rango dinámico y sin saltos apreciables en degradados.

4.1.3. Desventajas de grabar en 4K

El primero de ellos es que no podemos transmitir contenido UHD a través de internet de forma óptima en la mayoría de casos debido al gran ancho de banda requerido. Los codecs de compresión actuales no son tan eficientes, castigando en exceso la imagen o generando archivos de un gran tamaño. Por lo que debemos esperar a que el codec HEVC o H.265 se adopte. Claro que también nos obligará a comprar nuevo hardware, como el Sony FMP-X5.

El segundo problema es que ante las dificultades de hacerlo a través de internet tampoco podemos hacerlo en formato físico. Los discos Blu-ray actuales sólo permiten un máximo de 50GB, capacidad insuficiente para películas 4K. Como ya vimos, la primera película 4K ocupaba 160GB. Por tanto, la única solución actual sería hacerlo vendiendo las películas almacenadas en un disco duro, una solución que no es rentable ni para la industria ni el usuario.

4.2. Equipamiento

El equipamiento que finalmente se ha elegido para equipar cada una de las salas que componen el laboratorio que estamos diseñando son los detallados a continuación. La elección de los equipos se ha realizado en función del uso que se le va a dar a cada una de las estancias.

4.2.1. Set de grabación o plató de televisión

Los equipos para el set de grabación así como los equipos elegidos para la sala de realización/control son:

4.2.1.1. Cámaras de vídeo

Las cámaras de vídeo del estudio de televisión deben ser cámaras de alta gama. Para conseguir grabaciones de calidad, se ha propuesto elegir la cámara **Sony HXR-NX5U**, cámara de vídeo que ofrece la máxima flexibilidad operativa, ya que el AVCHD permite grabar los contenidos generados en las tarjetas de memoria asequibles y fáciles de conseguir. Es compatible con la grabación simultánea híbrida HD o SD, gracias una única unidad de memoria flash opcional de 128 GB.



Figura 51. Cámara de vídeo Sony HXR – NX5U

4.2.1.2. Micrófonos inalámbricos

Los sistemas de micrófonos inalámbricos convierten las señales audio creadas por los micrófonos en señales de radio, que son enviadas por el aire por medio de un transmisor hasta un receptor y después pasadas por este al sistema de sonido. Estos sistemas eliminan la necesidad de cables, para que ya no se esté atado a un sistema de sonido y se pueda mover con mayor libertad.

El sistema de micrófono inalámbrico propuesto para el estudio de televisión es: **Shure ULXP14/150/C**. Este sistema de micrófono inalámbrico incluye:

- Receptor ULXP4: Receptor ofrece un valor excepcional en rendimiento y precio, tanto para los músicos que trabajan y los instaladores de sonido. El conjunto de características ampliado del receptor inalámbrico ULXP4 ha avanzado en controles y ajustes bloqueables, y ofrece una ruta directa a las señales de audio claras.

- Transmisor de petaca ULX1: transmisor inalámbrico de petaca UHF altamente resistente para su uso con micrófonos de diadema, corbata y micrófonos de instrumentos, así como guitarras y bajos. Esta unidad ligera se une a su cinturón, pretina o correa de la guitarra con su clip integrado para la movilidad de manos libres.
- Micrófono de solapa MX150: micrófono de solapa multi-posicionado, muy adecuado para la operación de difusión, sermones, presentaciones, megafonía y mucho más. Esta versión cuenta con una conexión TQG para su uso con los transmisores de bolsillo inalámbrico. La Tecnología Commshield de Shure MX150 hace que no se penetre el ruido causado por los teléfonos celulares, PDAs, Wi-Fi y otros RFI. Los micrófono con anti-pop de espuma de encaje y multi-posición de clip de corbata cuentan con un sistema de administración de cables integrado que minimiza el ruido sin aumentar la tensión del cable.



Figura 52. Micrófono inalámbrico Shure Shure ULXP14/150/C

4.2.1.3. Mesa de vídeo

La mesa de vídeo es un sistema que permite seleccionar, mezclar y manipular diferentes fuentes de vídeo. Representa el centro de los canales de televisión, estudios de producción y postproducción de televisión, como elemento físico o simulado dentro de un sistema de edición de vídeo.

La función más elemental que se realiza este dispositivo es la conmutación entre las fuentes. Aparte de las fuentes primarias, las mesas de vídeo proporcionan una serie de señales que complementan la producción. La mayoría de ellas son imágenes de color, pero también pueden guardar en una biblioteca imágenes fijas o pequeños clips de vídeo que complementan las mezclas entre las fuentes primarias.

Para nuestro laboratorio, la mesa elegida ha sido **Mesa digital Yamaha 01V96i con tarjeta de expansión ADAT**. Además de la mesa de vídeo, se han elegido una serie de equipos audiovisuales que acompañarán y permitirán el correcto funcionamiento de esta mesa.



Figura 53. Mesa de mezclas Yamaha

- **Switcher HD-SDI:** la mesa de video se encarga de gestionar señales DVI – D y conmutar hasta 5 entradas a su programa o salida de previsualización.
- **Grabador para SD / HD-SDI:** Grabador para grabar señales SD / HD-SDI
- **Sistema de Intercom:** Sistema de intercomunicación 4 petacas y 4 auriculares de Datavideo

Otros equipos necesarios para la edición y grabación de video, adecuados para trabajar con el mezclador, son:

El **monitor o pantalla de previsualización**, donde las señales de vídeo del mezclador serán enviadas durante la producción y antes de emitirse.

A la salida del PC se obtiene una señal HD-SDI, algunos elementos para visualizar las señales, como proyectores o pantallas LCD, no son compatibles con ese formato, por lo que se aplica el **Convertidor Datavideo DAC-8P**, que convierte una señal de vídeo HD/SD - SDI a HDMI.

Según el uso y la distribución de elementos de visualización en el estudio de televisión, se requiere de un elemento que amplifique la señal SD/HD-SDI que tiene su salida del PC, para así poder visualizar dicha señal en pantallas, proyectores, ordenadores, etc. al mismo tiempo.

4.2.1.4. Mesa de audio

Las señales de audio que serán recogidas en el plató de televisión a través de los micrófonos y son procesadas en el control de audio. El elemento fundamental para su proceso es la mesa de audio, a ella llegan las señales y son tratadas según las necesidades que requiera antes de ser emitidas o grabadas.

Para el estudio de televisión se ha elegido una mesa de audio pequeña pero profesional y adaptada a las necesidades requeridas para las señales acústicas. Este es la **Yamaha MG124C**.



Figura 54. Mesa de audio Yamaha MG124C

4.2.1.5. Monitores de estudio

Los controles de vídeo y audio requieren de monitores estéreo profesionales y adecuados para la función que van a desarrollar. Las señales de audio son transmitidas a través de estos monitores a los controles, donde el técnico capta las señales para trabajar con ellas. Los monitores de estudio para los controles que han sido propuestos son los **monitores activos Monkey Banana Turbo 4**.

4.2.1.6. Ordenador

Se propone el **Apple Mac Pro Desktop Computer (Six-Core)**, con un procesador de 3,5 GHz, 32 GB de RAM y Mac OS X 10.9 para la edición, grabación, post-producción y otras funciones.

4.2.1.7. Equipos adicionales

Otra de las utilidades que se le puede dar al plató de televisión es un plató fotográfico donde realizar sesiones de fotografía con croma o sin él, ya que se dispondrá de una buena iluminación y es un espacio amplio. Para ello, el equipamiento del estudio de televisión se verá completado con una cámara fotográfica Nikon y una lente Nikon 35 MM F/1.8 G DX.

4.2.1.8. Iluminación

En el estudio de televisión es imprescindible tener una buena iluminación para captar imágenes más naturales o adaptadas a las necesidades. Para ello el estudio de televisión dispondrá de un sistema de emparrillado como el que muestra en la siguiente imagen:

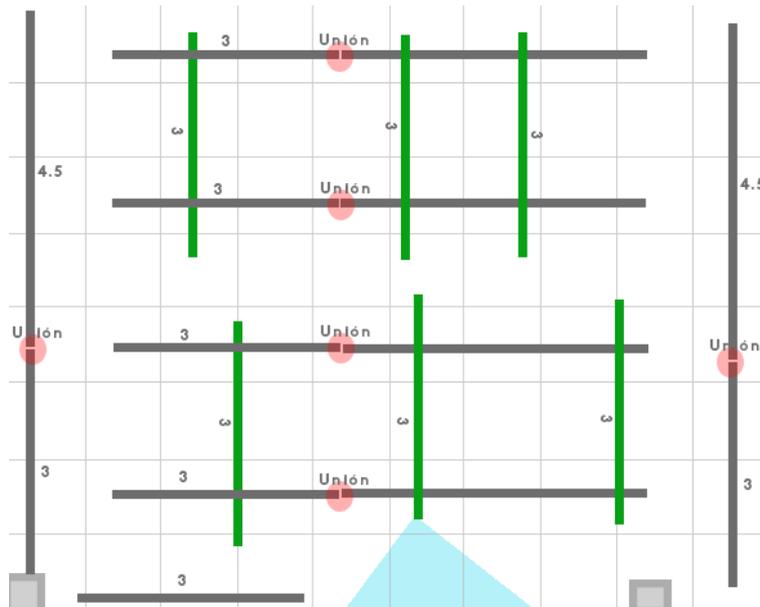


Figura 55. Emparrillado luces set de grabación.

Los distintos tipos de focos que van a ser utilizados en el set de grabación serán:

- **Lowel Prime LED 400**



Figura 57. Foco Lowel Prime Led 400

- **Lowel Prime LED 800**



Figura 58. Foco Lowel Prime Led 800

- **Arri T1 Fresnel 1000 W**



Figura 58. Arri T1 Fresnel 1000W

4.2.2. Equipos estudio de sonido y estudio de locución

Tanto el estudio de sonido como el estudio de locución han sido diseñados con el fin de poder grabar la voz debido a sus escasas dimensiones. De acuerdo con las necesidades de ambas salas, los equipos elegidos han sido los siguientes:

4.2.2.1. Micrófonos

El micrófono elegido para utilizar en el estudio de locución es el micrófono **NEUMANN TLM 102 Niquel Studio Set**, micrófono de condensador que permite además de grabar la voz, permite la grabación de percusión, batería, amplificadores y otras fuentes de sonido muy alto.

4.2.2.2. Mesa de mezclas

La mesa de mezclas es el elemento primordial en el estudio de audio. Dependiendo de lo que se quiera grabar en el estudio, el número de entradas y salidas que se requieran, alimentación phantom, niveles de entrada de las señales, procesamiento interno, etc. se escogerá la mesa de audio más adecuada para sus necesidades. La mesa **para órdenes y/o grabación express Yamaha MG124C** se adapta a las necesidades que se requieren en el estudio de audio, cuenta con un gran número de entradas y salidas, ampliables en caso que sea necesario y sirve tanto para estudio como para directos, por lo que ofrece más prestaciones. Sus características técnicas la hacen muy completa y profesional.

4.2.2.3. Monitores y auriculares

Para el monitoreo en el control de audio es necesario utilizar unos monitores profesionales, con una amplia respuesta en frecuencia, elevada potencia y fieles al sonido que reproduzcan, sin alteraciones. Para ello se han escogido los **monitores activos Monkey Banana Turbo 6**.

Al igual que los monitores, los auriculares deben ser profesionales para el monitoreo en el control de audio, con un amplio rango de frecuencia y potentes. Se han propuesto los auriculares **Senheisser 280 13**, que

cumplen con las características de interés. También se propone el amplificador de auriculares **Samson S-Phone**.

4.2.2.4. Ordenador

Se propone la estación de trabajo **CITRIQ Intel I5 3. GHz Quad 500Gb 8GB RAM** con tarjeta externa de sonido **RME FIREFACE 802** y **protols 11** educacional para la edición, grabación y post-producción del sonido. La estación de trabajo contará con un monitor con salida protols.

4.2.2.5. Accesorios para exteriores

Para la grabación de sonido en exteriores se propone el siguiente equipo:

- **Pértiga para micrófono Rode**



Figura 59. Micrófono de pértiga

- **Micrófono de cañón Sennheiser MKH 416**



Figura 60. Micrófono de cañón

- **Zepelín de pértiga Rycote**



Figura 61. Zeppelin

- **Sistema inalámbrico Sennheiser EW 112 – P G3/ C – Band**



05

Conclusiones
y líneas futuras

Para poder abordar el objetivo de este proyecto, realizar una propuesta de diseño, aislamiento y acondicionamiento acústico para cada una de las salas se han manejado conceptos teóricos relacionados con el aislamiento y acondicionamiento acústico como son niveles de ruido, coeficiente de absorción, tiempos de reverberación, resonadores de Helmholtz, materiales absorbentes, difusores...

Como conclusión general del aislamiento acústico conseguido en cada una de las salas aplicando soluciones de aislamiento en cada caso, se puede afirmar que el aislamiento que se ha obtenido cumple con los mínimos exigidos en el Código Técnico de la Edificación.

Si atendemos al acondicionamiento acústico, se puede afirmar que se han conseguido obtener tiempos de reverberación adecuados según el uso que va a tener cada una de estas salas, pero como línea futura o mejora de esta parte tan importante, se propone que además del cálculo del tiempo de reverberación se realicen simulaciones con programas de predicción acústica tales como EASE, CATT-5.. con el fin de conocer cómo se va a comportar el sonido en una determinada sala. Además de los materiales absorbentes propuestos, sería recomendable realizar una segunda revisión de dicho acondicionamiento acústico para mejorar el tiempo de reverberación a bajas frecuencias con el uso de resonadores y/o difusores.

El diseño y distribución de las salas elegido ha sido el que mejores prestaciones en cuanto a espacio se refiere ofrecía.

La elección de los distintos equipos audiovisuales se ha realizado en función de las necesidades de cada sala teniendo en cuenta que inicialmente queremos cubrir las necesidades básicas de cada una de estas salas para posteriormente adquirir nuevos equipos y ampliar las funciones de estas salas. Cabe destacar que una de las mejoras a realizar en un futuro en el set de grabación es el de poder incluir equipos que graben en tecnología 4k y por lo tanto se pueda ofrecer un contenido a esta resolución o poder emitir en directo y en streaming la actividad de este set de grabación.

Por tanto, el resultado general del proyecto ha sido positivo y satisfactorio, logrando los objetivos principales propuestos.

A continuación se muestran una serie de imágenes con el resultado y ejecución final de este proyecto:



Figura 62. Sala de trabajo



Figura 63. Sala de trabajo



Figura 63. Sala de grabación (plató de televisión) durante una grabación



Figura 63. Sala de grabación (plató de televisión)

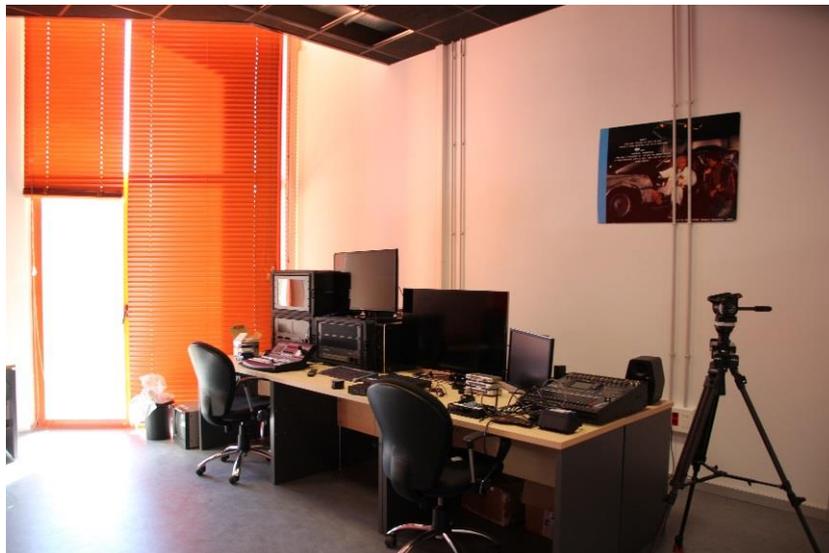


Figura 64. Equipos sala de realización

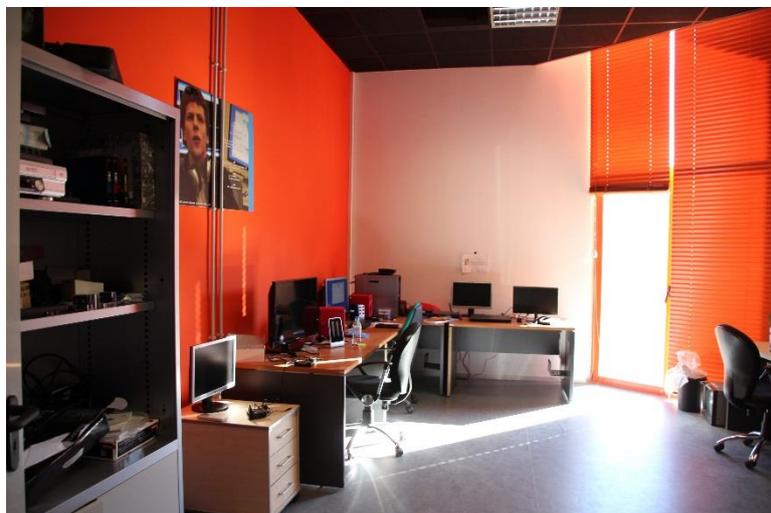


Figura 65. Sala de realización



Figura 66. Estudio de sonido



Figura 67. Estudio de sonido



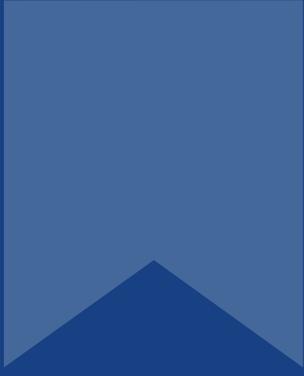
Figura 68. Visor acústico estudio de locución



Figura 69. Estudio de locución



Figura 70. Sala polimedia



06

Bibliografía

▪ **Libros**

Acústica en la edificación, AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación (2002)
(Normativas: UNE-EN ISO 140-4 (1999), UNE-EN ISO 140-5 (1999), UNE-EN ISO 717-1 (1997))

Carrión Isbert, A., Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos, Universitat Politècnica de Catalunya.
(2003)

Querol Noguera, Josep M., Aislamiento acústico en la edificación. Proyecto, cálculo, control técnico y administrativo. Manuales profesionales-III. Colegio de aparejadores y arquitectos técnicos de Tarragona.
(2003)

Recuero López, Manuel, Acústica de Estudios para Grabación Sonora, IORTV (Instituto Oficial de RadioTelevisión Española) (1990)

Recuero López, Manuel y Gil González, C., Acústica Arquitectónica, Madrid, Paraninfo (1993)

▪ **Revistas**

Auralex Acoustics, Total Sound Control Catalog (2006)

ISP Música, Instrumentos y Sonido Profesional.

Producción Audio, sonido e iluminación profesional

▪ **Página web**

www.acoustics101.com

www.acusticaintegral.com

www.alfasoni.com

www.auralex.com

www.auralexuniversity.com

www.bss.co.uk

www.dasaudio.com

www.earpro.es

www.fostex.com

www.genelec.com

www.hispalam.com

www.ispmusica.com

www.letusa.es

www.m-audio.com

www.magnetron.es

www.microfusa.com

www.neumann.com

www.produccionaudio.com

www.reflexion-arts.com

www.sennheiser.com

www.sesaudio.com

www.shure.com

www.tascam.com

www.tcelectronic.com