



FIA2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

ACUSTICA ARQUEOLÓGICA, ¿UN VIDEOJUEGO DEL PATRIMONIO?

PACS: (Arial, tamaño 8, línea 8, mayúsculas, alineado izquierda).

Sebastián Mirasol-Menacho¹, Ana Planells-Pérez², Jaume Segura-Garcia¹, Santiago Felici-Castell¹, Máximo Cobos-Serrano¹, Francesc Daumal³, Rosa Cibrián⁴, Alicia Giménez-Pérez²
1 Dpt Informàtica, ETSE, Universitat de València, Avda Universitat s/n, 46100, Burjassot - Spain, semime@alumni.uv.es, jsegura@uv.es, felici@uv.es, macose2@uv.es,
2 Dpt Física Aplicada, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n, 46020 anaplape@upvnet.upv.es, agimenez@fis.upv.es,
3 Universitat Politècnica de Catalunya, ETSAB, Avda. Diagonal 649, Barcelona - Spain, francesc.daumal@upc.edu
4 Dpt Fisiologia, Universitat de València, Avda Blasco Ibàñez, 13, 46012, València - Spain, rosa.m.cibrian@uv.es

Palabras Clave: Realidad Virtual, Acústica Virtual, Acústica Arqueológica, Auralización, Soundscape

ABSTRACT

The application of virtual reality to virtual recreations of ancient cities or buildings lost over time can become a matter beyond the scientific interest itself, especially with the arrival on the market of new devices mounted in the head at a relatively affordable price that allows to create the feeling of immersion.

In addition to the techniques of virtual reality and auralization essential for the rendering of heritage buildings, we will focus on the techniques to create visualization and audition paths of the reconstructed environment, since including within these visual and acoustic recreations the possibility of the user own displacement into de virtual building, as people used to do in videogame. It can give more interest to the renderization.

The objective of this article is to show our work in a virtual acoustics system based on Unity and FMOD. This system has been implemented for the rendering of a theater now disappeared in Valencia, the "corral de comèdies de l'Olivera", built in the sixteenth century, and which remained with various intermittences until the eighteenth century.

RESUMEN

La aplicación de la realidad virtual a la recreaciones virtuales de ciudades o edificios perdidos en el tiempo puede convertirse en una materia más allá del propio interés científico, especialmente con la llegada al mercado de los nuevos dispositivos montados en cabeza a un precio relativamente asequible que permiten la sensación de inmersión.

Además de las técnicas de realidad virtual y auralización imprescindibles para la renderización de los edificios patrimoniales, nos vamos a centrar en las técnicas para crear recorridos de visualización y audición del entorno reconstruido, ya que incluir dentro de estas recreaciones visuales y acústicas la posibilidad del propio desplazamiento del usuario, como en un videojuego puede conferirles un mayor interés.

El objetivo de este artículo es mostrar nuestro trabajo en un sistema de acústica virtual basado en Unity y FMOD . Este sistema ha sido implementado para la renderización de un teatro actualmente desaparecido en València, el "corral de comèdies de l'Olivera", construido en el siglo XVI, y que se mantuvo con diversas intermitencias hasta el siglo XVIII.

1. INTRODUCCIÓN

La realidad virtual adquiere su auténtica dimensión con una inmersión visual y acústica del usuario. Esto se ha conseguido mediante diferentes aproximaciones, las cuales se pueden dividir en dos categorías: una en la cual es el usuario el que se introduce en un entorno preparado (CAVE: Cave Assisted Virtual Environment, powerwall, etc) y otra en la cual el usuario lleva un dispositivo encima (Head Mounted Displays). En este último grupo destaca las numerosas mejoras en la detección del movimiento de la cabeza y la visualización de los entornos que introdujo el DK2 (Figura 1)



Figura 1. Sistema Head Mounted Displays, DK2

Este sistema dispone de una nueva pantalla OLED que ofrece a cada ojo una resolución de 960x1080. Para mejorar la precisión de la detección de movimientos de cabeza, se instalaron en el frontal del dispositivo una constelación de LEDs infrarrojos cuya posición era capturada por una cámara situada frente al usuario. Estos LEDs junto con un acelerómetro, giróscopo y magnetómetro ofrece una gran precisión en la captura [1].

Con estos dispositivos el usuario se traslada a un espacio de movimiento libre dentro o alrededor de edificios que desaparecieron o han sido modificados a lo largo del tiempo y mediante la integración del entorno visual y acústico, permite al usuario disfrutar de una experiencia sensorial casi completa, no sólo de cómo era el edificio en diferentes épocas, sino también “degustar” el sonido en el entorno. En este trabajo, se analiza la aplicación a un edificio antiguo perdido dedicado a la ejecución teatral en València. Algunos aspectos innovadores se relacionan con la modularidad de los elementos de renderización aplicados a la reconstrucción de modelos de edificios antiguos.

1.1. El Corral de comedias de l’Olivera

Las primeras representaciones teatrales en Valencia se hacían de forma itinerante, en espacios exteriores o localizaciones improvisadas sin acondicionamiento acústico específico. El primer edificio específicamente diseñado para estas representaciones fue promovido por el Hospital de Valencia, una institución que tenía el monopolio de las actividades teatrales de la ciudad y las dedicaba a financiar algunos gastos del hospital relacionados con la caridad. Fue construido en 1584. La documentación sobre este primer teatro original es muy escasa, pero se sabe la localización. La antigua “Casa de l’Olivera” estuvo en funcionamiento durante 34 años, hasta que la institución del Hospital decidió derribarla y construir una nueva, más grande y más ajustada a los requisitos funcionales de ese tiempo. Para ello, se adquirieron algunas propiedades anexas y se construyó la nueva “Casa de l’Olivera” [2].

Este nuevo teatro fue reconstruido en el mismo sitio en 1618. El edificio tenía una geometría casi circular con un ancho de 15 metros y una profundidad de 13 metros. Tenía una capacidad máxima de unos 1800 espectadores. La documentación existente incluye estudios detallados sobre la capacidad [3] y un plano esquemático de su disposición en 1678. Lo que ahora llamamos platea tenía sillas de cuero donde se colocaba la nobleza, clases parnobiliarias (caballeros, etc) y clérigos, también algunos bancos detrás de estas sillas y unos cadafales a la parte posterior. El primer piso estaba dividido en 20 palcos que eran los más caros y lujosos del teatro. Finalmente, el segundo piso conocido como el “aposento de les dones” (en los corrales y teatros castellanos era conocido como “cazuela”), se reservaba exclusivamente a las mujeres. Cada una

FIA2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

de las zonas tenía su propio acceso independiente. El escenario estaba conformado por una plataforma rectangular, rodeada por el público en tres de sus lados, detrás estaban los camerinos de los actores y sobre él un balcon al cual se accedía por una escalera en la parte oculta del escenario, llamado “balcón de las apariciones” y se usaba para la representación en un nivel superior. Esta “Casa de Comedias” se mantuvo en uso hasta 1715 cuando, debido a las pobres condiciones de conservación, se decidió realizar una remodelación significativa que se mantuvo hasta 1748 cuando el arzobispo prohibió cualquier tipo actuación teatral.

En este artículo, mostraremos además de la reconstrucción tanto visual como acústica (VR/VA) de este teatro desaparecido, la integración con otras herramientas de audio como Unity, FMOD y/o Csound para permitir la renderización con audio 3D y la interacción con el entorno acústico virtual.

2. METODOLOGÍA

La metodología en este trabajo está basada en la integración del motor gráfico con el sistema acústico para proporcionar al usuario una realidad interactiva y completamente integrada. Se ha aplicado al “Corral de Comedias de l’Olivera”, teatro desaparecido en la ciudad de Valencia. Para estudiar este edificio, se han considerado diferentes aspectos: el análisis visual/gráfico y acústico del modelo, la integración en un motor gráfico (como Unity), la auralización de varios extractos teatrales y la integración del motor de Unity con FMOD para permitir una renderización interactiva gráfica y acústica.

2.1. Modelo gráfico y acústico

El modelo gráfico obtenido a partir de los planos de la Fig 2 se muestra en la Fig 3. Sobre este modelo simplificado se construye el modelo acústico para el que se consideraron las características acústicas de los materiales de la documentación original de los constructores.

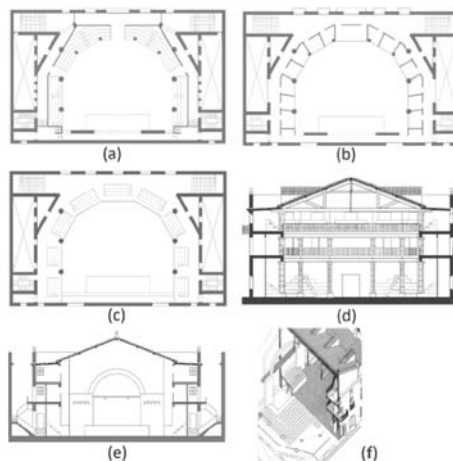


Figura 2. Planos de l’Olivera de Ros [4]: (a) platea, (b) primer piso, (c) segundo piso, (d) fachada, (e) sección de la fachada, y (f) sección axonométrica hacia el escenario.

FIA2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre



Figura 3. Modelo gráfico 3D de l'Oliviera: (a) vista del primer piso (desde los 'aposentos'), (b) vista desde el piso inferior (desde la platea)

2.2. Grabaciones secas y auralización

Ya que este edificio tuvo su máximo esplendor durante el Siglo de Oro de la literatura castellana, se ha seleccionado algunos extractos de obra de Lope de Vega, dramaturgo de referencia en la época. Estos registros se hicieron en una sala seca del Lab SPAT en la ETSE de la Universitat de València con diversos actores de teatro clásico profesionales. Se utilizó una grabadora ZOOM H6 con 2 micrófonos omni-direccionales adicionales para grabar los registros secos para las auralizaciones.

A partir de la simulación acústica, se obtuvieron diferentes respuestas impulsivas (IR) en diferentes localizaciones, que se seleccionaron como referencia en cada piso. Se separaron estas IRs en su reverberación temprana y tardía, tomando como referencia para esta sala su EDT. Estas señales preprocesadas se usarán más tarde para filtrar el sonido (semi-)anecoico de los extractos teatrales seleccionados.

2.3. Integración del motor Unity con FMOD

Unity 5 ofrece un Audio Spatializer SDK, pero sin embargo ha pasado mucho tiempo desde que se implementó, por lo que está bastante limitado en comparación con otras alternativas disponibles. FMOD es una de las alternativas que se usa junto con Unity para conseguir lo que el Audio Spatializer SDK de Unity no cubre.

FMOD Studio es una herramienta creadora de contenidos de audio desarrollada por Firelight Technologies para profesionales del audio y desarrolladores de juegos. Proporciona una API compatible con los motores gráficos más populares, tales como Unity o Unreal.

FMOD [5]. Esta herramienta proporciona al desarrollador una interfaz gráfica de gran usabilidad que hace el diseño del audio 3D tan fácil como un sistema arrastra y suelta (*drag&drop*) del sonido deseado. FMOD integra diversos bloques para la espacialización 3D [6] los cuales son muy útiles para crear sonido en un entorno virtual (Figura 4). Primero de todo, se aplica un paneo 3D que separa cada canal de un sonido estéreo en un track monoaural derecho e izquierdo y permite actuar el experimento en tiempo real con distintos paneos y distancias de atenuación. Esto es lo que permite al usuario final escuchar un sonido 3D en relación con la distancia y la dirección relativa a la fuente de sonido.

Como se mencionó anteriormente el interior del edificio se ha simulado acústicamente, y esto nos permite obtener las respuestas impulsivas de diferentes zonas interiores. Estas respuestas podrían ser aplicadas directamente como una reverberación convolucional, que convoluciona el sonido con la respuesta impulsiva en tiempo real. Lo que hace es convertir cualquier sonido como si estuviese físicamente en el punto donde se tomó la respuesta impulsiva.

Todos los cambios hechos a los sonidos se guardan en el *Master Bank* de FMOD. Esto es bastante útil, ya que después el usuario puede acceder a cualquier sonido independientemente con todas las modificaciones aplicadas.

FIA2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre



Figura 4. Interfaz de FMOD Studio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Simulación acústica

Usando la librería de materiales de ODEON, hemos asignado los materiales a cada superficie del modelo. La Tabla 1 muestra los valores de los coeficientes de absorción usados en esta simulación acústica.

Tabla 1. Coeficientes de absorción de los materiales usados en la rehabilitación de 1618

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Pilar de piedra	0,19	0,23	0,43	0,37	0,58	0,62
Pilar de ladrillos	0,14	0,28	0,45	0,90	0,45	0,65
Suelo de madera	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
Gradas de madera	0,25	0,15	0,10	0,09	0,08	0,07
Cubierta de madera	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
Losetas de cerámica	0,21	0,54	0,74	0,34	0,28	0,42
Paredes de ladrillos con yeso	0,08	0,09	0,12	0,16	0,22	0,24
Baranda de hierro	0,14	0,10	0,06	0,05	0,04	0,03
Techo de madera	0,19	0,14	0,09	0,06	0,06	0,05

La Figura 5 muestra la simulación de las ubicaciones de los receptores estudiados en el análisis de este teatro y de la colocación de la fuente. Hemos colocado 6 receptores en la platea y 2 receptores en algunos aposentos del primer piso. La fuente se colocó a 1,7m de altura en el escenario.

FIA2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

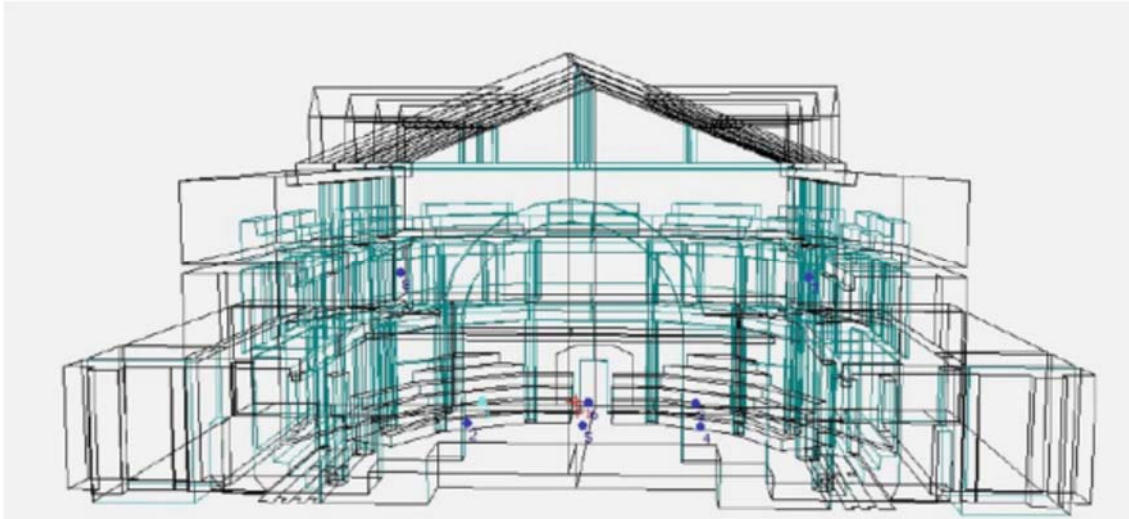


Figura 5. Localización de los receptores y la fuente.

Se ha utilizado el programa ODEON para las simulaciones de parámetros de acústica de sala (ver Tabla 2).

Tabla 2. Promedio de parámetros acústicos por bandas en el teatro

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
EDT (s)	1,25	1,15	1,03	1,22	1,12	0,88
RT30 (s)	1,35	1,24	1,06	1,30	1,23	0,97
D50	0,45	0,47	0,55	0,51	0,45	0,51
C80 (dB)	2,2	2,8	4,0	3,0	2,5	4,3
Ts (ms)	86	78	62	76	78	62
LF80	0,272	0,274	0,240	0,258	0,272	0,268

Hemos hecho los tests acústicos sobre una malla en el área de asientos utilizando un mallado de 0,5m de granularidad y 1,2m de alto. La Figura 6 muestra el cálculo del STI llevado a cabo sobre la simulación acústica del modelo, mostrando una concentración de localidades con un buen STI en el área central y distribuidas hacia fuera, lugares normalmente ocupados por los nobles de la época.

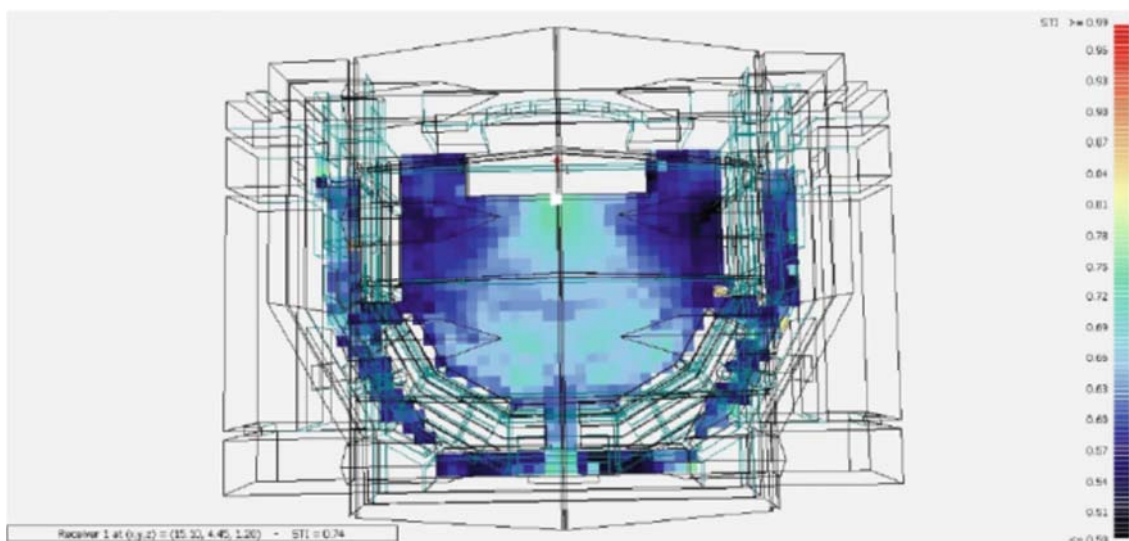


Figura 6. Distribución de STI en la platea.

3.2. Integración de modelos gráfico y acústico

El modelo arquitectónico del teatro perdido se desarrolló en 3D a partir de los estudios anteriormente mencionado usando Rhinoceros 5/Sketch up. Después de que se considerase que el modelo era lo bastante preciso y ligero por los expertos, se exportó el modelo a formato *Filmbbox* (.fbx) para poderlo importar desde Unity. Una vez el proceso de importación está completo y todas las texturas y materiales han sido tenidos en cuenta, se procede a clonar el proyecto. Esto se hizo usando FMOD Studio.

FMOD. La integración con Unity es bastante simple, ya que hay disponible un plugin para Unity que conecta el *Master Bank* de cualquier proyecto FMOD al motor de gráficos. El único ajuste necesario es que el *FPSController* tenga el *Audio Source* de Unity deshabilitado, y el script *Studio Listener* de FMOD cargado como una componente. Para las fuentes de audio se debe hacer lo mismo, pero en vez de cargar el otro script se ha de cargar el *Studio Event Emitter* de FMOD como una componente. Ahora el usuario puede seleccionar cualquier sonido del *Master Bank* como una fuente, con todos los *faders* que estaban aplicados anteriormente en FMOD que ya ha habían aplicado sobre la fuente sonora (Figura 7)

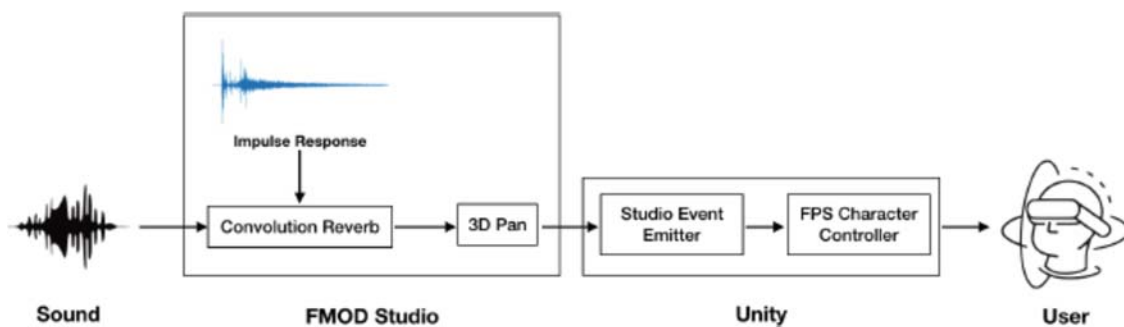


Figura 7. Integración de FMOD y Unity.

4. CONCLUSIONES

Se ha probado la integración de diferentes herramientas para que funciones con cualquier simulador o juego y que permita un movimiento de la cabeza independientemente del cuerpo, para desarrollar el modelo de un edificio perdido.

El modelo arquitectónico, ha sido desarrollado con Rhinoceros 5/Sketch up y se ha integrado en Unity Pro 5 con el fin de obtener un navegador en primera persona con renderización visual y acústica. Usando un módulo desarrollado para realizar el tracking de la cabeza como entrada para seleccionar las HRTFs, se ha estudiado la integración con FMOD como motor de audio.

En este trabajo, se ha considerado también otra opción para la renderización de audio 3D diferente a la usual de Unity (basada en su Audio SDK). Esta opción está relacionada con el uso de la respuesta impulsiva de cualquier sala, específicamente aplicada a la integración visual y acústica del modelo del teatro de l'Olivera. Esta opción considera el uso de FMOD para la auralización en tiempo real de audio anecoico (o semianecoico). En nuestro caso, estas herramientas se han combinado para obtener un potente motor para estudios teatrales en el teatro clásico español. Este es un primer estudio de integración y constituye el inicio de una futura base de datos de edificios dedicados a la actuación teatral.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Economía e Innovación y fondos FEDER mediante el proyecto de investigación con referencia BIA2016-76957-C3-R.

Referencias

1. Mirasol S. Diseño e implementación de una plataforma VRbcon acústica virtual para representación de edificios patrimoniales. Trabajo Fin de Grado. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria. Universitat de València, 2018



FIA2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

2. Barba, A., Giménez, A.: El teatro principal de Valencia: acústica y arquitectura escénica. Ed. Generalitat Valenciana, Universitat Politècnica de València (2011)
3. Mouyen, J.: Comedias y comediantes. Estudios sobre el teatro clásico español. Universitat de València (Dpto. Filología Española), Valencia (1991)
4. Ros Andreu, J.LI.: L'Efimer en la formació del Barroc valencià, 1599–1632. Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de València (1981)
- 5 Lanham, M.: Game Audio Development with Unity 5.X. Packt Publishing (2017). <https://www.safaribooksonline.com/library/view/game-audio-development/9781787286450/>. Accessed 10 Mar 2018. ISBN: 9781787286450
6. Studio 3D Events. <https://www.fmod.org/docs/content/generated/overview/3dstudio.html>. Accessed 16 Feb 2018