

PROYECTO DE COMUNICACIONES DE LA NUEVA ESTACIÓN DE USURBIL

ANEJO 7 CALCULOS JUSTIFICATIVOS

TTE-IS-23003-COMS-GEN-ANX-007

REV.1



**We Make
Your Way Easier**

Preparado para:



Nombre: Euskal Trenbide Sarea
Dirección: San Vicente, 8 Planta 14
CP: 48001
Localidad: Bilbao

Preparado por:



Nombre: CAF Turnkey & Engineering
Dirección: Laida Bidea, Edificio 205
CP: 48170
Localidad: Zamudio

PROYECTO DE COMUNICACIONES DE LA NUEVA ESTACIÓN DE USURBIL

ANEJO 7 CALCULOS JUSTIFICATIVOS

TTE-IS-23003-COMS-GEN-ANX-007

REV.1

Revisión del documento		
Revisión	Fecha	Objetivo de la revisión
0	22-12-2023	Edición Inicial
1	27-02-2024	Se incluyen los comentarios proporcionados por ETS

<i>Preparado por</i>		<i>Revisado por</i>		<i>Revisado por</i>	
Nombre	Unai Meabe	Nombre	Ibai Ormaza	Nombre	Mikel San Salvador
Firma	UMM	Firma	IBS	Firma	MSS
Fecha:	23-02-2024	Fecha:	26-02-2024	Fecha:	27-02-2024

Índice de Contenidos

1. OBJETO DEL DOCUMENTO	1
2. COMUNICACIONES	1
2.1. Sistema de almacenamiento de CCTV.....	1
2.1.1. Criterios de dimensionamiento.....	1
2.1.2. Cálculos justificativos grabadores.....	1
2.2. Estudio electroacústico.....	2
2.3. Consideraciones acústicas.....	2
2.3.1. Cálculo de nivel de presión sonora (SPL)	2
2.3.2. Relación Señal a Ruido (S/N)	3
2.3.3. Niveles de ruido previstos	3
2.3.4. Ángulos de cobertura.....	3
2.3.5. Reflexión del sonido.....	3
2.3.6. Campo directo, reflejado y difuso.....	4
2.3.7. Cálculo del tiempo de reverberación	4
2.3.8. Observaciones del tiempo de reverberación	5
2.3.9. Distancia crítica.....	5
2.3.10. Inteligibilidad	5
2.3.11. Software de modelización	6
2.4. Condiciones del estudio	7
2.4.1. Coeficientes de absorción acústica de los materiales	7
2.4.2. Características del recinto.....	7
2.4.3. Condiciones acústicas del recinto	8
2.4.4. Características de los altavoces.....	9
2.4.5. Situación de los altavoces.....	10
2.5. Resultado del estudio Acústico	11
2.5.1. Nivel de presión sonora directa.....	11
2.5.2. Nivel de Presión Sonora Total (SPLT)	14
2.5.3. Niveles de ruido	15
2.5.4. Inteligibilidad de la palabra.....	15
2.5.5. Interpretación de las gráficas	17
2.6. Conclusiones.....	17
2.6.1. Nivel de presión sonora total.....	17
2.6.2. Inteligibilidad de la palabra.....	18

Índice de Figuras

Figura 1: Coeficiente de absorción considerados.....	7
Figura 2: Vista interior de la Estación.....	8
Figura 3: Vista exterior de la Estación.....	8
Figura 4: Tiempos de reverberación del Vestíbulo en función de la frecuencia.....	9
Figura 5: Distribución de altavoces modelizada en vista isométrica.....	10
Figura 6: Distribución de altavoces en vestíbulo en CAD.....	10
Figura 7: Distribución de altavoces en los andenes en CAD.....	11
Figura 8: Mapa de SPL directo a 1/3 de octava para el vestíbulo.....	12
Figura 9: Histograma de SPL directo a 1/3 de octava para el Vestíbulo.....	13
Figura 10: Mapa de SPL directo a 1/3 de octava para la Andenes.....	13
Figura 11: Histograma de SPL directo a 1/3 de octava para la Andenes.....	14
Figura 12: Mapa de SPL a 1/3 de octava del Vestíbulo.....	14
Figura 13: Histograma de SPL total a 1/3 de octava del Vestíbulo.....	15
Figura 14: Mapa de inteligibilidad (STI) del Vestíbulo.....	17

Índice de Tablas

Tabla 1: Speech Transmission Index	6
Tabla 2: Condicionantes atmosféricos	6
Tabla 3: Condiciones de simulación.....	7
Tabla 4: Speech Transmission Index	15
Tabla 5: Resumen SPL vs recinto simulado.....	18
Tabla 6: Resumen STI vs recinto simulado.....	18

1. OBJETO DEL DOCUMENTO

El objeto de este anejo es presentar los cálculos justificativos del sistema de almacenamiento CCTV y sistema de megafonía, dentro del “Proyecto de Comunicaciones de la nueva estación de Usurbil”.

2. COMUNICACIONES

2.1. Sistema de almacenamiento de CCTV

2.1.1. Criterios de dimensionamiento

El sistema de videovigilancia de la nueva estación de Usurbil permitirá monitorizar las siguientes zonas:

- / Zonas de acceso a ascensores y escaleras
- / Escaleras
- / Vestíbulo
- / Andenes y acceso a andenes

El contenido capturado por las cámaras se enviará mediante la infraestructura LAN de la estación de Usurbil, para su almacenamiento en el videograbador situado en el cuarto técnico de ésta. Además, el contenido se podrá visualizar en tiempo real desde otras ubicaciones, tal como el Puesto de Mando de Amara. En total se han considerado 18 cámaras para su grabación local en la nueva estación de Usurbil.

Concretamente, para el dimensionado de la capacidad necesaria en el videograbador de la nueva estación de Usurbil, se han considerado las siguientes hipótesis de cálculo:

- / Resoluciones utilizadas:
 - Flujo de vídeo en modo visualización cámara: 18 fps / 4CIF.
 - Flujo de vídeo en modo grabación cámara situación normal: 6 fps / H.264 720p.
 - Flujo de vídeo en modo grabación cámara situación alarma: 24 fps / H.264 720p.
- / Tiempo promedio de grabación de imágenes: 24 horas / día.
- / Tiempo de almacenamiento: 1 mes
- / Índice grabación normal frente a situación alarma: 90% - 10%
- / Porcentaje de reserva en almacenamiento por escalabilidad: 25%

Acorde a las resoluciones anteriormente descritas, se establecen los siguientes anchos de banda estimados por cámara:

- / Cámara en modo grabación normal: 1,2 Mbps.
- / Cámara en modo grabación alarma: 3,6 Mbps.

2.1.2. Cálculos justificativos grabadores

A partir de los criterios anteriores, la capacidad necesaria para almacenar las imágenes de una cámara durante un mes será:

- / $(1,2 \text{ Mbps} * 0,90 + 3,6 \text{ Mbps} * 0,1) * (1 \text{ byte} / 8 \text{ bits}) * (1.000.000 / \text{M}) * (60 \text{ seg} / \text{min}) * (60 \text{ min} / \text{hora}) * (24 \text{ horas} / \text{día}) * 30 \text{ días} * 1,25 = 583 \text{ GB (aproximado)}$

Por lo tanto, para las 18 cámaras de la nueva estación de Usurbil, será necesario un almacenamiento de 10,494 TB que se deberá tener en cuenta a la hora de dimensionar la capacidad del nuevo videograbador de la nueva estación de Usurbil.

2.2. Estudio electroacústico

Se ha realizado un estudio electroacústico de la nueva estación de Usurbil para determinar la distribución de altavoces y su orientación.

Se ha realizado la modelización de:

- / Vestíbulo
- / Andenes

Para la simulación del vestíbulo se ha utilizado el altavoz A-257DTM (marca Optimus) y para los andenes la columna acústica P08-PI 100V (marca Optimus), todos conectados a potencia nominal.

Hay que tener en cuenta que se mostrarán los resultados de presión sonora e inteligibilidad para el vestíbulo y únicamente la presión sonora para andenes por ser un espacio abierto. El programa de simulación solo puede calcular la inteligibilidad de la palabra en espacios cerrados.

2.3. Consideraciones acústicas

2.3.1. Cálculo de nivel de presión sonora (SPL)

Para determinar el nivel de presión acústica directa en función de la distancia al punto de análisis se ha partido de:

- / La sensibilidad del altavoz (a 1 W a 1 m).
- / La potencia nominal aplicada (RMS).
- / La atenuación del sonido en campo libre (-6 dB/oct).

$$SPL_{1mt} = \text{Sensibilidad}(1W / 1m) + 10 \cdot \log(W_{RMS})$$

$$SPL(x_{mt}) = SPL_{1mt} - 20 \cdot \log(x_{mt})$$

- / SPL_{1mt}: Presión sonora a 1 metro del altavoz.
- / Sensibilidad(1W/1m): Presión sonora proporcionada por el fabricante a 1W y 1 metro del altavoz.
- / W_{RMS}: Potencia eficaz suministrada (normalmente la potencia nominal) al altavoz.
- / SPL_{xmt}: Presión sonora a X metros del altavoz.
- / X_{mt}: Distancia, en metros, a considerar.

En locales cerrados, y para calcular el valor de la presión acústica total, a estos niveles se debería sumar el nivel de presión reverberante.

$$SPL_{total} = SPL_{directo} + SPL_{reverberante}$$

2.3.2. Relación Señal a Ruido (S/N)

Para garantizar los resultados de inteligibilidad de la palabra, la relación entre el nivel de presión sonora y el nivel de ruido en un punto no debe ser inferior a 25 dB en locales cerrados y a 10 dB en espacios abiertos.

Con relaciones S/N inferiores los avisos y otros sonidos seguirán siendo perceptibles, pero se reducirá la inteligibilidad de la palabra en función de la reducción de S/N.

Para diferenciar un sonido del ruido de fondo es suficiente con disponer de una relación S/N de 3 dB, aunque la recomendación es no trabajar con relaciones inferiores a 10 dB

2.3.3. Niveles de ruido previstos

El nivel de ruido variará según la situación y la hora del día. Se considera que el valor MEDIO de la estación será de 70 dB.

Si en alguna zona el nivel es superior sería necesario aumentar el número de altavoces que cubran esa área.

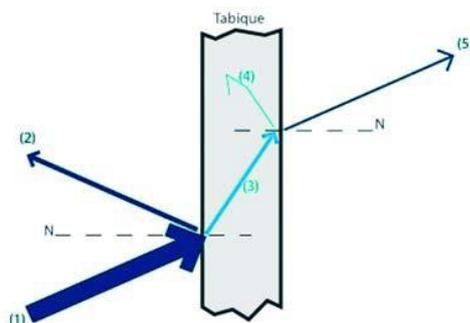
2.3.4. Ángulos de cobertura

Los ángulos de cobertura determinan los planos de curvas isosónicas y la superficie que cubrirá cada altavoz.

Fuera de los ángulos de cobertura, el SPL disminuye bruscamente, aunque no desaparece totalmente la emisión de sonido.

2.3.5. Reflexión del sonido

Al chocar la onda sonora contra una superficie, una parte se refleja, otra se refracta y/o absorbe y otra se transmite. El sonido se refleja bien en superficies duras y rígidas, y mal en superficies porosas, blandas y deformables. Los materiales de paredes, techo y suelo de los recintos a sonorizar influyen mucho en la solución final adoptada. El vidrio, el mármol o el metal reflejan mucho el sonido y reducen la inteligibilidad del mensaje emitido. La madera, la tela o un falso techo de corcho absorben el sonido y facilitan la inteligibilidad. Las personas, muebles, asientos... influyen también y deben tenerse en cuenta en el cálculo de la sonorización.



En el esquema se observa el fenómeno de la reflexión:

1. Frente sonoro
2. Onda reflejada
3. Onda refractada
4. Onda absorbida
5. Onda transmitida

Por consiguiente, el tipo de material influye directamente en el campo acústico y su influencia directa al confort acústico de la sala y al rendimiento del sistema electroacústico.

2.3.6. Campo directo, reflejado y difuso

El recinto acústico, debido a los materiales y a su forma estructural, modifica las condiciones de propagación del sonido. El sonido rebota en las paredes y las ondas se superponen unas con otras. Si las distancias son largas, el tiempo que tardan los rebotes en llegar al oyente se perciben y aparecen efectos indeseables, como el eco y la reverberación, reduciendo la inteligibilidad de la palabra en mayor o menor medida.

El material de paredes, suelo y techo, así como el mobiliario y los propios oyentes, influyen y exigen una ubicación cuidadosa de los altavoces, un procesado de la señal de audio y una aplicación de potencia controlada. No obstante, los altavoces no pueden solucionar, ni compensar, los efectos de propagación del sonido en función de los materiales del recinto.

2.3.7. Cálculo del tiempo de reverberación

El fenómeno conocido como reverberación consiste en la presencia del sonido en un recinto un periodo de tiempo después de que dicho sonido ha dejado de producirse.

El tiempo de reverberación es el tiempo, en segundos, necesario para que un campo sonoro estático decaiga 60 dB una vez apagada la fuente de sonido.

En los casos de voces humanas (anuncios, lecturas, etc.) el contenido debe ser captado con toda claridad y es deseable que el tiempo de reverberación no sea demasiado elevado. En el caso de la música, un tiempo de reverberación más prolongado enriquece los distintos tonos.

También se puede expresar el parámetro RTMID, que será el resultado de la media aritmética del tiempo de reverberación en las bandas de frecuencias de 500 Hz y 1 kHz.

Una sala acústicamente “apagada” (de dimensiones reducidas y notablemente amueblada) presentará un tiempo de reverberación corto, mientras que una sala acústicamente “viva” presentará un tiempo de reverberación largo.

Para determinar el tiempo de reverberación se necesitan conocer los siguientes parámetros:

- / El volumen del recinto a estudiar.
- / Las superficies del recinto a estudiar.
- / El coeficiente de absorción de los materiales que forman cada superficie.

La expresión utilizada para el cálculo es:

$$TR_{60} = \frac{0,161 \cdot V}{-S \ln(1 - \alpha_m)} \quad \alpha_m = \frac{\sum S_i \cdot \alpha_i}{S}$$

dónde,

- TR_{60} : es el tiempo de reverberación en segundos,
- V : es el volumen del local a estudiar en m^3 ,
- S : es el área en m^2 de superficie del local, y
- α_m : es el coeficiente de absorción medio del local.

- S_i : es el área en m^2 de cada superficie del local,
- α_i : es el coeficiente de absorción medio de cada superficie.

2.3.8. Observaciones del tiempo de reverberación

Si los tiempos de reverberación son los adecuados para el volumen del recinto, la energía aportada por la reverberación favorecerá la inteligibilidad. La aportación al SPL de esta reverberación positiva aumentará la relación S/N.

Si en caso contrario, el tiempo de reverberación es excesivo, la energía reverberante se comportará como ruido añadido al existente disminuyendo la relación S/N.

En ningún caso los tiempos de reverberación deben superar los valores óptimos si se desea obtener los mejores resultados. Estos valores deben cumplirse dentro de toda la gama de frecuencias audibles.

Para obtener los tiempos de reverberación adecuados se precisa que el conjunto de superficies tenga una absorción acústica correcta.

Sus ventajas son:

- / Mejorar la inteligibilidad de la palabra.
- / Crear un ambiente acústico agradable (menor ruido).

Estos materiales realizan una doble función:

- / Consumir la energía reverberante y excedente de los avisos.
- / Consumir la energía acústica producida por fuentes externas al equipo (ruido).

2.3.9. Distancia crítica

La distancia crítica es aquélla para la cual el campo directo y el reverberante se igualan; o sea, la relación entre la presión acústica directa y reverberante en un punto que está a una distancia equivalente a la crítica del altavoz, es de 0 dB.

2.3.10. Inteligibilidad

Uno de los métodos utilizados para evaluar y predecir el grado de inteligibilidad de la palabra existente en una sala es mediante un parámetro conocido como pérdida de articulación de consonantes (% AL_{CONS}), el cual permite predecir el porcentaje de consonantes no identificadas a partir de los datos de la sala, siempre que se disponga de relaciones señal / ruido como mínimo de 25 dB.

Como referencia para todos los locales, para asegurar una correcta inteligibilidad de la palabra, la pérdida de articulación de consonantes (AL_{CONS}) no debe ser superior a 15 %.

Se puede valorar la pérdida de inteligibilidad con otro parámetro adimensional clasificado entre 0 y 1: el STI o "Speech Transmission Index". En este caso, los límites a utilizar para poder efectuar una valoración cualitativa son:

Tabla 1: Speech Transmission Index

CLASIFICACIÓN	STI
Mala	0,00 a 0,29
Pobre	0,30 a 0,39
Aceptable	0,40 a 0,44
Buena	0,45 a 0,59
Notable	0,60 a 0,74
Excelente	0,75 a 1,00

Como referencia para todos los locales, para asegurar una correcta inteligibilidad de la palabra, el valor de STI debe ser igual o superior a 0,45.

Es importante destacar que, en lugares como estos, el uso predominante de la palabra se centra en la transmisión de mensajes, anuncios o emergencias. En tales situaciones, las expresiones deben ser breves, pronunciadas con pausas, vocalizadas y repetidas. A pesar de condiciones acústicas justas, los resultados pueden considerarse completamente válidos para este tipo de entornos.

Se presentan particularidades en los índices de inteligibilidad en recintos cuyo propósito principal y diseño no se ha concebido para la reproducción del habla. En tales casos, un índice de 0,30-0,40 generalmente se considera aceptable. Es crucial tener en cuenta que los índices teóricos de referencia se derivan de la literatura enfocada en recintos diseñados principalmente para la reproducción del habla durante conferencias.

2.3.11. Software de modelización

Se ha utilizado el software de modelización EASE.

Todas las simulaciones acústicas realizadas, en el presente documento, se han llevado a cabo teniendo en cuenta las siguientes condiciones atmosféricas:

Tabla 2: Condicionantes atmosféricos

Temperatura	20,0°
Humedad	60,00%
Densidad del aire	1,20 kg/m ³

Los parámetros considerados para la simulación son los siguientes:

Tabla 3: Condiciones de simulación

Parámetros de simulación	Observaciones
Absorción del aire	Considerada
Ruido de fondo (cálculo STI)	70 dB
Suma con interferencia	Considerada
Mapa con sombras	Considerado
Resolución	1 m
Algoritmo de cálculo	Standard mapping (EASE 4.4)
Cálculo de STI	Standard
Definición de nivel – Señal de test o excitación	Ruido rosa “1/3 de octava”.

2.4. Condiciones del estudio

2.4.1. Coeficientes de absorción acústica de los materiales

Los coeficientes de absorción de los distintos materiales que cubren las superficies que delimitan el interior del recinto, y que se ha supuesto para este estudio, son los que muestra la siguiente figura:

Material	Coeficiente de absorción en función de la frecuencia						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz	8.000 Hz
Suelo	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Pared	0,01	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08	0,08
Techo	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

Figura 1: Coeficiente de absorción considerados

2.4.2. Características del recinto

2.4.2.1. Vistas del recinto

A continuación, se muestran las imágenes que representan el volumen del recinto estudiado desde vistas interiores y exteriores:

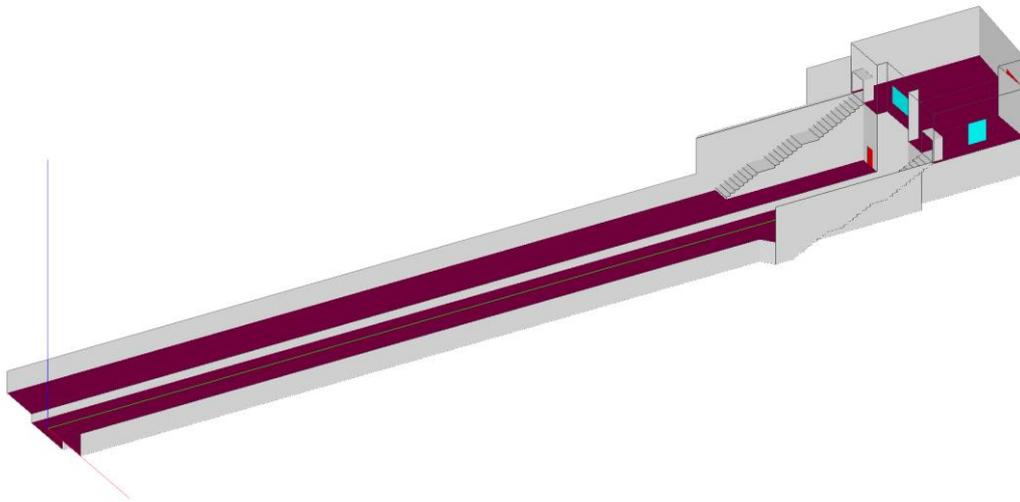


Figura 2: Vista interior de la Estación

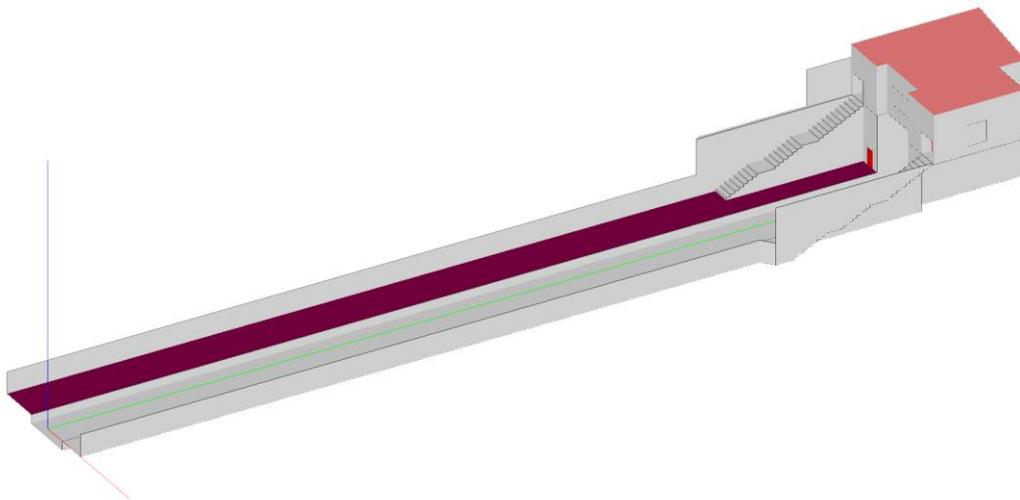


Figura 3: Vista exterior de la Estación

2.4.3. Condiciones acústicas del recinto

Introduciendo los datos de forma, volumen y materiales que delimitan las superficies internas del recinto se calculan los tiempos de reverberación para cada octava.

2.4.3.1. Vestíbulo

Los tiempos de reverberación para cada octava deberían resultar los especificados en la gráfica siguiente:

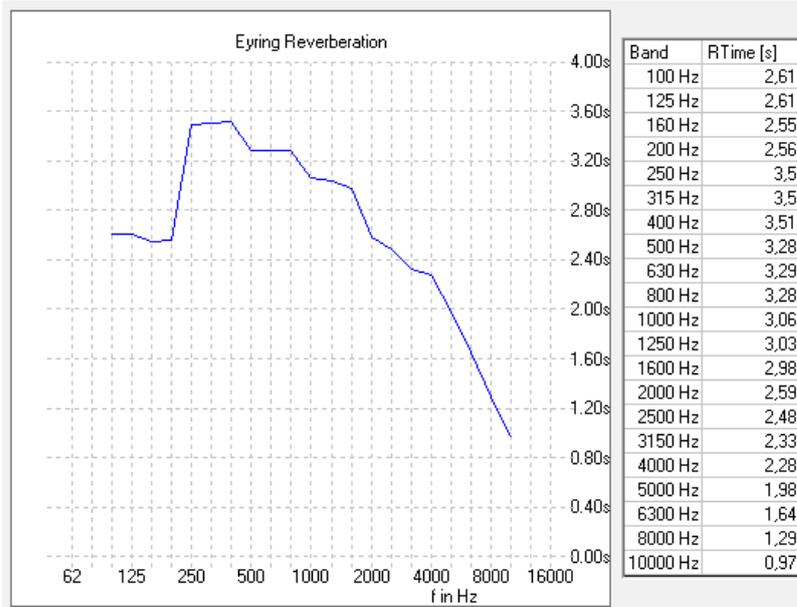


Figura 4: Tiempos de reverberación del Vestíbulo en función de la frecuencia.

Tiempo de reverberación a 1.000Hz es de 3,06s.

2.4.3.2. Andén

Al ser un espacio abierto no es posible calcular el tiempo de reverberación mediante el programa de simulación acústica.

2.4.4. Características de los altavoces

2.4.4.1. Altavoz tipo 1 (A-257DTM)

Altavoz de techo de dos vías (6,5"+1,2"). Potencia de 20 W, seleccionable a 20, 10 o 5 W. Sensibilidad a 1 kHz, 1 W y 1 m de 90 dB. Presión acústica máxima (SPL) a 1 kHz, 1 m de 103 dB. Respuesta en frecuencia de 65 a 20.000 Hz. Acabado metálico blanco. Modelo OPTIMUS ref. A-257DTM.

- / Altavoces: Graves 6,5" Kevlar, Agudos 0,75"
- / Potencia RMS: 20 W a 100 V / 60 W a 8 ohm
- / Selección de potencia: 20, 10 y 5 W / 8 ohm
- / Impedancia: 500 Ω, 1 kΩ y 2 kΩ
- / Sensibilidad: 90 dB_{SPL} a 1W, 1m y 1kHz.
- / Presión acústica: 103 dB_{SPL} a 20W, 1m y 1kHz
- / Ángulo de cobertura: 140° a 1kHz / 65° a 4kHz

2.4.4.2. Altavoz tipo 2 (P08-PI 100V)

Columna acústica pasiva con 8 altavoces de 3,5" y 100W de potencia nominal en línea de 100V, con varias conexiones disponibles (100 | 50 | 25 | 12,5 W), adecuada para palabra y música.

- / Altavoces: 8 x 3.5"
- / Potencia: 100, 50, 25, 12,5 W

- / SPL a (1W / 1m): 95 dBA
- / SPL máx: 121 dB* @1m
- / Ángulo de cobertura vertical: 15° a 1000 Hz
- / Ángulo de cobertura horizontal: 100° a 1000 Hz
- / Ancho de banda: 100 Hz ~ 18 kHz
- / Temperatura: -10°C ... +50°C

2.4.5. Situación de los altavoces

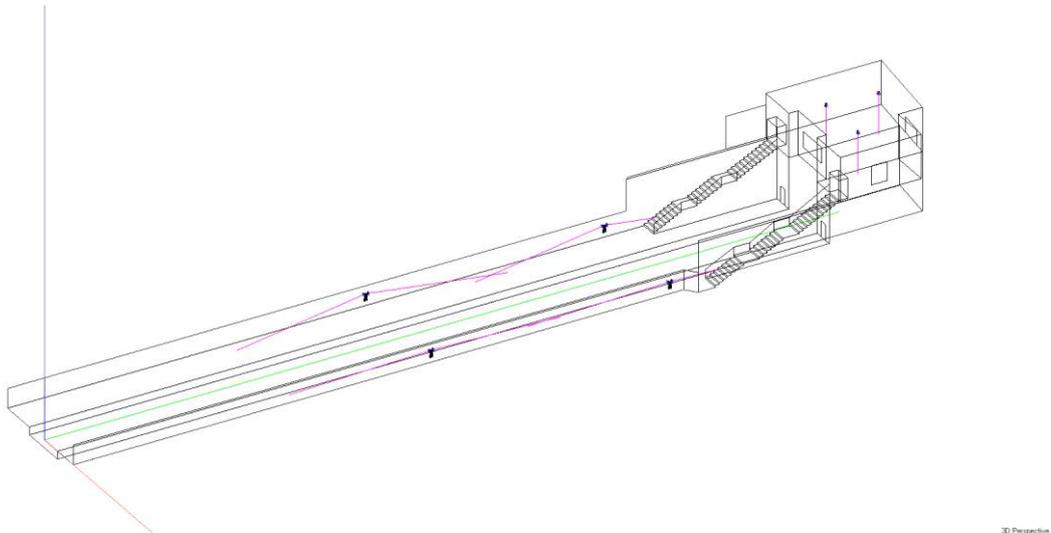


Figura 5: Distribución de altavoces modelizada en vista isométrica

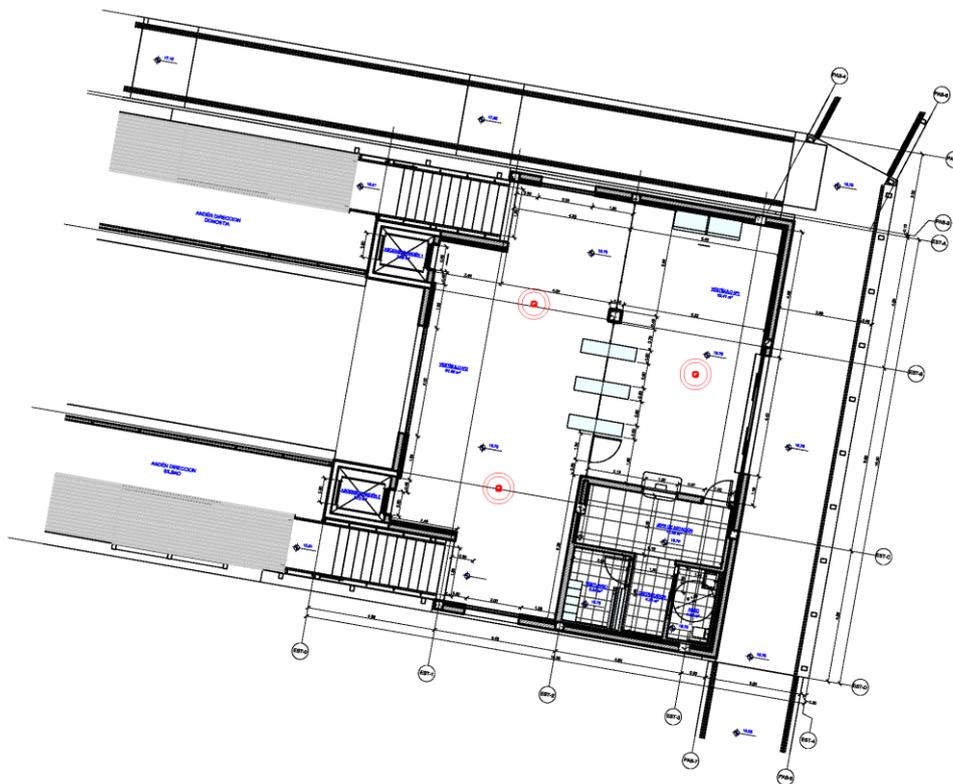


Figura 6: Distribución de altavoces en vestíbulo en CAD

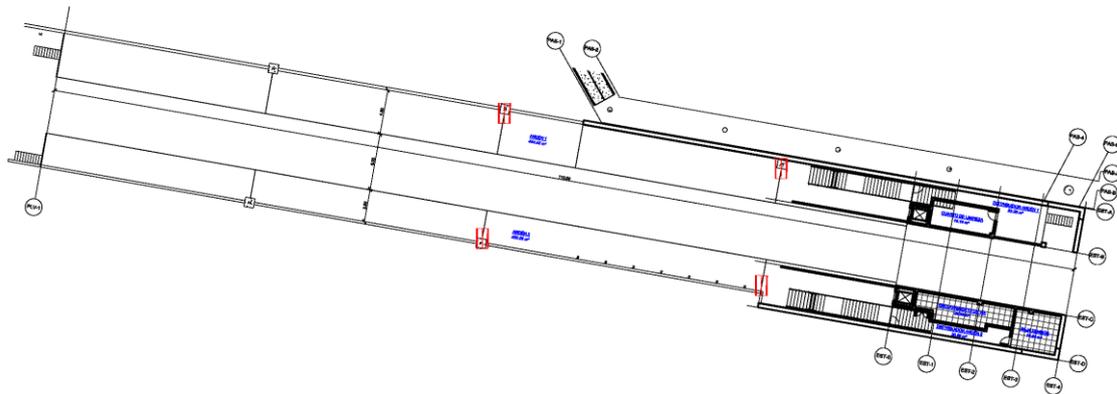


Figura 7: Distribución de altavoces en los andenes en CAD

2.5. Resultado del estudio Acústico

El estudio se ha realizado según:

- / El modelo de altavoces escogidos.
- / Distribución de altavoces según la arquitectónica del recinto.
- / Tiempos de Reverberación considerados del recinto.
- / Ruido considerado en el recinto.
- / Distancias a cubrir por el altavoz.

Como resultado aparecen unas gráficas que representan en planta el área de audiencia del recinto, y en las que se reflejan, mediante una variación de colores, los distintos valores de los parámetros utilizados para analizar el funcionamiento del sistema.

2.5.1. Nivel de presión sonora directa

Corresponde al mapa de niveles obtenidos por la incidencia de los altavoces en todos los puntos, sin considerar las aportaciones de los rebotes en las paredes (energía reverberante).

En este apartado se valoran los niveles de presión acústica directa en todos los puntos de la superficie estudiada (a una altura del suelo de 1,20 metros) en función de los siguientes parámetros:

- / Distribución de altavoces elegida.
- / Modelos de altavoces escogidos.
- / Distancias a cubrir por el altavoz.

A continuación, se adjuntan las gráficas correspondientes al nivel de presión sonora directa en toda la superficie del área de audición del recinto, a la frecuencia de 1.000 Hz

2.5.1.1. Vestíbulo

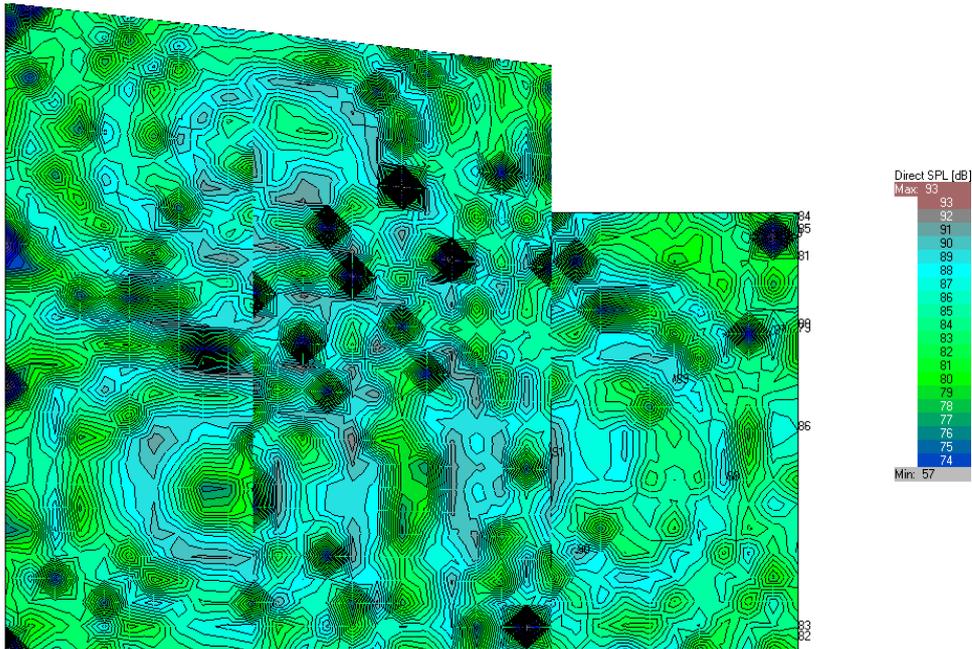


Figura 8: Mapa de SPL directo a 1/3 de octava para el vestíbulo

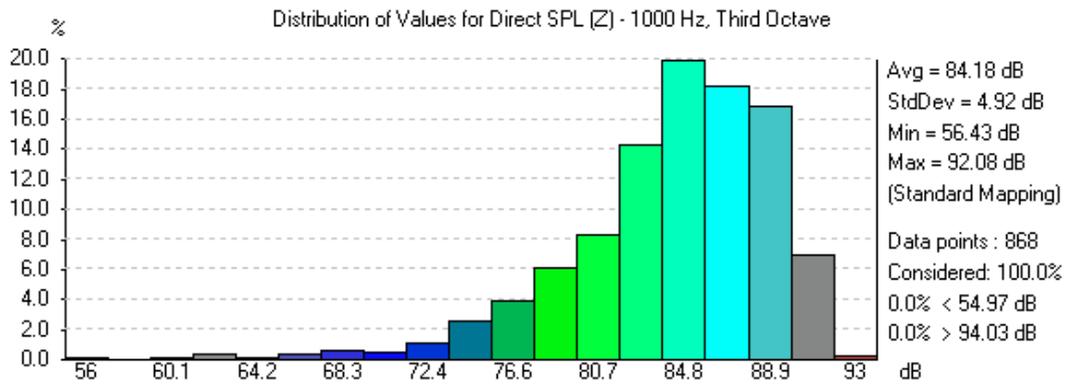


Figura 9: Histograma de SPL directo a 1/3 de octava para el Vestíbulo
 2.5.1.2. Andenes

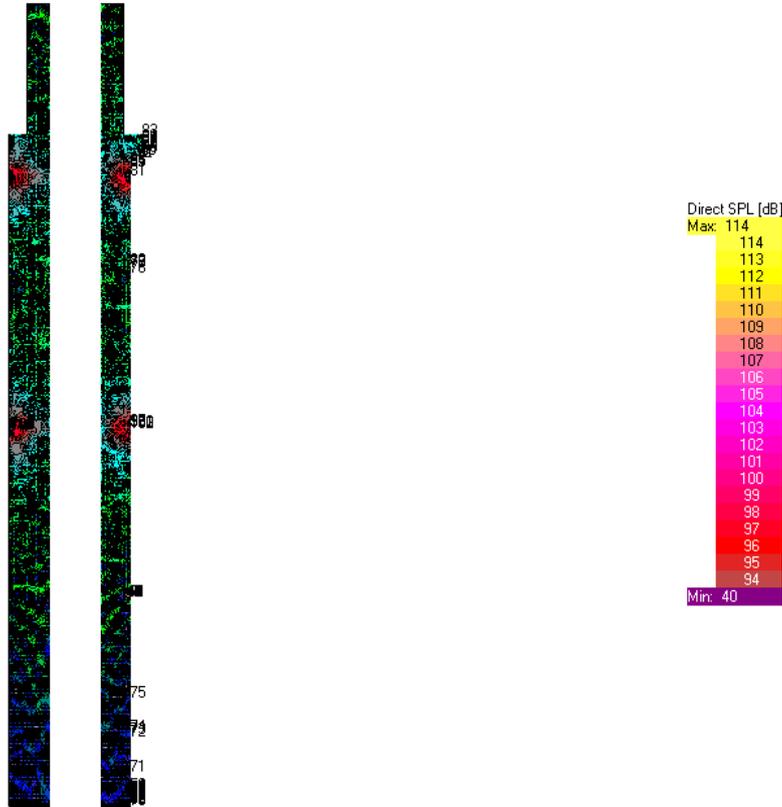


Figura 10: Mapa de SPL directo a 1/3 de octava para la Andenes

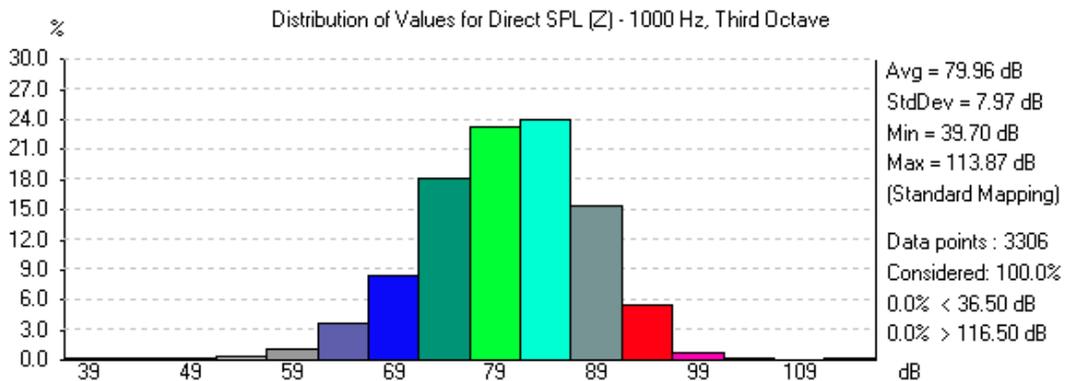


Figura 11: Histograma de SPL directo a 1/3 de octava para la Andenes.

2.5.2. Nivel de Presión Sonora Total (SPLT)

Es el nivel final que apreciarán los oyentes, y es el resultado de la aportación directa de los altavoces sumada a la reverberación del recinto.

En este apartado se valoran los niveles de presión acústica total (o lo que es lo mismo, directa más reverberante) en todos los puntos de la superficie estudiada (a una altura del suelo de 1,20 metros) en función de los siguientes parámetros:

- / Distribución de altavoces elegida.
- / Modelos de altavoces escogidos.
- / Distancias a cubrir por el altavoz.
- / Tiempos de reverberación.

A continuación, se adjunta la gráfica correspondiente al nivel de presión sonora total (directa + reverberante) en toda la superficie del área de audición del recinto, a la frecuencia de 1.000 Hz

2.5.2.1. Vestíbulo

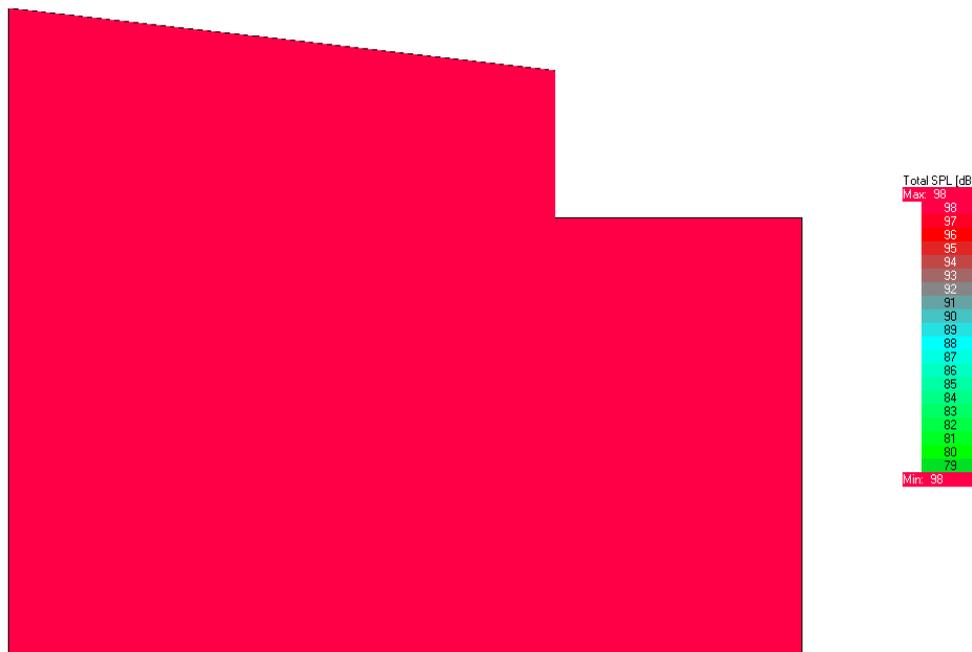


Figura 12: Mapa de SPL a 1/3 de octava del Vestíbulo

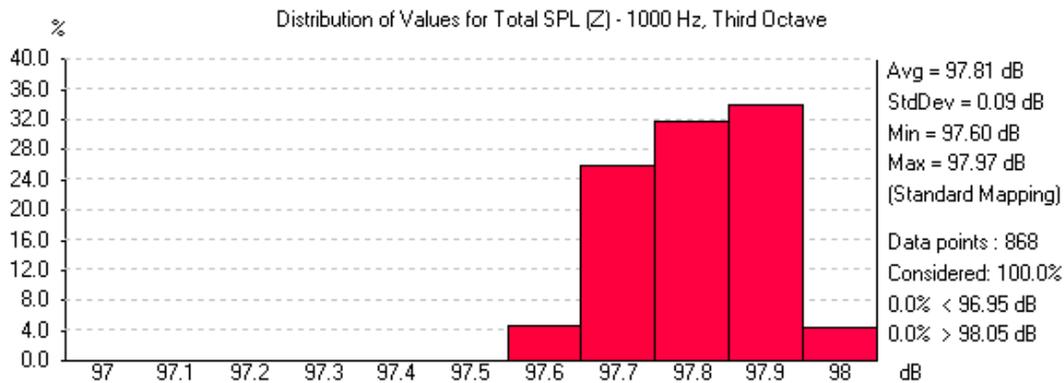


Figura 13: Histograma de SPL total a 1/3 de octava del Vestíbulo.

2.5.3. Niveles de ruido

El nivel de ruido medio considerado para este estudio es de:

- / 70 dB_{SPL}

El nivel de ruido variará según la situación y la hora del día. Si en alguna zona el nivel es superior será necesario aumentar el número de altavoces que cubran esa área.

Los resultados que se obtienen de inteligibilidad serán válidos para niveles de ruido de hasta 70 dB_{SPL}.

2.5.4. Inteligibilidad de la palabra

En este apartado se valorará el grado de inteligibilidad en función de la distancia entre altavoz y oyente en todos los puntos de la superficie estudiada (a una altura del suelo de 1,20 metros).

Los valores de inteligibilidad especificados a continuación solamente serán válidos si se cumplen las condiciones siguientes:

- / El nivel de ruido en el recinto es 70 dB_{SPL} o inferior.
- / El tiempo de reverberación del recinto a 1.000 Hz es 3,06 segundos o inferior.
- / El modelo y situación de los altavoces es la especificada en los apartados anteriores

Se ha utilizado el programa EASE v4.4 para realizar el estudio acústico con los tiempos de reverberación indicados y con las distribuciones de los altavoces especificadas.

Como resultado aparece una gráfica en la que se refleja mediante una variación de colores los distintos valores de STI conseguidos en toda la superficie del área de audición del recinto.

Se ha codificado, por colores, los valores de inteligibilidad STI según el nivel de claridad de la palabra.

Se ha codificado, por colores, los valores de inteligibilidad STI según el nivel de claridad de la palabra.

Tabla 4: Speech Transmission Index

CLASIFICACIÓN	STI
Mala	0,00 a 0,29
Pobre	0,30 a 0,39
Aceptable	0,40 a 0,44
Buena	0,45 a 0,59
Notable	0,60 a 0,74
Excelente	0,75 a 1,00

2.5.4.1. Vestíbulo

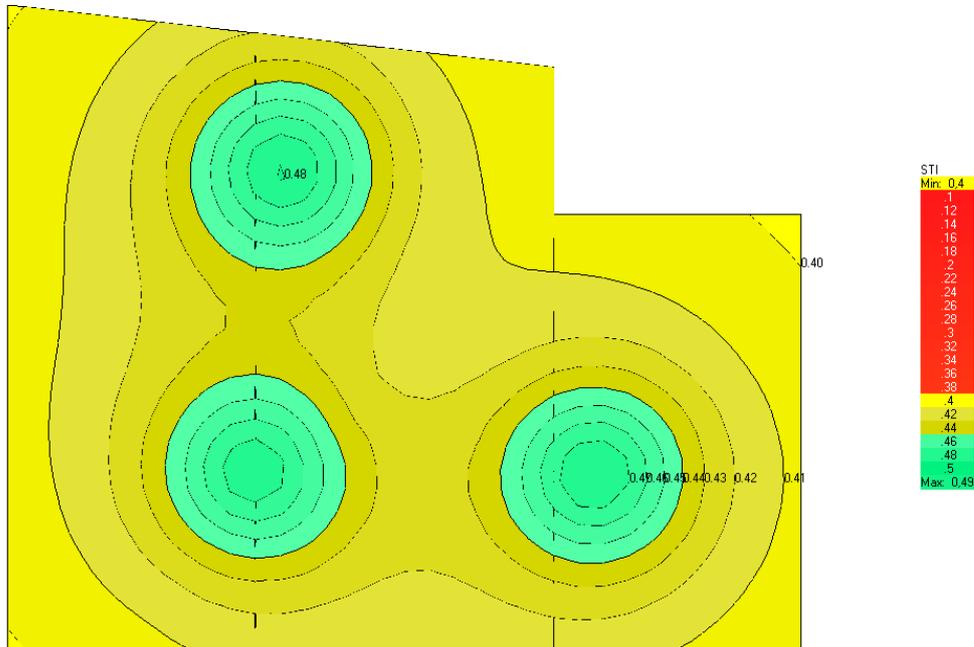


Figura 14: Mapa de inteligibilidad (STI) del Vestíbulo

2.5.4.2. Andenes

Al ser un espacio abierto no es posible calcular el tiempo de reverberación mediante el programa de simulación acústica.

2.5.5. Interpretación de las gráficas

Estas gráficas están realizadas a escala, aunque no siguen ninguna escala normalizada.

En los mapas que presentan los niveles de presión sonora directa, total e inteligibilidad, las zonas de un mismo color indican que poseen un mismo valor de SPL_D , SPL_T o STI.

Dichos valores están cifrados en dB_{SPL} , dB_{SPL} e índice STI respectivamente.

2.6. Conclusiones

2.6.1. Nivel de presión sonora total

Los niveles de presión sonora total conseguidos, permiten disponer de la relación S/N adecuada (superior a $25 dB_{SPL}$) en cualquier punto del área de audiencia del recinto para ruidos de $70 dB_{SPL}$.

Esta relación S/N adecuada influye positivamente en la inteligibilidad de la palabra. Los avisos y otros sonidos serán correctamente perceptibles y diferenciados del ruido existente en el recinto.

Para realizar el estudio se ha partido de un dato de ruido supuesto.

Aunque el sistema de altavoces considerado es suficiente para proporcionar la relación S/N necesaria con ruidos promedios de hasta $70 dB_{SPL}$, si finalmente los ruidos medios son superiores, los resultados esperados de inteligibilidad podrán ser inferiores.

Tabla 5: Resumen SPL vs recinto simulado

Simulación	SPL medio (dB _{SPL})
Vestíbulo	97,81
Andenes	79,96

2.6.2. Inteligibilidad de la palabra

Resultados con los tiempos de reverberación estimados para los coeficientes de absorción acústica de las superficies previstas.

Con los coeficientes de absorción de los materiales y la distribución de altavoces utilizados en la simulación, se consigue unos resultados de inteligibilidad con clasificación media ACEPTABLE para las superficies de audiencia estudiadas.

Se obtiene un STI medio de 0,425.

Tabla 6: Resumen STI vs recinto simulado

Simulación	STI medio	Clasificación
Vestíbulo	0,425	Aceptable