

Trabajo Fin de Máster  
Máster en Ingeniería Electrónica, Robótica  
yAutomática

Integración de sistemas en una sala de cine 4D

Autor: David Fernández Torres

Tutor: Jesús Iván Maza Alcañiz

Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018





Trabajo Fin de Máster  
Máster en Ingeniería Electrónica, Robótica y Automática

# **Integración de sistemas en una sala de cine 4D**

Autor:

David Fernández Torres

Tutor:

Jesús Iván Maza Alcañiz

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018



Autor: David Fernández Torres

Tutor: Jesús Iván Maza Alcañiz

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2018

El Secretario del Tribunal



*A mi familia*

*A mis maestros*





# Agradecimientos

---

*Le dedico este trabajo a todas las personas que han confiado en mí y me han apoyado en cada momento. En especial, a mi tío, a mi abuela, a mis padres y a mi hermana. También agradezco mucho la colaboración de Isla Mágica, mi amigo Pedro y mi tutor que me han ayudado en este viaje.*

*David Fernández Torres*

*Sevilla, 2018*



# Resumen

---

En este trabajo se explica cómo funciona la tecnología que hace funcionar a una sala de cine. Desde tipos de proyectores a pantallas, sistemas y tecnologías de sonido... También se explicará que es el cine 4D y cómo funciona. Se da un repaso histórico a los diferentes componentes y se ofrecen soluciones para montar una sala.

En Sketchup se ha recreado como sería una sala 4D con todos sus sistemas: butacas móviles, audio envolvente, sistema de olores... Para finalizar como ejemplo se enseña la solución final adoptada en el cine 4D del parque temático Isla Mágica.



# Abstract

---

This paper explains how the technology that makes a movie theater work. From types of projectors to screens, systems and sound technologies... It will be also explained what is a 4D cinema and how it works. A historical review is given to the different components and solutions are offered to set up a room.

In the Sketchup editor it has been recreated as it would be a 4D room with all its systems: mobile seats, surround audio, odor system ... To finalize as an example the final solution adopted in the 4D cinema of the Isla Mágica theme park is taught.

# Índice

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>ix</b>
<b>Resumen</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice</b>	<b>xiv</b>
<b>Índice de Ilustraciones</b>	<b>xvii</b>
<b>1 Introducción e historia del cine</b>	<b>1</b>
<b>2 Elementos de una sala de cine</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Proyector cinematográfico</i>	6
2.1.1 Historia y origen	6
2.1.2 Posible solución tecnológica	9
2.2 <i>Sistema de audio</i>	10
2.2.1 Posible solución tecnológica	12
2.3 <i>Pantalla de proyección</i>	15
2.4 <i>Iluminación</i>	17
<b>3 Tecnología 4D</b>	<b>11</b>
3.1 <i>Definición</i>	12
3.2 <i>Componentes de un cine 4D</i>	13
3.2.1 Butacas móviles	13
3.2.2 Efecto humo	15
3.2.3 Efecto lluvia	16
3.2.4 Sistema de olores	17
3.3 <i>Ejemplos en España</i>	19
<b>4 Protocolo DMX</b>	<b>23</b>
4.1 <i>Definición</i>	23
4.2 <i>Datos electricos del cable DMX</i>	25
4.3 <i>Datos DMX</i>	26
4.4 <i>Topología de conexión de dispositivos</i>	27
4.5 <i>Control DMX</i>	28
4.6 <i>Dispositivos DMX recomendados para experimentar la tecnología</i>	29
4.7 <i>Primeros pasos con DMX</i>	31
<b>5 Diseño de un cine 4D</b>	<b>37</b>
5.1 <i>Planos y Esquemas de conexión</i>	38
5.2 <i>Diseño en Sketchup</i>	42
<b>6 Ejemplo Cine 4D: ISLA MÁGICA</b>	<b>45</b>
6.1 <i>Diseño de los asientos</i>	47
6.2 <i>Diseño de la interfaz</i>	49
<b>Referencias</b>	<b>53</b>







# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

---

Ilustración 1: Primera película en 3D a color, Bwana Devil	1
<b>r! Marcador no definido.</b>	
Ilustración 2: Proceso del “Cómo se hizo” de Avatar	2
Ilustración 3: Cine 4D	3
Ilustración 4: Sala de cine	5
Ilustración 5: Linterna mágica, precursora del proyector[3]	6
Ilustración 6: Linterna mágica, dibujo técnico[3]	6
Ilustración 7: Auguste Marie Louis Nicolas Lumière y Louis Jean Lumière [5]	7
Ilustración 8: Primer cartel de cine de la historia [5]	7
Ilustración 9: La llegada del tren, una de las cintas de los hermanos Lumière [4]	8
Ilustración 10: Proyector Sony SRX-R515	9
Ilustración 11: Sistema de audio 5.1[10]	10
Ilustración 12: Dolby Atmos y DTS-X son las tecnologías de audio en 3D	10
Ilustración 13: Sonido 3D	11
Ilustración 14: DME64N, el controlador de audio propuesto	12
Ilustración 15: Frontal del DME64N	12
Ilustración 16: Trasero del DME64N	13
Ilustración 17: Red de altavoces propuesta por Yamaha	13
Ilustración 18: Pantalla de proyección de una sala de cine	15
Ilustración 19: Efecto de reflexión en la pantalla	15
Ilustración 20: Proyecson, empresa fabricante de equipos para cine	16
Ilustración 21: Pantalla hinchable para evento deportivo	16
Ilustración 22: CLS LON GII	17
Ilustración 23: Esquema de conexión de las luces.	18
Ilustración 24: Resultado en el exterior de un Hotel	18
Ilustración 25: CLS Luxo	19
Ilustración 26: William Castle, precursor de la “idea 4D”	11
Ilustración 27: Componentes de un cine 4D	12
Ilustración 28: Sillas móviles Shuqee	13
Ilustración 29: Butacas móviles	14
Ilustración 30: Smoke Factory TC4	15
Ilustración 31: Efecto lluvia	16
Ilustración 32: Esquema de conexión de los dispositivos de efecto lluvia.	16
Ilustración 33: Scent of Mystery, el aroma del misterio	17

Ilustración 34: Dispositivo aromático SmX-4D	18
Ilustración 35: Esquema de la red aromática	18
Ilustración 36: Estreno de la primera sala 4DX en España	19
Ilustración 37: Butacas móviles del Kinopolis	20
Ilustración 38: Se puede desactivar el agua en cada asiento	20
Ilustración 39: Sala 4DX en Paterna	21
Ilustración 40: Red DMX de luminarias usando cables RJ45	23
Ilustración 41: Cable DMX	25
Ilustración 42: XLR de 5 pines	26
Ilustración 43: Datos DMX	26
Ilustración 44: DMX IN y DMX OUT	27
Ilustración 45: Topología de red DMX	27
Ilustración 46: Dispositivo de control DMX	28
Ilustración 47: SUSHI-DS Sunlite	29
Ilustración 48: Lixada DMX-512	30
Ilustración 49: Software Sunlite 2004	30
Ilustración 50: Pagina web DMXSoft	31
Ilustración 51: Registro y SUT	31
Ilustración 52: Mis interfaces	32
Ilustración 53: SUT (Store Upgrade Tools)	32
Ilustración 54: Hardware Manager	33
Ilustración 55: Easy Stand Alone	34
Ilustración 56: Creación de la escena	35
Ilustración 57: Escena final en 3D	35
Ilustración 58: Vista 2D de la sala	38
Ilustración 59: Esquema de la conexión del audio	38
Ilustración 60: Vista 3D de la conexión de audio	39
Ilustración 61: Esquema en 3D de las conexiones de la sala	40
Ilustración 62: Vista 3d de las conexiones	41
Ilustración 63: Vista interior de la sala	42
Ilustración 64: Vista hacia abajo de la sala	42
Ilustración 65: Cabina de proyección	43
Ilustración 66: Sala de servidores, sistemas de control y depósitos	43
Ilustración 67: Sistema de control y filtrado	45
Ilustración 68: Proyector Christie DS+60	46
Ilustración 69: Vista lateral del sistema	47
Ilustración 70: Vista de la base	48
Ilustración 71: Vista frontal	48
Ilustración 72: Interfaz principal	49





# 1 INTRODUCCIÓN E HISTORIA DEL CINE

---

*No debes estar avergonzado de soñar un poco en grande.*

*Origen/Inception (2010)*

*Dir: Christopher Nolan*

Vivimos en una sociedad en la cual estamos acostumbrados a poder acceder a distintos tipos de contenido relacionados con el entretenimiento a través de conexión a internet. Nos gusta disfrutar de los videojuegos en el salón, ver una serie en nuestro ordenador, leer un libro en nuestro cuarto o en la terraza. Y también nos gusta de disfrutar de la experiencia de ir al cine con amigos, ver una película en una pantalla lo más grande posible.

En el mundo del cine se preguntaron hace varios años: ¿cómo podemos seguir atrayendo al público a nuestras salas, cuando cada vez tenemos más factores que nos hacen competencia como el VOD (Video On Demand), alquiler de películas o el propio hecho de la piratería a través de Internet?

El primer sistema de cine en tres dimensiones que se patentó fue en 1890 y lo hizo William Freese-Greene. Diez años más tarde, el inventor estadounidense Frederick Eugene Ives, contruyó la primera cámara de dos lentes. Posteriormente se crearía lo que se llama el 3D anaglifo basada en la separación de la imagen en dos colores normalmente rojo y azul.



Ilustración 1: William Freese-Greene y la cámara 3D

Bwana Devil fue la primera película en 3D a color y el primer gran éxito de taquilla, aunque la comodidad no era precisamente su máspreciado valor, teniendo que interrumpir la proyección para ajustar el sistema ideado por M.L. Gunzberg, que consistía en dos rollos de película que debían proyectarse al tiempo y perfectamente sincronizados, cosa que no siempre ocurría. Además, el efecto tridimensional solo se lograba en los asientos centrados, y a menudo las gafas causaban dolores de cabeza en los espectadores. [1]



Ilustración 2: Primera película en 3D a color, Bwana Devil

Sin embargo, estas muchas de estas tecnologías no tuvieron mucha aceptación. Faltaba mucho por mejorar, incluyendo los propios métodos de rodaje para conseguir buenos efectos. No fue hasta 2009 cuando James Cameron estrenó Avatar con la actual tecnología 3D polarizado. Esta nueva tecnología, junto al uso de dos cámaras para grabar la película y conseguir un buen efecto 3D, consiguió que las películas en 3D se vieran como un posible salto en los medios audiovisuales. El resultado final fue ser la película más taquillera de la historia del cine.



Ilustración 3: Proceso del “Cómo se hizo” de Avatar

El motivo por el cuál se quiere realizar este proyecto es por la reciente incorporación en diversos cines de Estados Unidos y en España de una tecnología que une la película con la experiencia de verla, el 4D. Se llega a un punto en el que uno se pregunta, ¿y cómo están realizados esos cines?

En este proyecto se propondrá una posible solución a raíz de observar distintas formas de instalar un cine y los equipos usados para ello. Desde el punto de vista de la tecnología y la ingeniería es muy interesante aprender cómo sistemas que se han usado en la industria, son aplicadas al mundo del entretenimiento en favor de una mayor inmersión. Ya no solo vale el disfrutar de la película, se busca seguir satisfaciendo y crear nuevas oportunidades de negocio.

El concepto del cine 4D no es nuevo, en 1958 ya se empezaron a experimentar nuevas formas de proyección, aunque no de la manera más tecnológica. En la actualidad con los avances en el mundo de la electrónica, se pueden crear butacas móviles, que sean capaces de vibrar, expulsar agua y aire. También el efecto 3D se ha pulido mucho más y se pueden generar olores en la sala.

Desde el punto de vista nacional, también es interesante informarse debido a que se están empezando a construir nuevas salas comerciales con esta tecnología. Hay empresas que se dedican exclusivamente a su montaje y mantenimiento. El entretenimiento audiovisual sigue en auge, tras unos años duros de crisis económica.

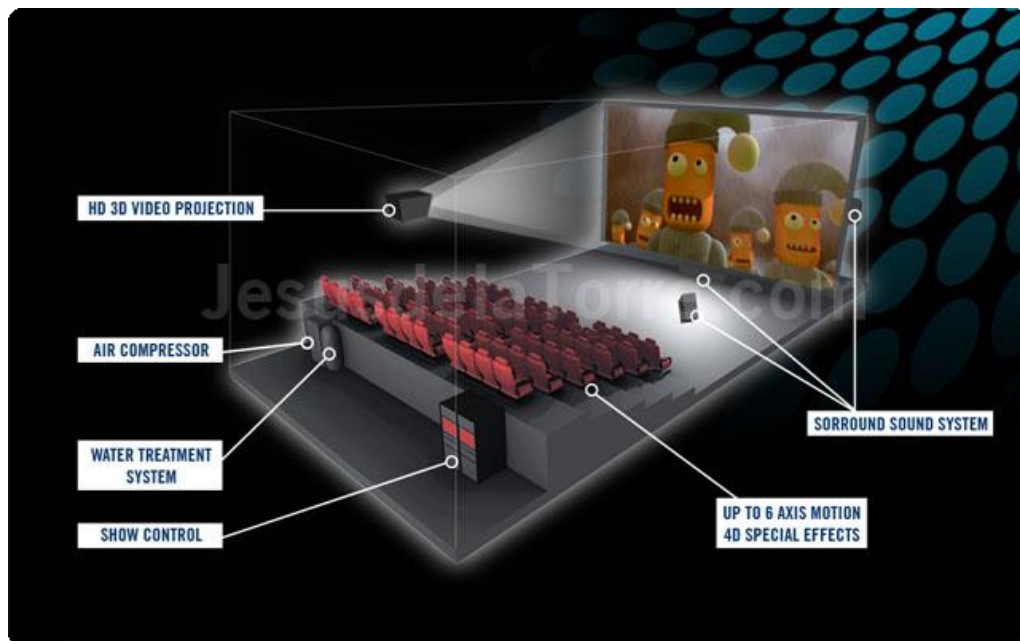


Ilustración 4: Cine 4D





## 2 ELEMENTOS DE UNA SALA DE CINE

*Yo solo puedo mostrarte la puerta, tú eres quien la debe  
atravesar.*

*- Matrix (1999) -*

En el interior de una sala de cine tradicional, es decir, la que podemos encontrar en cualquier ciudad podemos encontrar los siguientes elementos básicos sin los cuales no podemos proyectar una película con un mínimo de calidad y respeto. Dichos elementos son:

- Proyector cinematográfico: puede ser analógico, digital, en dos dimensiones o en 3D
- Sistema de audio
- Pantalla de proyección
- Iluminación de la sala

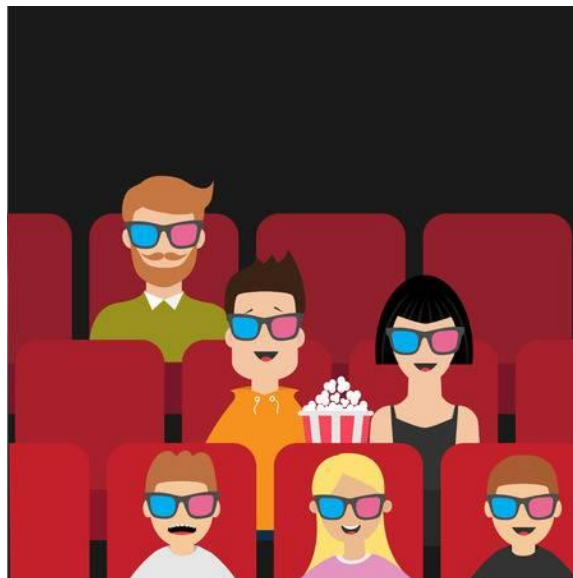


Ilustración 5: Sala de cine

## 2.1 Proyector cinematográfico

Un proyector cinematográfico es un dispositivo opto-mecánico que se utiliza para mostrar imágenes o películas a través de su proyección en una pantalla. El funcionamiento consiste en proyectar en intervalos regulares, un haz de luz sobre los fotogramas de una cinta. Actualmente ya no funcionan de esta manera, ya que existen proyectores digitales que directamente son capaces de proyectar la imagen a partir de información digital, sin necesidad de una cinta de fotogramas. [2]

### 2.1.1 Historia y origen

El origen del proyector proviene de la linterna mágica, la cual es una caja con un espejo cóncavo a la cual se le inserta un foco luminoso en su interior y proyecta la luz sobre las imágenes que coloquemos entre las dos lentes del dispositivo.

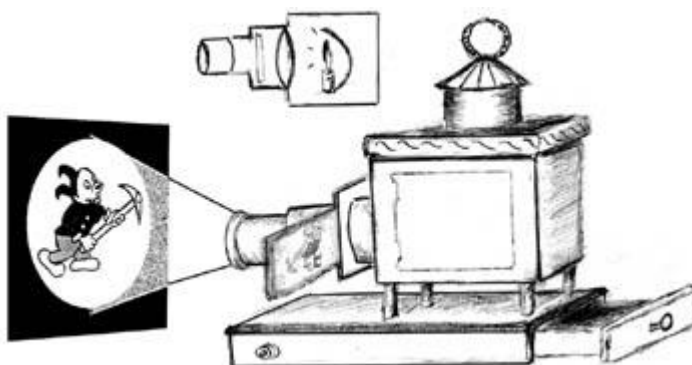


Ilustración 6: Linterna mágica, precursora del proyector[3]

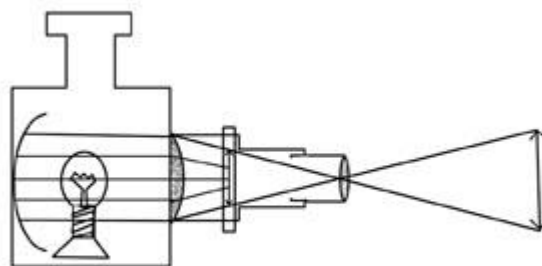


Ilustración 7: Linterna mágica, dibujo técnico[3]

La fuente emisora de luz ha ido variando a lo largo del tiempo según se fue perfeccionando la técnica. Al principio era un combustible. Posteriormente se utilizaban lámparas incandescentes, pero luego se descubrió que la mejor manera de proyectar era mediante dos carbones alineados y separados. La idea era producir un arco voltaico con la ayuda de un transformador eléctrico.

No fue hasta 1894 cuando los hermanos Lumière patentaron uno de los mayores inventos de la Segunda Revolución Industrial, el cinematógrafo. La función de esta máquina era la de captar y proyectar imágenes en movimiento. Se engañaba al ojo humano con la proyección de 24 fotografías (fotogramas) por segundo dando la sensación de que existía movimiento en la imagen. [4]



Ilustración 8: Auguste Marie Louis Nicolas Lumière y Louis Jean Lumière [5]

En 1895, se realizó la primera demostración al gran público de las bondades del invento. La primera proyección se hizo en París y fue titulada como “La salida de los obreros de la Fábrica Lumière en Lyon Monplaisir (La Sortie des ouvriers des usines Lumière à Lyon Monplaisir)”.

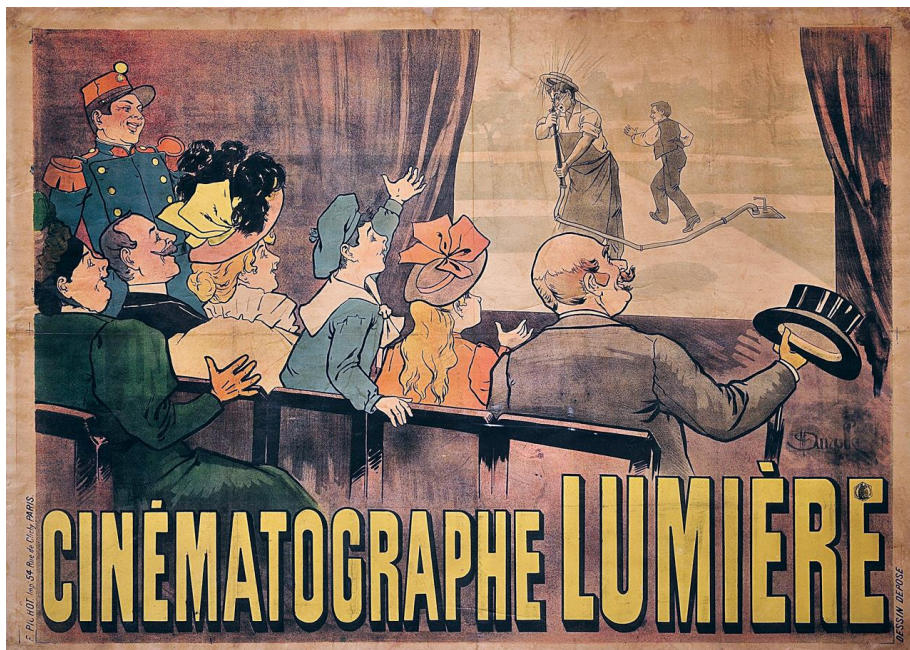


Ilustración 9: Primer cartel de cine de la historia [5]



Ilustración 10: La llegada del tren, una de las cintas de los hermanos Lumière [4]

En los años posteriores, diversos otros inventores de otros países como Alemania, Estados Unidos o Inglaterra investigan y crean dispositivos parecidos al cinematógrafo de los hermanos Lumière. Gracias a toda la proliferación de experimentos, prototipos, investigaciones, experimentos que surgieron a finales del siglo XIX se consiguió mejorar y perfeccionar el cinematógrafo. Y poco a poco la sociedad que al principio no estaba acostumbrada a ver películas, fue testigo del nacimiento de un nuevo arte, el de la utilización del cinematógrafo para contar historias. [6]

### 2.1.2 Posible solución tecnológica

El proyector elegido es un proyector dual de Sony que reproduce a contenido en resolución 4K. En concreto, es el modelo SRX-R515DS. Este proyecto combina dos proyectores Sony SRX\_R515 para dar una salida de 30000 lumen. Permite realizar proyecciones 3D en pantallas de 23 metros de largo. Pueden proyectar por separado o sincronizarse y proyectar lo mismo siendo esto ideal para las películas 3D. [7]

El proyector está dotado de una relación media de contraste de 8000:1. La resolución 4K nativa (4096 x 2160 píxeles) asegura que las películas, las cuales son enviadas a los cines en el formato digital DCP 4K, se proyecten con la mayor nitidez y calidad de imagen posible. Para facilitar los mantenimientos y reducir costes de explotación, se utiliza una matriz de seis lámparas de mercurio de alta presión [8]

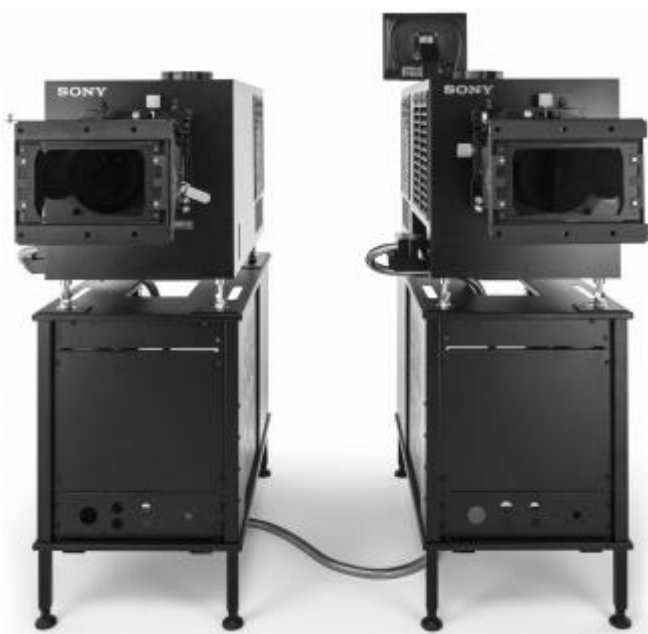


Ilustración 11: Proyector Sony SRX-R515

## 2.2 Sistema de audio

Para poder gestionar el sistema de altavoces que hay en una sala de cine es necesario contar con un controlador centralizado. Dicho controlador debe contar con la tecnología de audio que deseemos para nuestra sala. También hay que tener en cuenta la configuración en cuanto a disposición de altavoces para poder sonorizar correctamente todos los asientos.

Actualmente los dos formatos más usados son Dolby Digital y DTS. Ambos son formatos de audio multicanal (6 canales para generar un 5.1) y se utilizan en casi toda la industria audiovisual (cine, televisión, DVD, Blu-Rays, videojuegos). Dolby Digital es el más usado si queremos un soporte más barato en cuanto a ancho de banda, como puede ser la televisión. Éste se mezcla desde una fuente original en formato PCM a 48 KHz (hasta 24 bits) y se exporta a un archivo en AC-3 comprimido con una tasa de bits de un máximo de 448kbps. Con esto consiguen ahorrar en ancho de banda y espacio de almacenamiento ya que el archivo AC-3 que obtiene es más pequeño, debido a la pérdida de información. [9]

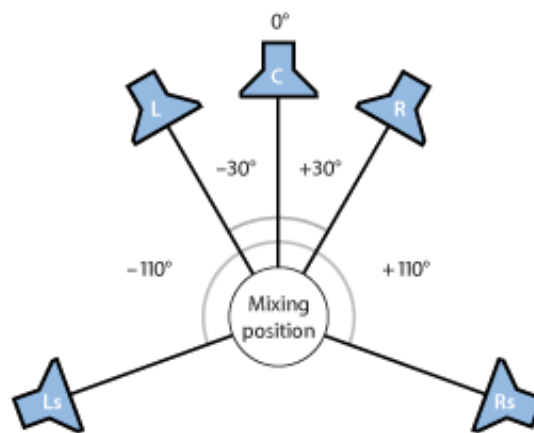


Ilustración 12: Sistema de audio 5.1[10]

DTS por el contrario funciona con una menor compresión de la fuente original (PCM a 48 KHz de hasta 20 bits), con lo que obtiene una mayor calidad de sonido a costa de emplear más recursos.

También existen tecnologías evolucionadas de las mismas compañías que son Dolby True HD y DTS-HD, que lo que añaden es mejores relaciones de compresión y la inclusión de dos canales extra para el “sonido 7.1”. De cara a los próximos años se está trabajando en una revolución sonora como es pasar de canales de audio a trabajar con sonido en 3D. Con esto se mejora muchísimo la inmersión, pero también se necesitan mejores equipos para poder utilizarlos.[11]



Ilustración 13: Dolby Atmos y DTS-X son las tecnologías de audio en 3D

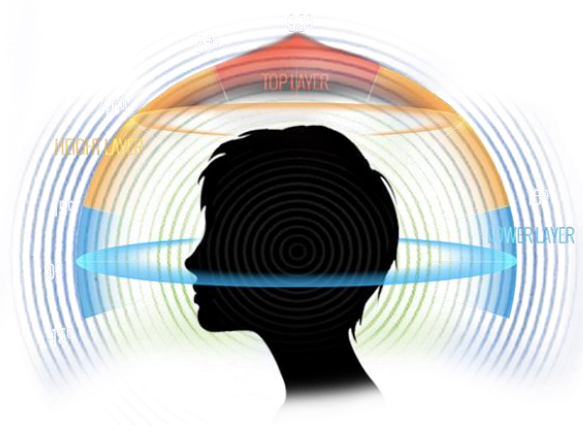


Ilustración 14: Sonido 3D

### 2.2.1 Posible solución tecnológica

Siguiendo las indicaciones hemos buscado un equipo que pueda cumplir los criterios de:

- Buena calidad de sonido
- Sistema con capacidad envolvente
- Ampliable a un número mayor de altavoces
- Poder conectarlo con el resto del sistema

La solución propuesta es el controlador DME64N de la marca Yamaha, perfecto para salas de cine. Éste emplea los circuitos originales de procesamiento de señales DSP6 y DSP7 de Yamaha para obtener potencia y calidad de procesamiento de audio extraordinarias. El DME64N cuenta con gran potencia de procesamiento DSP y esto significa también que se pueden ejecutar en un único dispositivo configuraciones avanzadas que anteriormente requerían varias unidades de hardware. Gracias a dicha capacidad conseguimos un ahorro muy significativo del tiempo, la energía y el dinero empleados en el diseño e instalación del sistema. [12]



Ilustración 15: DME64N, el controlador de audio propuesto

El controlador de este sistema se puede interconectar con una red de hasta 16 unidades de panel de control inteligente. Al contar con la posibilidad de conexión Ethernet se puede configurar una red de forma rápida y sencilla, a bajo coste. Los paneles de pantalla son del tipo LCD. Tienen gran tamaño para facilitar la lectura y disponen de una amplia selección de botones y un conector para auriculares con control de nivel para una correcta monitorización.



Ilustración 16: Frontal del DME64N





Ilustración 17: Trasero del DME64N

El fabricante Yamaha en su página web nos da indicaciones de cómo debe ser la distribución de altavoces en una sala de cine:

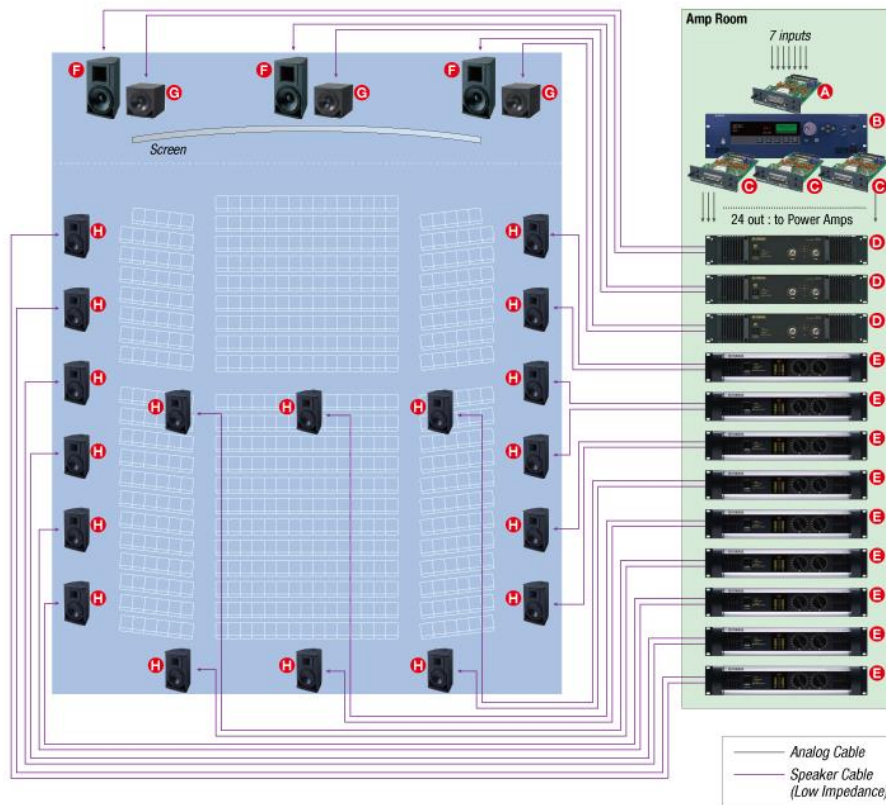


Ilustración 18: Red de altavoces propuesta por Yamaha

En base a estos requisitos el fabricante nos recomienda los siguientes componentes para nuestro sistema de audio:

Componente	Producto
Tarjeta A/D (A)	MY8-AD96
Controlador digital (B)	DME64N

Tarjeta D/A (C)	MY8-DA96
Amplificador de potencia (D)	T5n
Amplificador de potencia (E)	PC2001N
Altavoz (F)	IF2115/95
Subwoofer (G)	IS1118
Altavoz (H)	IF2108

## 2.3 Pantalla de proyección



Ilustración 19: Pantalla de proyección de una sala de cine

Una pantalla de proyección es una superficie, normalmente de tela, que recibe la imagen emitida de un proyector y la refleja. Por lo tanto, uno de los parámetros más importantes a la hora de elegir el tipo de pantalla es la reflexión para que la imagen sea lo más nítida posible. También se tiene que tener en cuenta la intensidad luminosa del proyector, la distancia de proyección, el tamaño que queremos y el tamaño de las perforaciones de la tela para permitir pasar las ondas sonoras que los altavoces que hay detrás y no hacer efecto bandera en la tela.

Si se proyectan las imágenes frontalmente, éstas mantienen su intensidad, claridad y contraste a través de un amplio ángulo de visión, es decir los espectadores que están colocados a los lados del centro llegan a ver las imágenes como si estuvieran en el centro de visión.

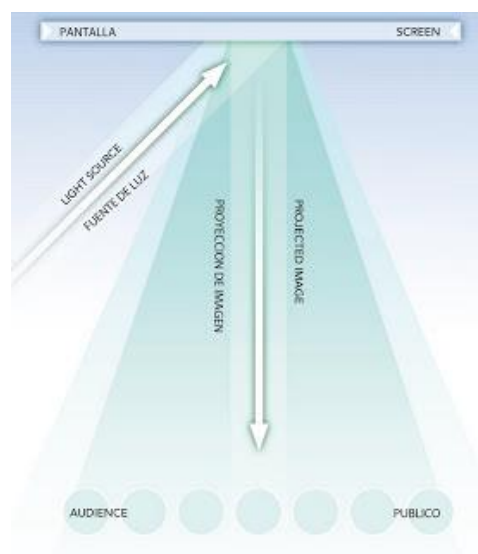


Ilustración 20: Efecto de reflexión en la pantalla

La empresa española con sede en Valencia, Proyecson se encarga de la fabricación a medida de pantallas personalizadas para cine. Tienen toda la gama de pantallas, como blanco y plateado, para todo tipo de aplicaciones, como películas 2D y 3D [13]. Las características que nos pueden otorgar:



Ilustración 21: Proyecson, empresa fabricante de equipos para cine

- Fuerte resistencia.
- Líder en el desarrollo de nuevos revestimientos sofisticados
- Cuentan con pantallas para 2D o 3D pasivo
- Enfoque innovador en la creación de productos únicos para proyectos especiales
- Disponen de pantallas hinchables para su uso en cines al aire libre o en eventos.



Ilustración 22: Pantalla hinchable para evento deportivo

## 2.4 Iluminación

La iluminación necesaria dentro de una sala de cine se compone de dos tipos de luces:

- Luces en las escaleras. Estas estarán encendidas en todo momento para que los espectadores puedan subir y bajar con un poco de visión.
- Luces de la sala. Se apagarán al comenzar la película y se encenderán el resto del tiempo.

En base a esto se ha buscado dos soluciones posibles:

Para las luces de la sala: **CLS LON GII Bracket RGBW – RGBA**



Ilustración 23: CLS LON GII

Las características que nos indica el fabricante:

- Luminaria de montaje de superficie cambiante de color muy compacta para todas las aplicaciones donde se necesita un accesorio RGBA o RGBW pequeño pero potente.
- Sistema de mezcla de color con una dispersión de luz uniforme.
- Versión RGB + Blanco, para miles de colores sutiles, incluidos los tonos pastel.
- Versión RGB + Amber, para colores muy saturados y profundos.
- Cada soporte LON GII se puede direccionar individualmente, lo que permite programar efectos espectaculares.
- Alimentación y datos a través del sistema de cableado CAT5 (RJ45) para una fácil instalación.

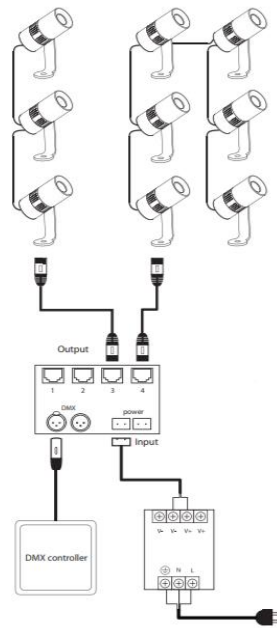


Ilustración 24: Esquema de conexión de las luces.



Ilustración 25: Resultado en el exterior de un Hotel

Para las luces de las escaleras: **CLS Luxo 3 RGB**



Ilustración 26: CLS Luxo

Características del fabricante:

- Instalación fácil a través del sistema de cableado RJ45.
- Óptica de lentes intercambiables de alta calidad en diferentes ángulos de haz; 25 °, 40 °, 60 ° y 120 °.
- Cuerpo masivo de corte CNC de aluminio para una refrigeración óptima.
- Diseño antideslumbrante, filtro de difusión suave opcional para una dispersión de la luz muy suave.
- Calificación usual de IP40. Con clasificación de filtro de difusión de tono suave IP52.
- Cada módulo es ajustable horizontal y verticalmente.
- Placas de montaje de módulos redondos, cuadrados, duales y cuatro disponibles.





## 3 TECNOLOGÍA 4D

---

*Texto elaborado por David Fernández, de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla*

**E**n un intento de seguir mejorando la calidad de los cines se han buscado nuevas fórmulas para atraer espectadores a las salas. La tecnología 4D tiene como objetivo conseguir la mayor inmersión en la película y para ello utiliza una serie de sensores y actuadores que utilizados con ingenio, en un momento concreto de la película crean sensaciones que de otro modo no se podrían hacer.

Esta idea no es nueva, en el cine clásico también se intentaron técnicas similares. William Castle, director, productor y actor estadounidense quiso introducir trucos y efectos en las proyecciones de sus películas. Durante la proyección de su película “La casa de la colina encantada (1958)” hizo aparecer en la sala un esqueleto humano, y en su siguiente película “Escalofrío (1959)” las butacas estaban preparadas para provocar descargas eléctricas a los espectadores.[14]



Ilustración 27: William Castle, precursor de la “idea 4D”

### 3.1 Definición

La tecnología 4D es la utilización de sistemas de proyección que recreen en la sala condiciones físicas que sucedan en la película, como lluvia, viento, niebla, olores, sonidos especiales, efecto relámpago. También las butacas tienen efectos ya que cuentan con motores que proporcionan movimientos en todos los sentidos.

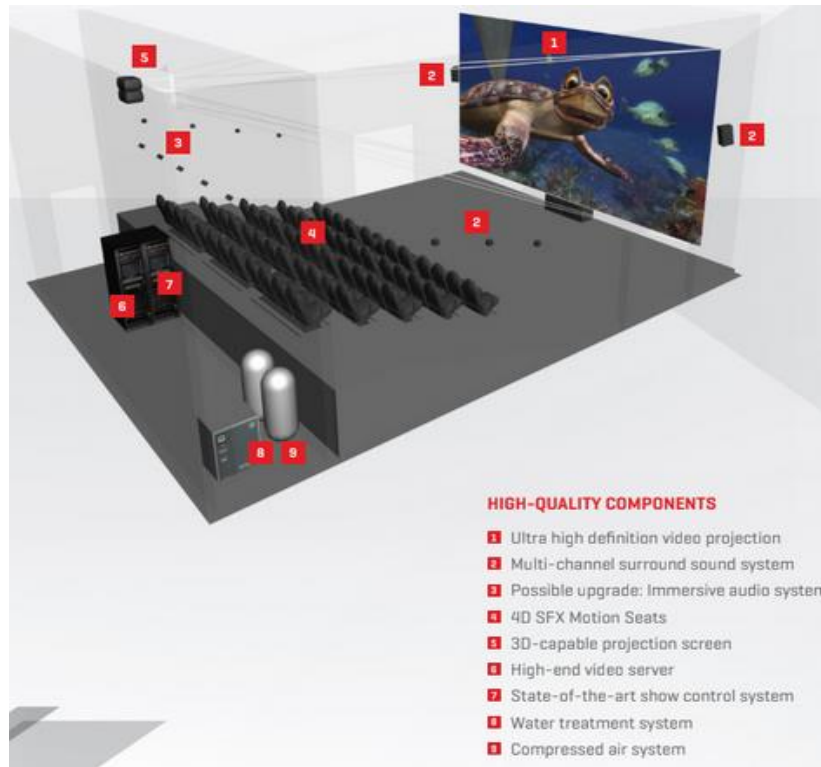


Ilustración 28: Componentes de un cine 4D

Para que un cine se le denomine 4D es necesario que cuente con alguna o muchas de las siguientes tecnologías:

- Asientos que se muevan y giren
- Generación de humo en la sala
- Proyección de olores relacionados con la película
- Efectos de rociado de agua o aire

## 3.2 Componentes de un cine 4D

### 3.2.1 Butacas móviles

Uno de los principales reclamos a la hora de ir a un cine 4D son las butacas móviles. Su misión es recrear el movimiento que vemos en pantalla, vibraciones e incluso simular rachas de aire, o contacto con insectos. Existen muchas empresas fabricantes de este tipo de productos.

En nuestro caso se ha elegido una butaca de la marca Shuqee. La butaca es del tipo neumática, hecha de material casero y está construida usando cuerpo de fibra de vidrio de cara a tener un mantenimiento fácil. Se puede modificar la soldadura para requisitos particulares.



Ilustración 29: Sillas móviles Shuqee

Las características y efectos que nos aportan dichas butacas son:

- **Movimiento:** Arriba y abajo, movimiento hacia el frente y la parte posterior, izquierda y derecha, sensación de caída y levantamiento.
- **Vibración:** El cojín incorporado dentro, realiza la vibración de 12 hercios, hacen que la audiencia sienta la ascendente y descendente sensación de la "vibración".
- **Cosquillas de la pierna:** Cada pequeña manguera de aire elástico bajo suspensión del asiento tiene efecto de ratas, serpientes, insectos. Puede simular los animales para tocar las piernas de la audiencia.
- **Empuje hacia detrás:** La parte posterior del asiento hace que la audiencia sienta en la parte de atrás repentinamente de la "vibración".



Ilustración 30: Butacas móviles

### 3.2.2 Efecto humo

Para los efectos de humo, se usará el dispositivo Smoke Factory Enterprise TC4. La máquina de humo elegida tiene la ventaja que se controla a través de DMX 512.

Las características principales son:

- Máquina de humo vaporizadora de 2.6 kW
- Controlada a través de DMX 512
- Modo con temporizador o autónomo
- Consumo de líquido: 240 ml/min. Recipiente de líquido de 5 litros
- 99 niveles de salida de humo
- Protección contra sobrecalentamiento (controlado por microprocesador). Tiempo de calentamiento: aprox: 7 min
- Dimensiones: 55 x 32 x 47 cm
- Peso: 24 kg (sin líquido)



Ilustración 31: Smoke Factory TC4

### 3.2.3 Efecto Lluvia

Para los efectos de agua, se usará el dispositivo Spraymotion Macro FX Systems for 4D & Simulator Environments. Este dispositivo es perfecto para los efectos de rociado o spritzer que se entregan en un "macro" ambiente donde los efectos provienen de arriba o en frente de participantes, el movimiento se secuencia con Spraymotion FX. Permite un rápido desarrollo de la izquierda a la derecha, de derecha a izquierda, de adelante hacia atrás, de atrás hacia adelante o al azar secuencias que se gestionan en una biblioteca Spraymotion y reproducido a través de señales DMX.



Ilustración 32: Efecto Lluvia

Los efectos Spraymotion son activados por DMX al Spraymotion Controller FX de sistemas de control de espectáculos u otros fuera controles. Solo necesita identificar qué efecto de pulverización desencadenar y cuando. Todo está diseñado para permitir una fácil implementación para que los efectos de pulverización y spritzer puedan ser exitosos instalados por cualquier integrador o diseñador.

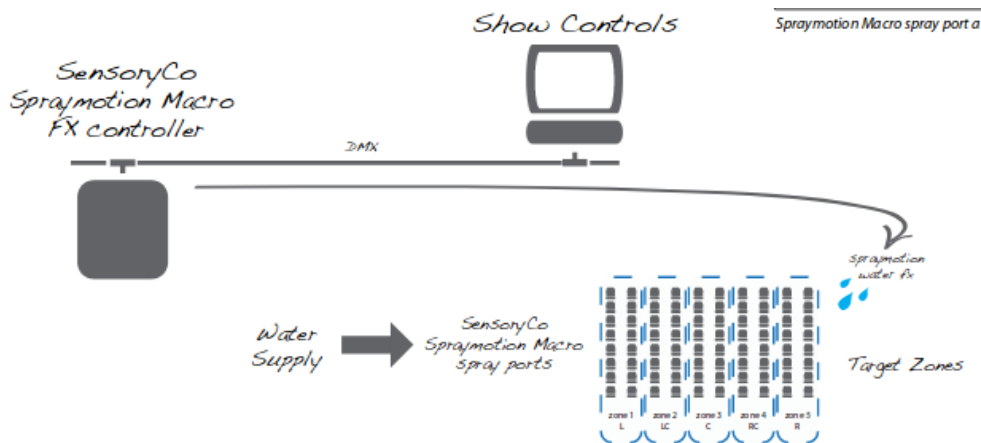


Ilustración 33: Esquema de conexión de los dispositivos de efecto lluvia.

### 3.2.4 Sistema de olores

#### 3.2.4.1 Historia y origen

En 1939 en la Expo Mundial de Nueva York, el cineasta Hans Laube presentó un sistema que se encargaba de proyectar olores en las salas de cine. Lo llamó “Scentovision”, y la idea era unir la banda sonora de la cinta con lo que llamaron la banda aromática para favorecer y amplificar la historia que había en pantalla. Su sistema funcionaba a través de una red tubular en la que, en cada asiento, de manera oculta se pudiera oler lo que tenían preparado.

No fue hasta 1960 cuando se hizo la primera película que integrara este sistema, “OromaRama”, seguida de “Scent of Mystery (El aroma del misterio)” donde se rebautizó el proyecto como Smell-O-Vision.



Ilustración 34: Scent of Mystery, el aroma del misterio

#### 3.2.4.2 Posible solución

Actualmente para generar los efectos de olor existen muchas tecnologías. Una posibilidad sería usar el dispositivo “SmX-4D” preparado para cines 4D [15]. El sistema de aromas SmX-4D proporciona un método para colocar olores en una determinada área. Tiene la capacidad de almacenar hasta 6 aromas que son integrados a la perfección por controles externos para lanzar aromas con un tiempo preprogramado y a distintas intensidades.

Las esencias individuales están compartimentadas e identificadas dentro del Configurador SensoryCo FX. Los efectos de olor se desencadenan a través de señales DMX. Todo lo que se necesita hacer es enviar una señal en el instante en el que se quiera expulsar el aroma y el controlador se encarga del resto.

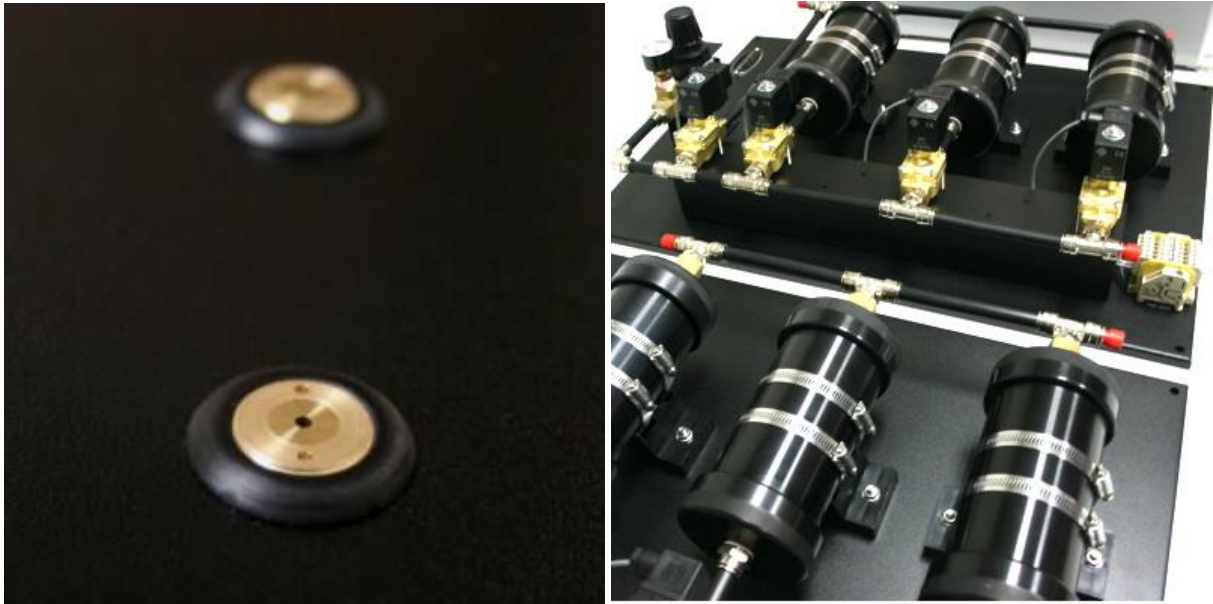


Ilustración 35: Dispositivo aromático SmX-4D

El sistema utiliza la administración de aroma seco frente a los aceites atomizados que se caen y depositan o causan daños a los componentes eléctricos. Los medios Aroma están contenidos en los SOC de SensoryCo y se cambian fácilmente cuando se agota o cambia el contenido.

El esquema general de toda la red sería de la forma en la que aparece en.

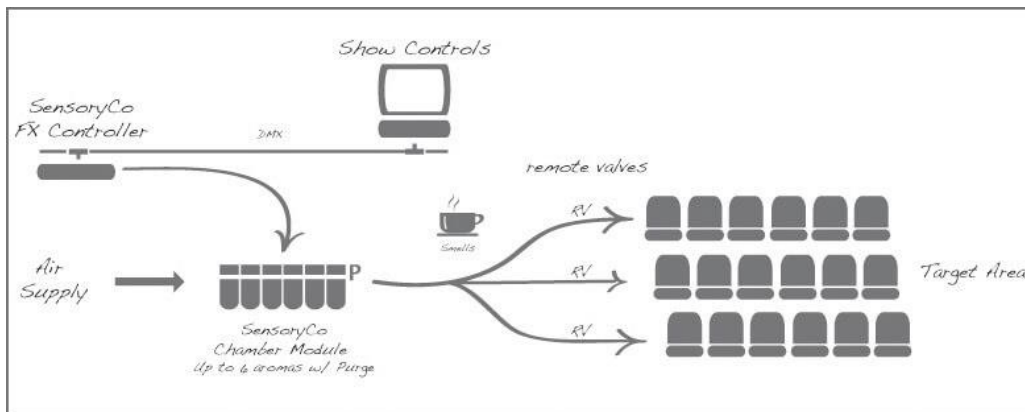


Ilustración 36: Esquema de la red aromática



### 3.3 Ejemplos en España

En España se están empezando a implantar las tecnologías 4D y ya existen dos salas comerciales donde poder ver cualquier película de estreno. Ambas salas las lleva la empresa Kinopolis que viendo que el mercado ha funcionado en otros países ha apostado por esta nueva forma de entretenimiento en nuestro país. Ellos mismos describen el 4D como:

*“La tecnología 4DX te ofrece la experiencia cinematográfica más espectacular que existe. Combina los efectos sensoriales: viento, lluvia, ruido, nieve, niebla, los olores y la luz con el movimiento de las butacas para crear una experiencia inmersiva única.*

*Todo aquello que sucede en la pantalla se puede sentir en la sala de cine, gracias a que las butacas están equipadas con un motor específico que permite movimientos extremadamente precisos y que controla la velocidad de estos movimientos en perfecta sincronía con la película. Giros, saltos, temblores, ruido, nieve, agua... hasta 20 efectos que te permiten recrear toda una experiencia multisensorial.” [16]*

La primera sala 4DX en España es la ubicada en Ciudad de la Imagen (Madrid). Esta sala fue inaugurada en diciembre de 2017 y la primera película emitida fue Star Wars VIII: Los Últimos Jedi. La empresa surcoreana CJ CGV ha sido la encargada de transformar la anterior sala en otra especializada en 4D. Para ello estimaron unos 3 meses de trabajo, pero finalmente se hizo en 35 días. Según Kinopolis este tipo de salas requieren gran inversión y los costes de las butacas suelen ser del orden de 10 veces superiores a las tradicionales. [17]

El precio de las proyecciones es de 14'90 € (película en 3D) y disminuye si la película es en 2D, o con distintos abonos.



Ilustración 37: Estreno de la primera sala 4DX en España



Ilustración 38: Butacas móviles del Kinopolis



Ilustración 39: Se puede desactivar el agua en cada asiento

En la Comunidad Valenciana está la segunda sala 4DX de España. Más concretamente en el Centro comercial Heron City de Paterna. Dicha sala se estrenó con Jurassic World: El Reino Caído. El aforo máximo es de 160 personas. [18]



Ilustración 40: Sala 4DX en Paterna



# 4 PROTOCOLO DMX

*Solo hay una persona que puede decidir lo que voy a hacer, y soy yo mismo.*

*Ciudadano Kane (1941)*

*Dir: Orson Welles*

## 4.1 Definición

El DMX (acrónimo de Digital Multiplex) es un protocolo de comunicación para luminotecnia y para espectáculos. Dicho protocolo fue desarrollado en 1986 a pedido de la USITT (Instituto americano de tecnologías teatrales) en su Conferencia Anual en Oakland, California para convertir el sistema de comunicación entre paneles de control de iluminación y los reguladores de intensidad en un estándar eficiente, con el fin de poder controlar todas las luces usadas en los diferentes teatros independientemente de su fabricante. A partir de ese período de reuniones y conferencias, se inicio un nuevo proyecto y que dio lugar a USITT DMX-512 (Digital estándar de transmisión de datos para reguladores y controladores). La expectativa era que los protocolos propietarios todavía se usarían, pero cuando había una necesidad de mezclar equipos de diferentes fabricantes en un sistema, los usuarios podrían cambiar a DMX-512.

Antes de los sistemas DMX512, la mayoría de los fabricantes tenían sus propios protocolos de control de Zimmer y control de aparatos y eran propietarios e incompatibles con equipos de otros fabricantes. A medida que la industria creció y la muestra se hizo más compleja, en particular con la llegada de las cabezas móviles, la necesidad de compatibilidad cruzada fabricante hizo crítica.

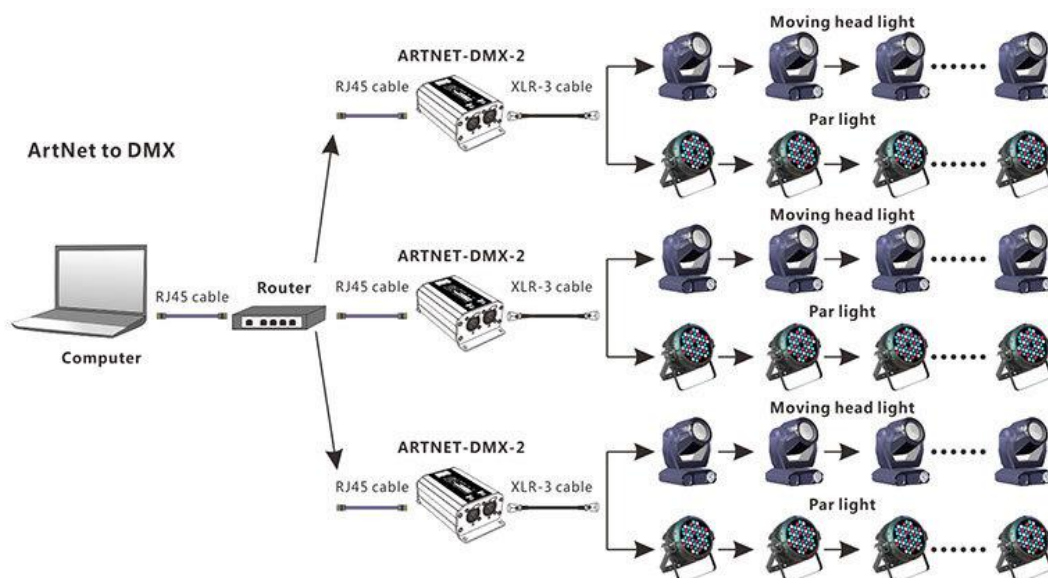


Ilustración 41: Red DMX de luminarias usando cables RJ45

La principal característica de este protocolo es la fuerte inmunidad frente a los fallos eléctricos y electromagnéticos comunes. Esto es gracias a los amplificadores diferenciales que se utilizan ya que estos eliminan todas las señales no deseadas de signo igual, presentes al mismo tiempo en los dos conductores, mientras amplifican las señales diferenciales.

La señal que nos interesa es la relativa a los niveles del regulador y de los otros dispositivos conectados a la línea. Estas señales son transmitidas voluntariamente de modo diferencial y entonces son amplificadas sin aumentar el ruido (disturbios eléctricos y electromagnéticos) que se presenta generalmente de modo común (con la misma polaridad respecto a la masa).

El objetivo del sistema de control DMX es mandar, mediante un cable, una sola señal a todos los dispositivos de manera unidireccional y que cada dispositivo sepa que parte de la señal de control es a la que debe de responder por su dirección asignada en el switch.

Este protocolo se volvió cada vez más importante, hasta convertirse en un estándar internacional. Entonces se comenzaron a fabricar otros dispositivos que podían usarse con ese mismo sistema de control como son los escaneres de leds, las máquinas generadoras de humo, sillas móviles, proyectores de cine, iluminación especial de discotecas, y muchos otros tipos de dispositivos.

## 4.2 Datos electricos del cable DMX

Las condiciones que debe tener un cable que se quiera considerar para el uso DMX son:

- Capacidad cond/cond por 1 m: 45pF
- Capacidad cond/trenzado por 1 m: 110pF
- Resistencia cond. por 1 Km: 87 Ohm
- Resistencia trenzado por 1 Km: 15 Ohm
- Resistencia del aislante por 1 Km: 100 MOhm
- Impedancia característica: 110 Ohm

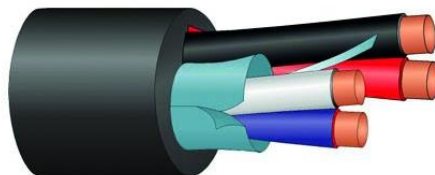


Ilustración 42: Cable DMX

### 4.3 Datos DMX

Los datos del DMX 512 se transmiten a través de un par de cables con niveles de tensión 0-5 Voltios y un cable para la masa. La velocidad de este sistema es de 250 Kbit/s y la señal se transmite de forma asíncrona, soportando 1.200 metros de distancia. El conector usado en DMX es del tipo XLR y cuenta con 3 o 5 pines según el uso y los dispositivos que usemos.

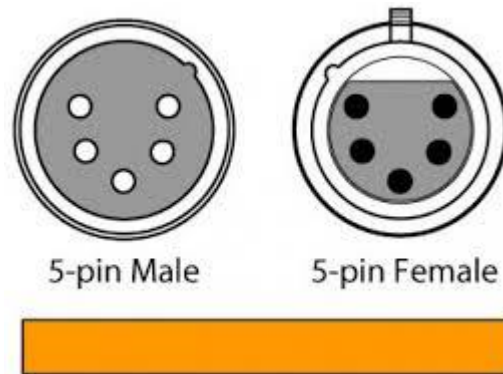


Ilustración 43: XLR de 5 pines

El máximo de dispositivos en DMX 512 es de 32. Para comunicar más de 32 dispositivos se necesita un divisor DMX que permite ampliar el circuito. El cableado que se utiliza es del tipo par trenzado blindado y su impedancia de 120 ohmios.[19]

Si nuestro circuito es de menos de 45 metros no se necesita utilizar terminador DMX (resistencia que cierra el final del circuito DMX). En cambio, si superamos esta longitud de circuito, para que la señal no se deteriore si que es necesario esta terminación, además de un cable especial para DMX. [20]

Sin este dispositivo la señal puede producir un efecto rebote al final del circuito al no estar cerrado. Para evitarlo, se le conecta un Terminador que consiste en una resistencia de 120 ohmios de un 1/4 W conectada entre los pines 2 y 3 del conector XLR de 5 pines (entre data+ y data-), y en la salida dmx del ultimo efecto de nuestro Dmx.

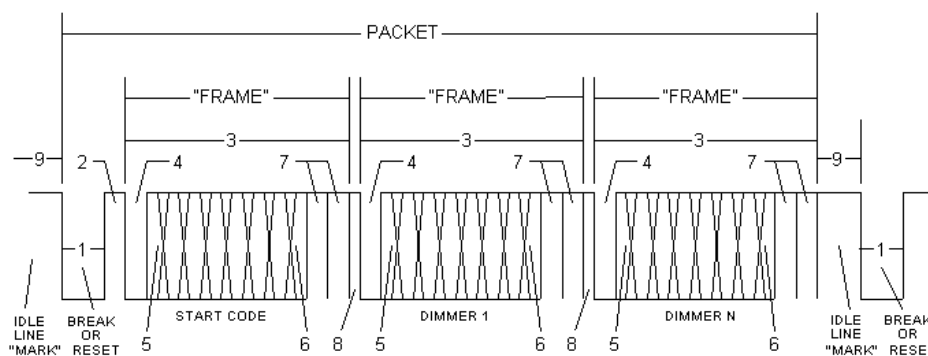


Ilustración 44: Datos DMX



## 4.4 Topología de conexión de dispositivos

Todo dispositivo DMX cuenta con una entrada DMX IN y otra DMX OUT. Esto hace que se puedan realizar grandes instalaciones en edificios o en plantas de manera rápida y eficaz. La idea es conectar nuestro controlador principal a un aparato y luego conectar dicho aparato con el siguiente consiguiendo la red DMX (también llamado como universo DMX). [21]



Ilustración 45: DMX IN y DMX OUT

### Example DMX Topology

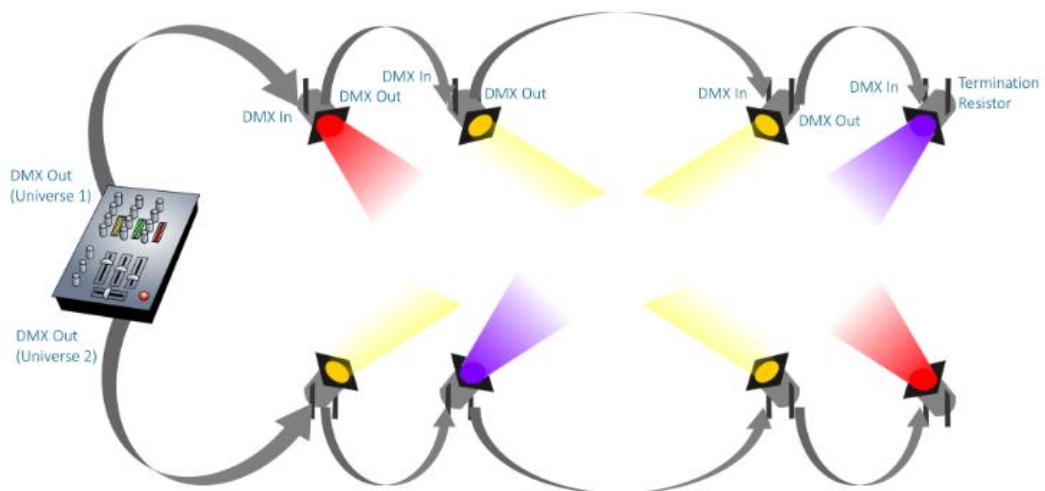


Ilustración 46: Topología de red DMX

## 4.5 Control DMX

Para el control de los equipos DMX se ha elegido la EUROLIGHT BEHRINGER LC2412 es una mesa DMX profesional de 24 canales con 24 canales de presets asignables a 512 canales DMX.

Para más comodidad, dispone de controles/display iluminados y un conector de lámpara **BNC** para poder usar el equipo incluso en escenarios oscuros. Este equipo es resistente y su carcasa de acero le garantiza una larga vida incluso bajo las condiciones más duras. Incluimos un kit de instalación en rack para racks estándares de 19" y el LC2412 está, por supuesto, fabricado bajo el sistema de gestión certificado ISO9000.

Características principales:

- 24 canales de preset, asignables a 512 canales DMX
- Control de hasta 3 canales DMX por cada canal de preset
- 120 escenas asignables a 10 bancos
- Dos canales multifunción adicionales para efectos especiales (maquina de humo, cambiador de color, etc.)
- Control de dimmers vía DMX o salida analógica (0/+10V)



Ilustración 47: Dispositivo de control DMX

## 4.6 Dispositivos DMX recomendados para experimentar la tecnología

Para experimentar e iniciarse en la tecnología DMX, necesitamos los siguientes componentes:

- Conector/Interfaz DMX a USB
- Dispositivo DMX
- Software para controlar dichos dispositivos

Existen múltiples opciones para elegir el conector DMX a USB. Lo más importante a tener en cuenta es el número de DMX que quieres conectar y el número de pines (3 o 5). En nuestro caso se ha elegido el dispositivo SUSHI-DS Sunlite. Cuenta con 128 canales DMX y es compatible con tres diferentes soluciones de software profesional. Daslight DVC 1, Sunlite Suite 2004 y Easy Stand Alone 1. La conexión que utiliza es la XLR de 3 polos y no necesita instalación en el PC, funciona mediante USB 2.0.



Ilustración 48: SUSHI-DS Sunlite

Como dispositivo DMX a controlar se ha elegido la luminaria Lixada DMX-512. Cuenta con modos de control: auto, maestro/esclavo, DMX512. El dispositivo también dispone de control individual de LEDs rojo, verde, azul y blanco y de cambio gradual del color/cambio del salto del color/estroboscópico, ajuste de la velocidad corriente.



Ilustración 49: Lixada DMX-512

En cuanto al software, los recomendados para manejar luminarias para espectáculos y entretenimiento son:

- Daslight DVC 1
- Sunlite Suite 2004
- Easy Stand Alone 1

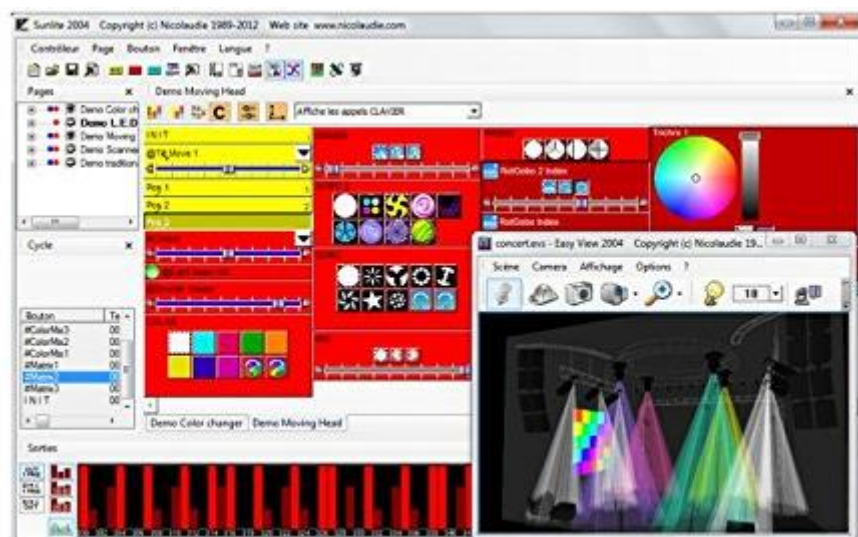


Ilustración 50: Software Sunlite 2004

## 4.7 Primeros pasos con DMX

Lo primero que tenemos que hacer para dar nuestros primeros pasos en el mundo DMX es ir a las páginas web recomendadas por el fabricante. En nuestro caso, el producto SUSHI-DS nos recomienda visitar la página:

<https://www.dmxsoft.com/es/>

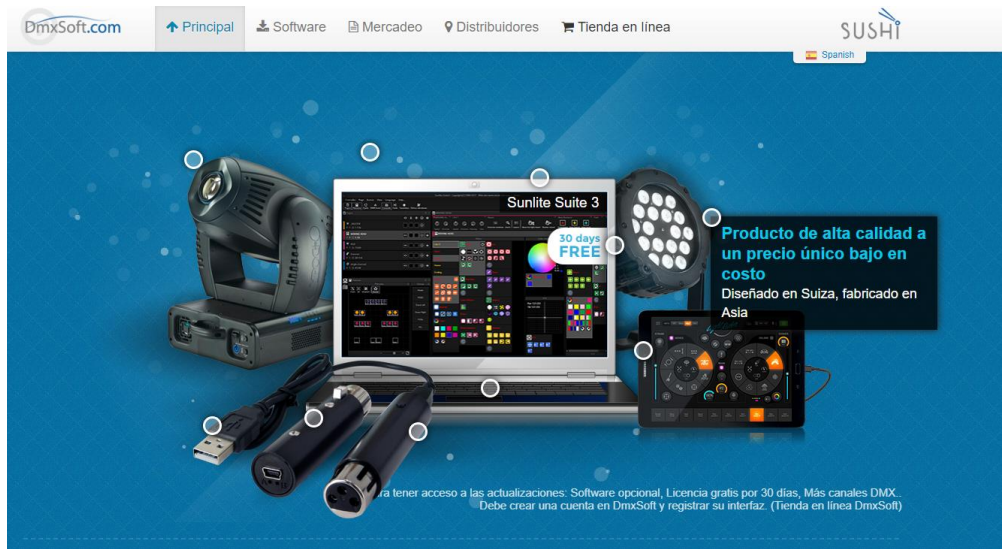


Ilustración 51: Pagina web DMXSoft

En esta página encontramos tanto los programas recomendados como una tienda en línea para adquirir las licencias de dichos programas. Si visitamos dicha tienda encontramos que nos sugieren registrar nuestro producto para actualizarlo.

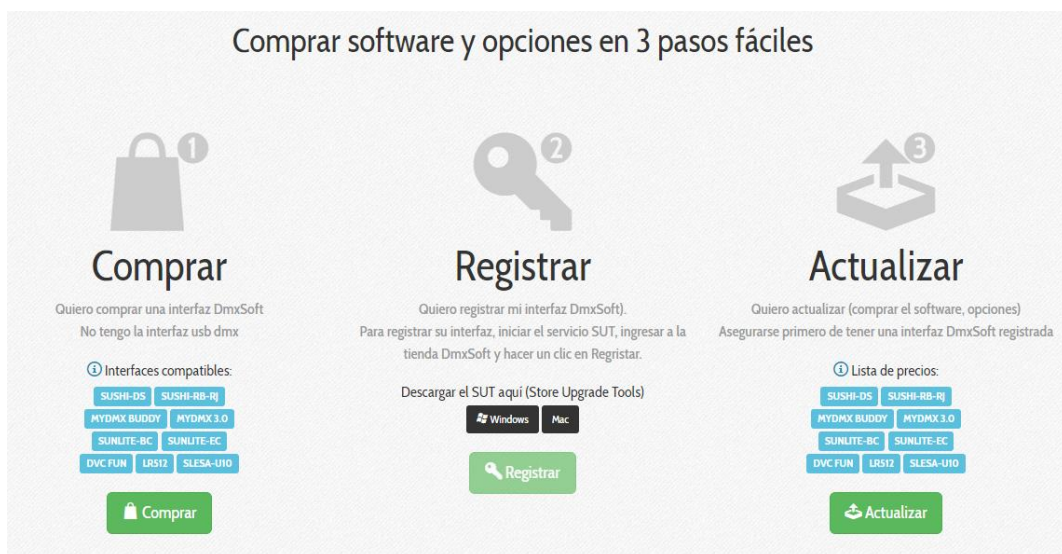


Ilustración 52: Registro y SUT

Una vez hecho lo que se nos pide, pulsamos la pestaña de “Mis interfaces” y ya podremos ver todo el abanico de productos que se nos ofertan para conseguir el máximo jugo del sistema.

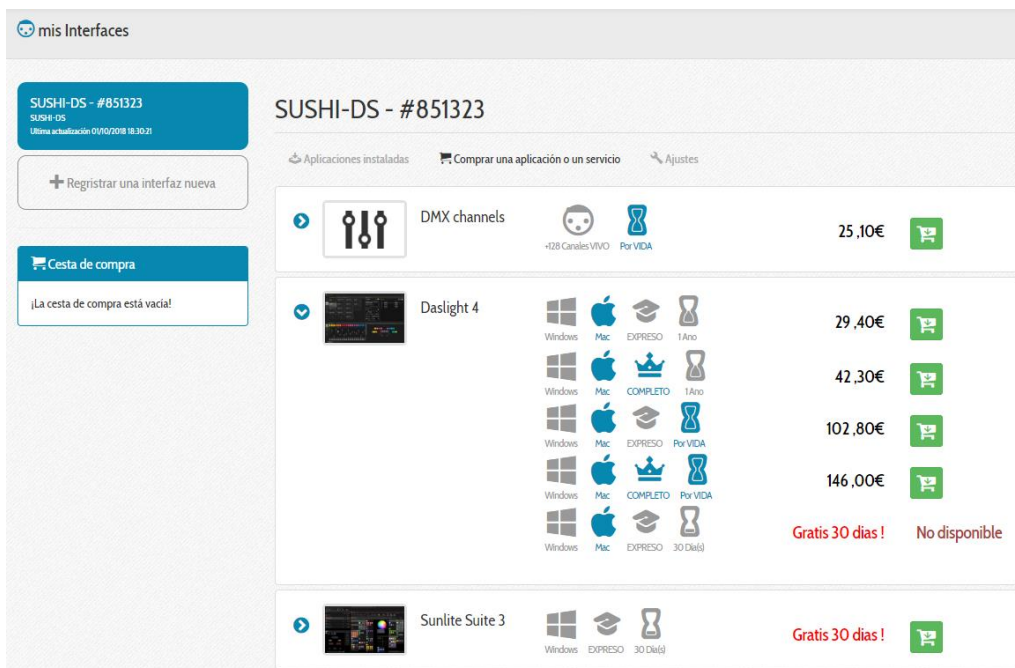


Ilustración 53: Mis interfaces

Durante el proceso de registro se nos manda un email con algunas recomendaciones a la hora de usar el dispositivo DMX como son las siguientes:

- Las versiones de demostración, expresa y completa de software utilizan el mismo enlace de descarga; no es necesario actualizar el software después de comprar una licencia si ya está ejecutando la última versión. Esto se debe a que los códigos de licencia se almacenan dentro de su hardware.
- Obtenga más información sobre la tecnología SUT y la sincronización en la página DMXsoft.

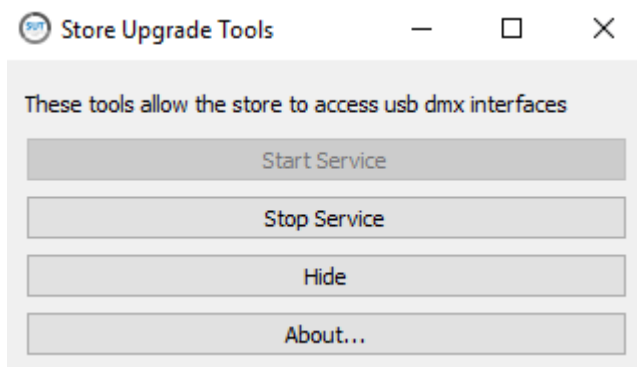


Ilustración 54: SUT (Store Upgrade Tools)

- No olvide instalar los controladores USB durante la instalación del software si es un usuario de Windows.
- Si usted no puede encontrar un perfil determinado del accesorio en nuestro software, podemos hacerle para usted. Simplemente envíe una 'nueva solicitud de perfil de accesorio' usando el enlace de contacto de la página web.
- Compruebe que el software del cortafuego o firewall no esté bloqueando su software del DMX de conectar con el Internet. La tecnología SUT necesita acceso periódico a Internet.
- Si su interfaz DmxSoft es reconocida por el software, pero no tiene salida DMX, puede ser posible resolver este problema reemplazando el chip DMX. Póngase en contacto con nosotros para más información.
- Para probar su interfaz DmxSoft, instale e inicie la última versión de Hardware Manager

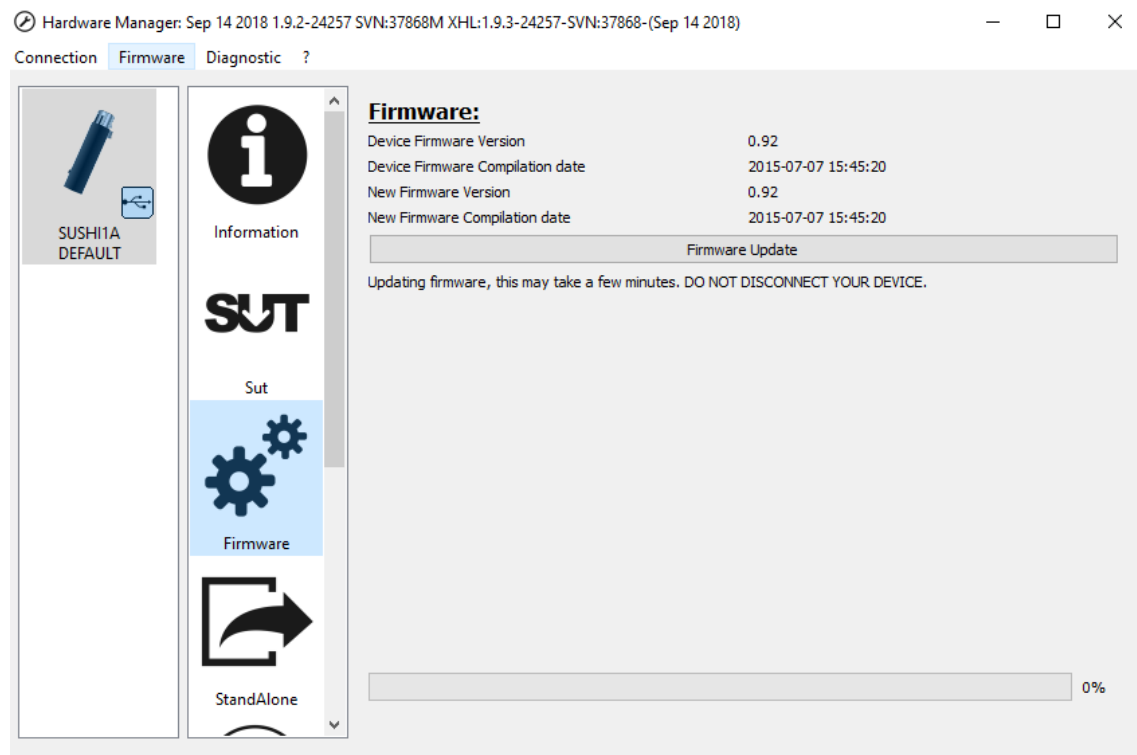


Ilustración 55: Hardware Manager

Una vez hechos todos estos pasos, nos iríamos al programa DMX que usemos. En este caso se ha elegido Easy Stand Alone por ser un software totalmente gratuito y con una interfaz simple y clara. Deberemos:

- Buscar nuestra luminaria en la lista y seleccionarla
- Asignar los canales de cada luminaria

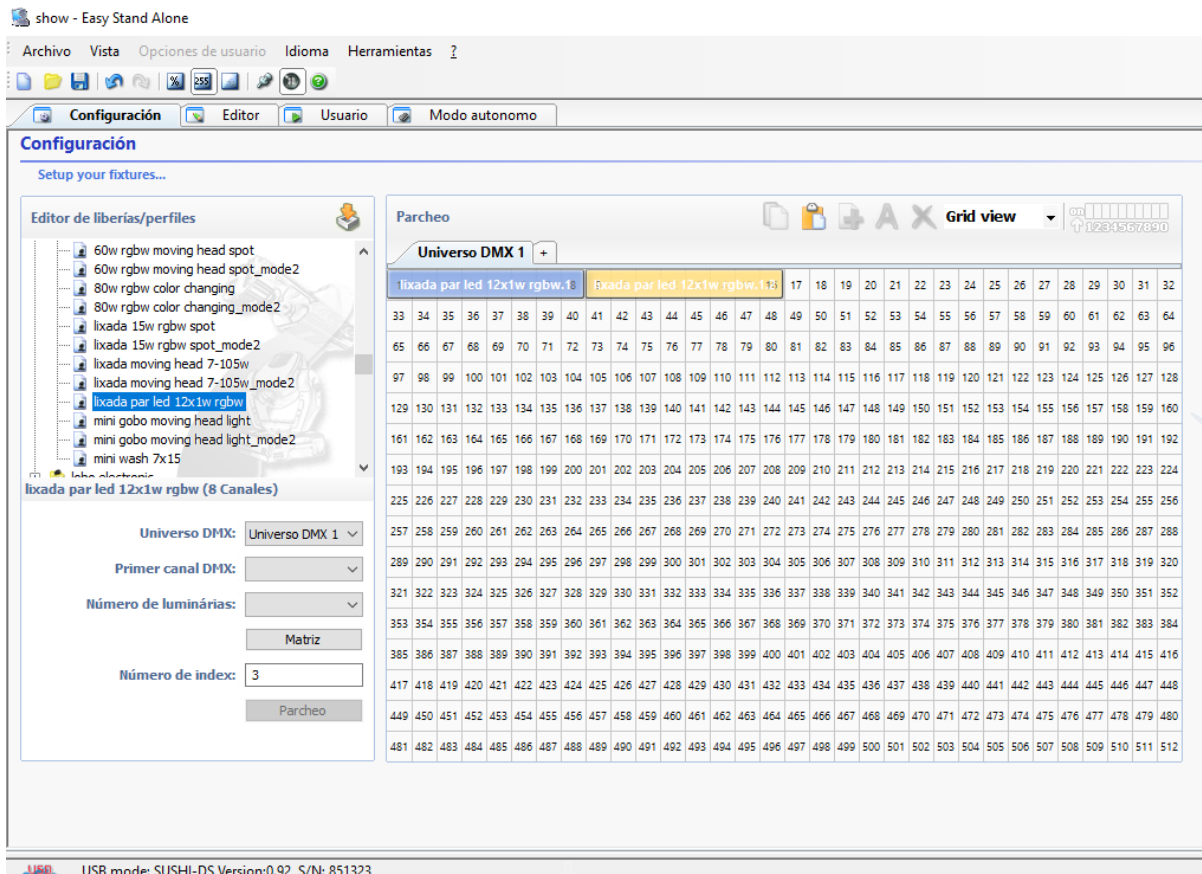


Ilustración 56: Easy Stand Alone

Tras esto, tenemos que crear una “escena”, es decir, una línea temporal prefijada dónde vamos variando los diferentes canales DMX para tener las luces con los efectos que queremos.



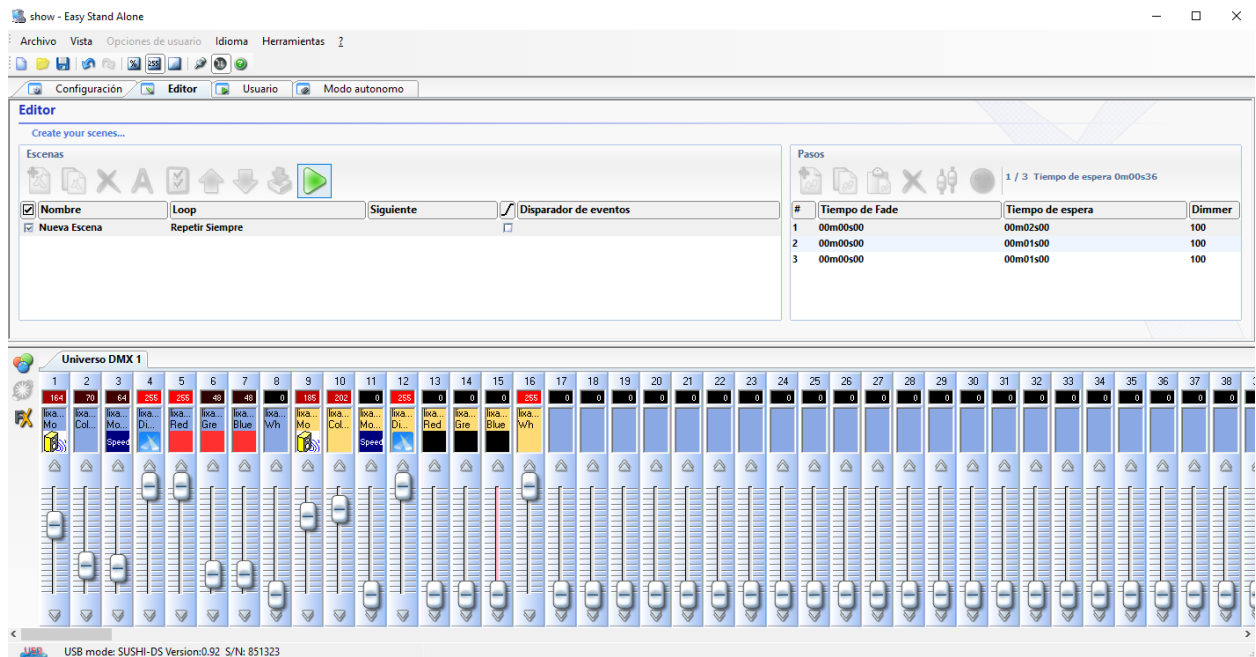


Ilustración 57: Creación de la escena

El programa también nos permite crear un entorno en 3D para simular estas escenas y ver los resultados.

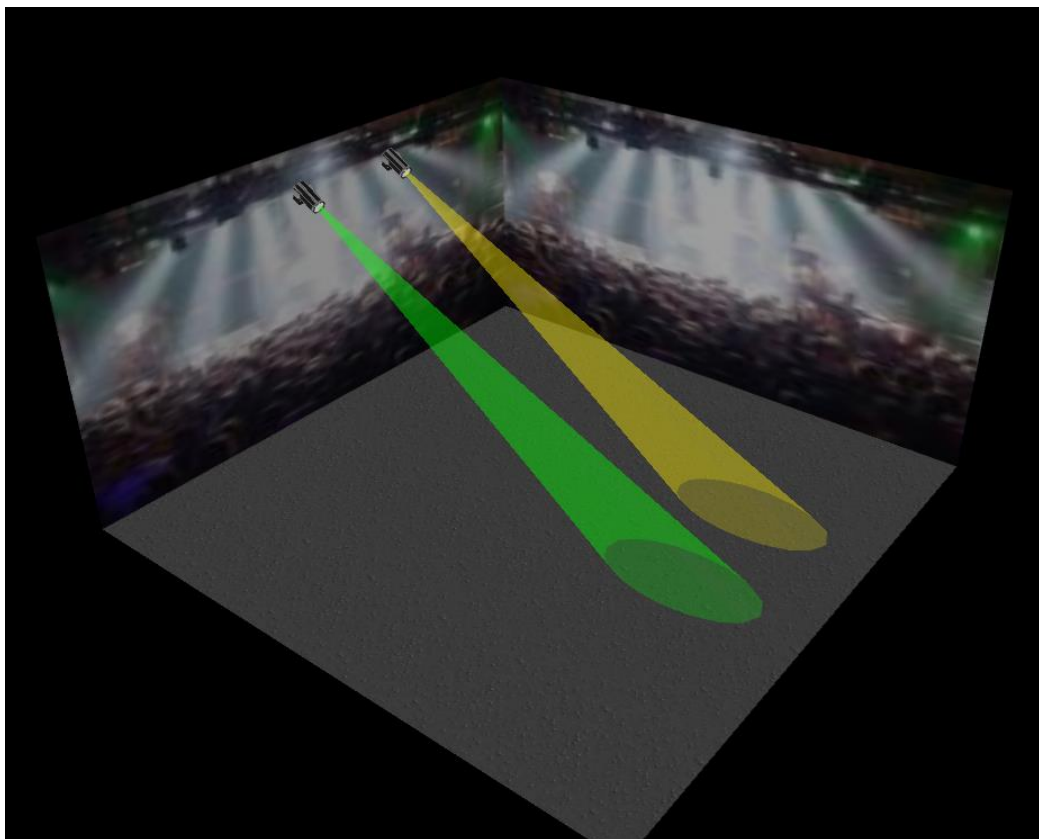


Ilustración 58: Escena final en 3D



## 5 DISEÑO DE UN CINE 4D

---

*No lo intentes. Hazlo o no lo hagas, pero no lo intentes.*

*El imperio contraataca (1980)*

*Dir: Irvin Kershner*

Para ejemplificar todos los diferentes sistemas y redes que existen en una sala de cine, mediante el programa de diseño Sketchup, se ha elaborado un diseño completo del conjunto. Es decir, incluye:

- Conjunto de asientos móviles con sistemas de olor y rociado incorporado. El sistema de movimiento se encuentra en la parte inferior de los asientos al igual que los modelos propuestos en el apartado de las butacas.
- Doble proyector con polarización para películas 3D. El proyector es una representación del modelo propuesto de Sony.
- Sistema de audio envolvente simétrico. Se utiliza la tecnología Dolby explicada en apartados anteriores.
- Pantalla de proyección
- Servidores en la cabina de proyección
- Entrada y salidas de la sala. Se utilizan modelos estándar de entradas y salidas creados en Sketchup.

## 5.1 Planos y Esquemas de conexión

A partir del modelo creado en el programa Sketchup hemos obtenido los planos de la sala de cine que hemos diseñado. La representación en 2D de la sala es la siguiente:

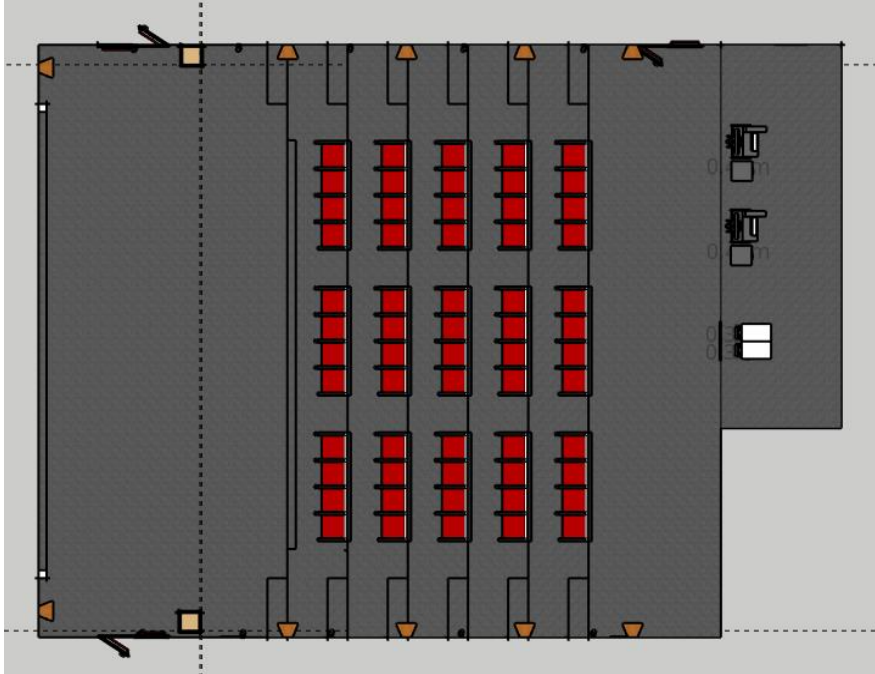


Ilustración 59: Vista 2D de la sala

Si representamos el cableado que usaremos para el sistema de sonido:

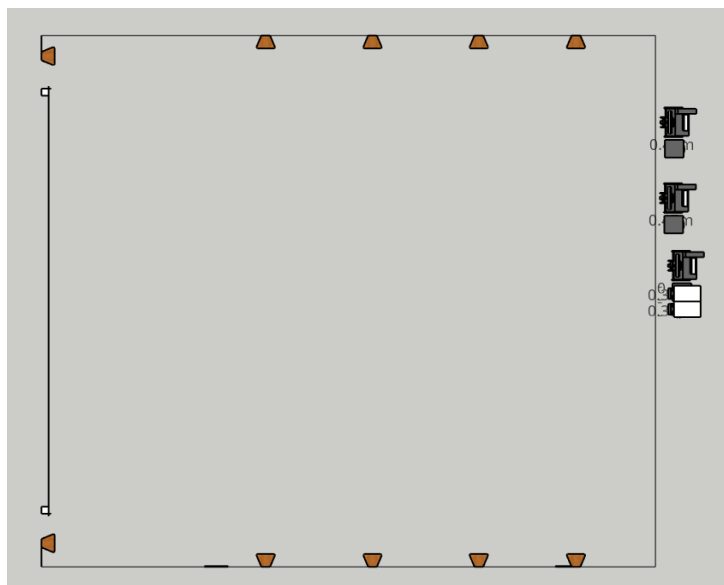


Ilustración 60: Esquema de la conexión del audio

La vista en tres dimensiones sería:

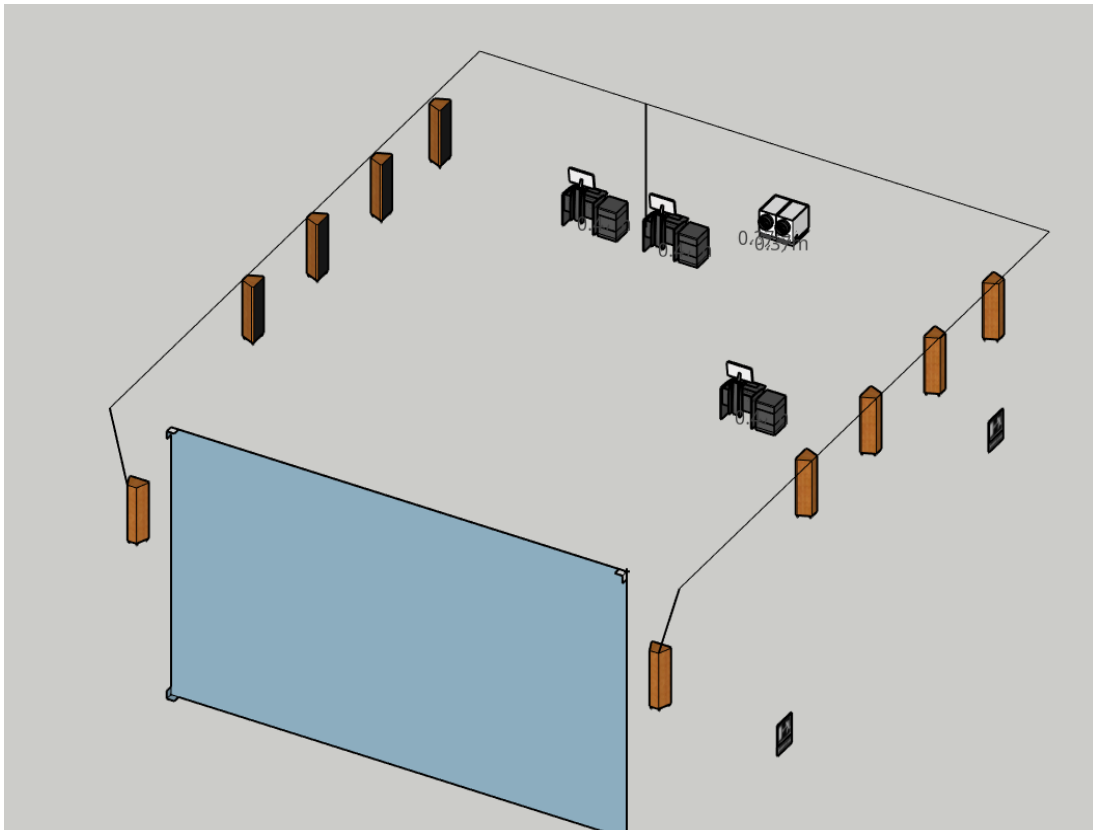


Ilustración 61: Vista 3D de la conexión de audio

A esta representación le añadimos el cableado de los equipos, del proyector, de las sillas, los tanques y el sistema de control de la planta inferior.

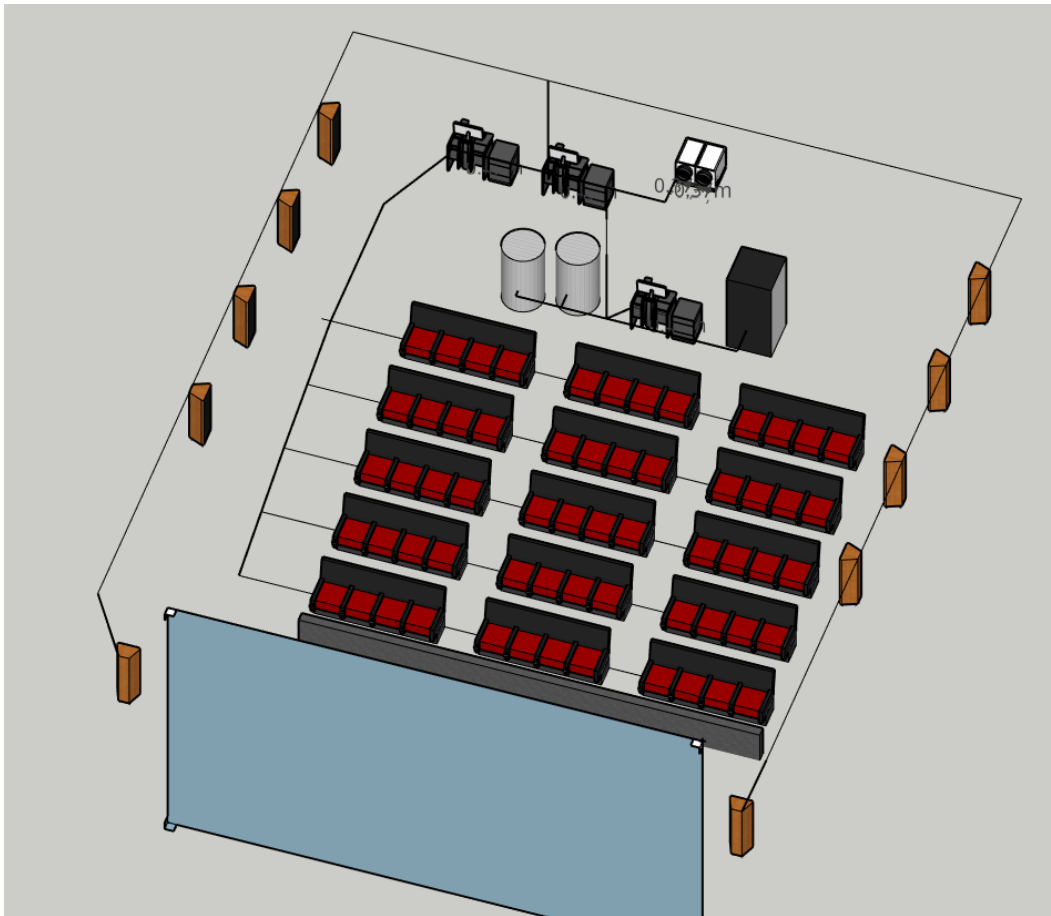


Ilustración 62: Esquema en 3D de las conexiones de la sala

Por último, añadimos el conexionado de las luminarias y tendríamos el cableado del sistema completo:

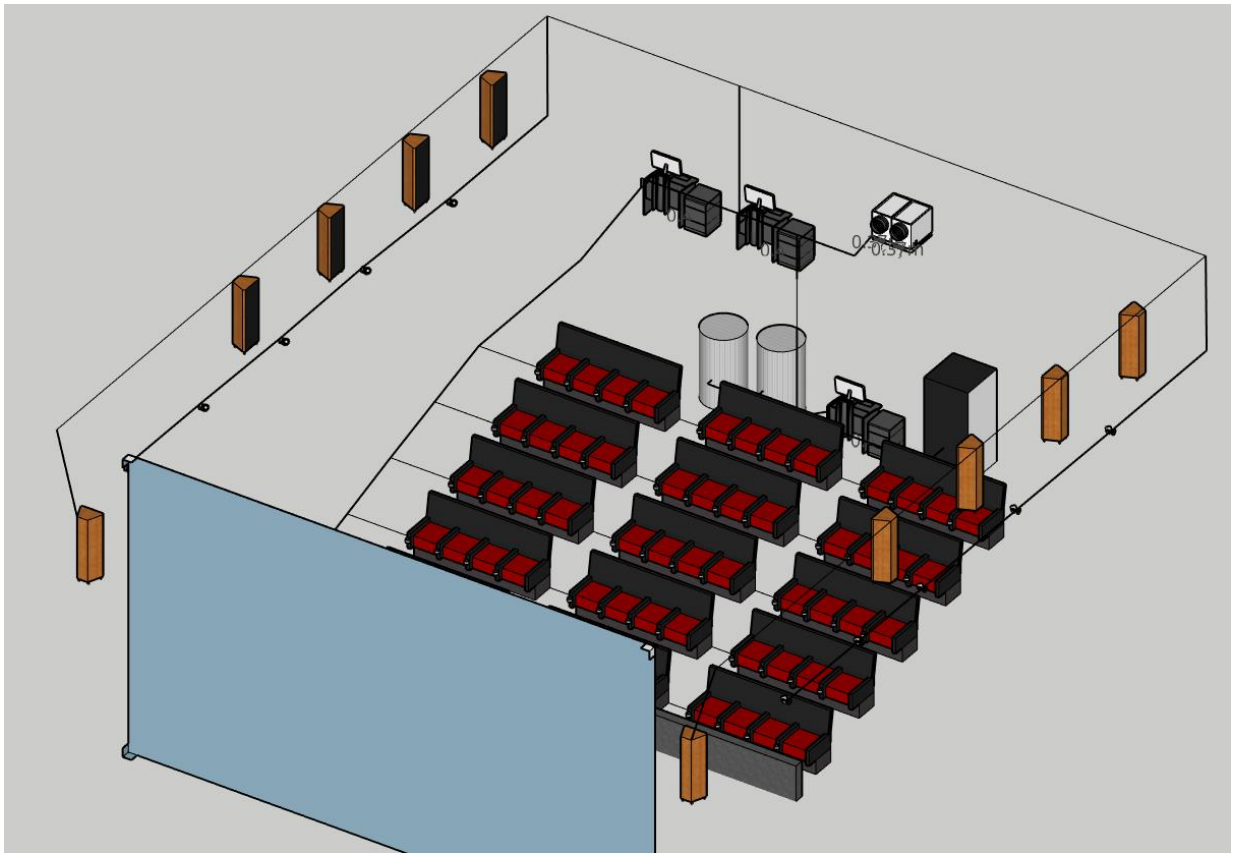


Ilustración 63: Vista 3d de las conexiones

## 5.2 Diseño en Sketchup

Para conseguir una buena manera de representar el sistema global que usamos en el cine hemos usado el programa Sketchup. En este programa podemos representar en tres dimensiones los objetos que vamos a necesitar, la disposición de estos...

Una visión general de la sala del cine sería:

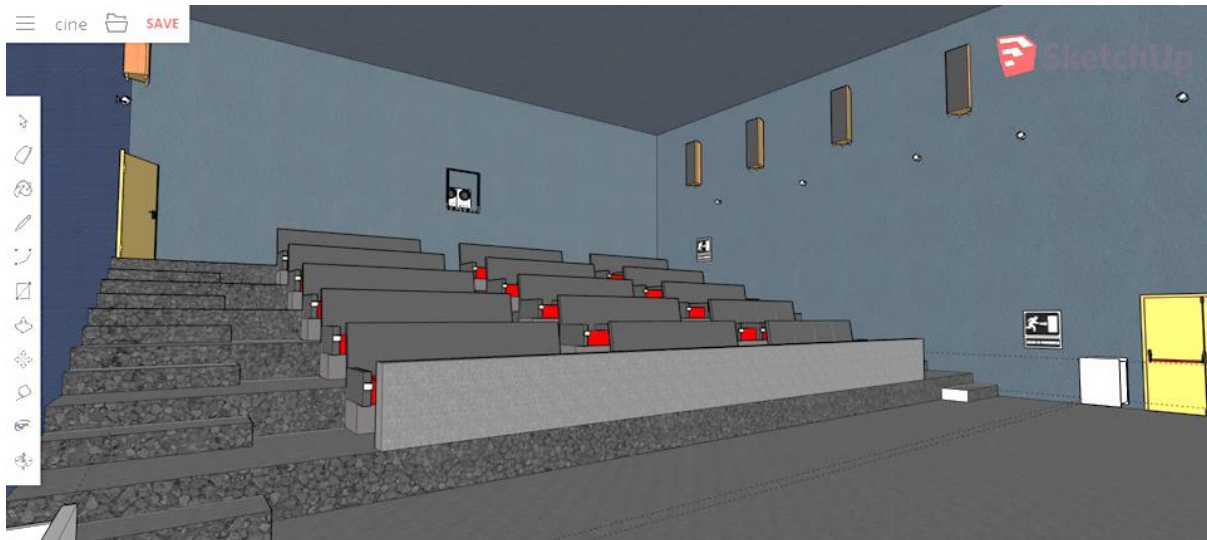


Ilustración 64: Vista interior de la sala



Ilustración 65: Vista hacia abajo de la sala

También tenemos la cabina de control de la sala, donde tenemos un proyector 3D y equipos informáticos para gestionar todo el sistema:



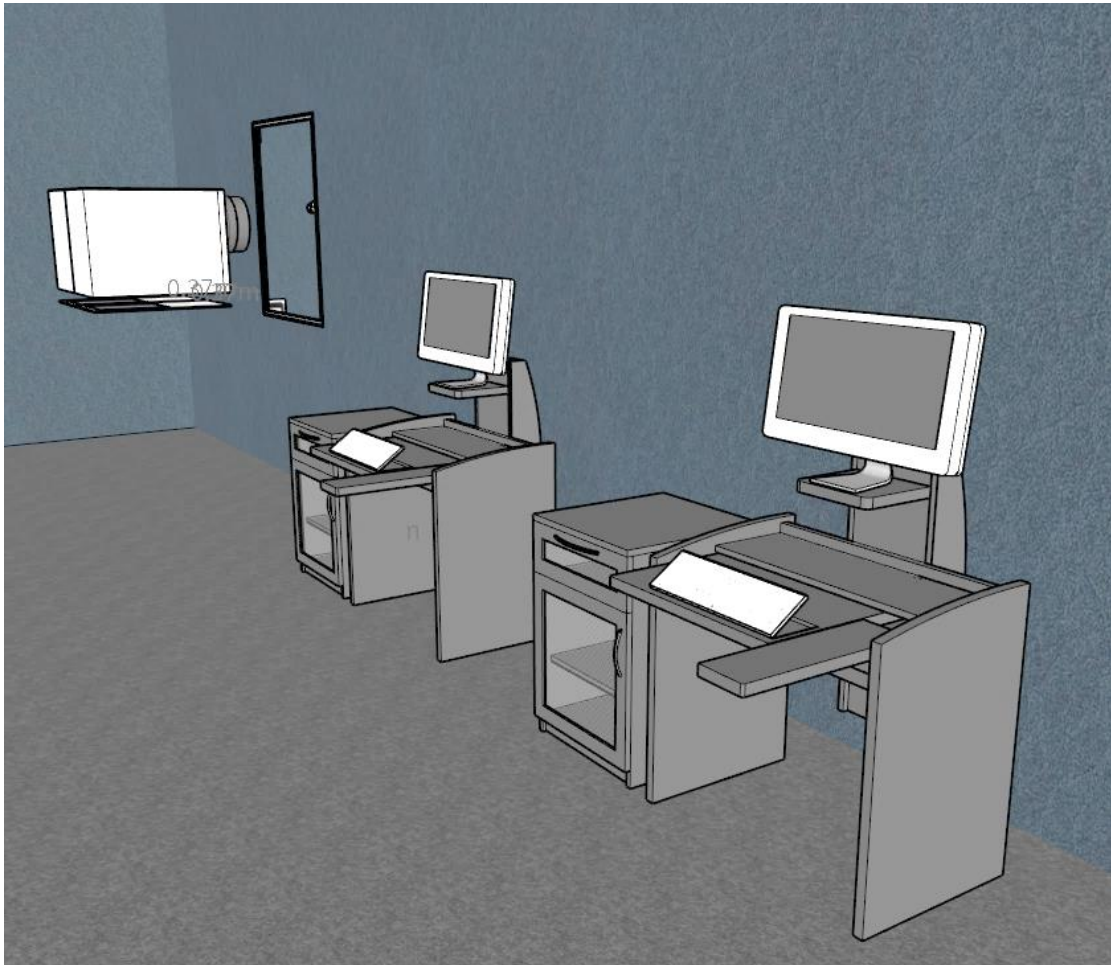


Ilustración 66: Cabina de proyección

Debajo de la cabina de los proyectores tenemos una habitación dedicada a guardar los depósitos de agua, equipos informáticos y los sistemas de control.

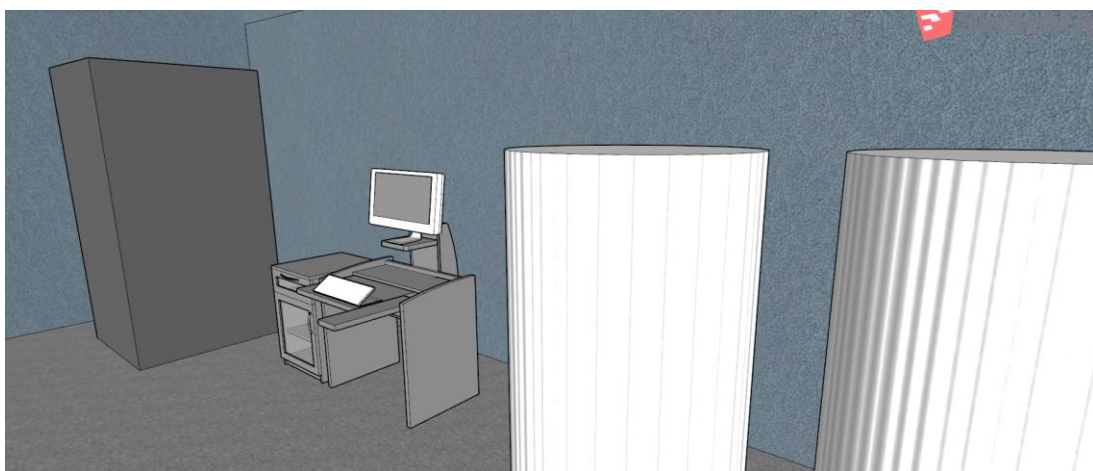


Ilustración 67: Sala de servidores, sistemas de control y depósitos



## 6 EJEMPLO CINE 4D: ISLA MÁGICA

*La muerte nos sonríe a todos, devolvámosle la sonrisa.*

*Gladiator (1999)*

*Dir: Ridley Scott*

El cine 4D que se encuentra en el interior del parque Isla Mágica cuenta con 72 butacas móviles, vibración en los asientos, viento, olores, latiguillos en las piernas, efecto flash y chorros de aire y viento integrados en las butacas.

Estas 72 butacas se conectan a 18 bases de control que mediante la señal DMX (Conector XLR de 5 pines) y una señal para la Vibración (XLR de 3 pines) gestionan el movimiento de los asientos. En la parte más central de la base de control se encuentra el depósito de aire comprimido con conexión de 16mm.

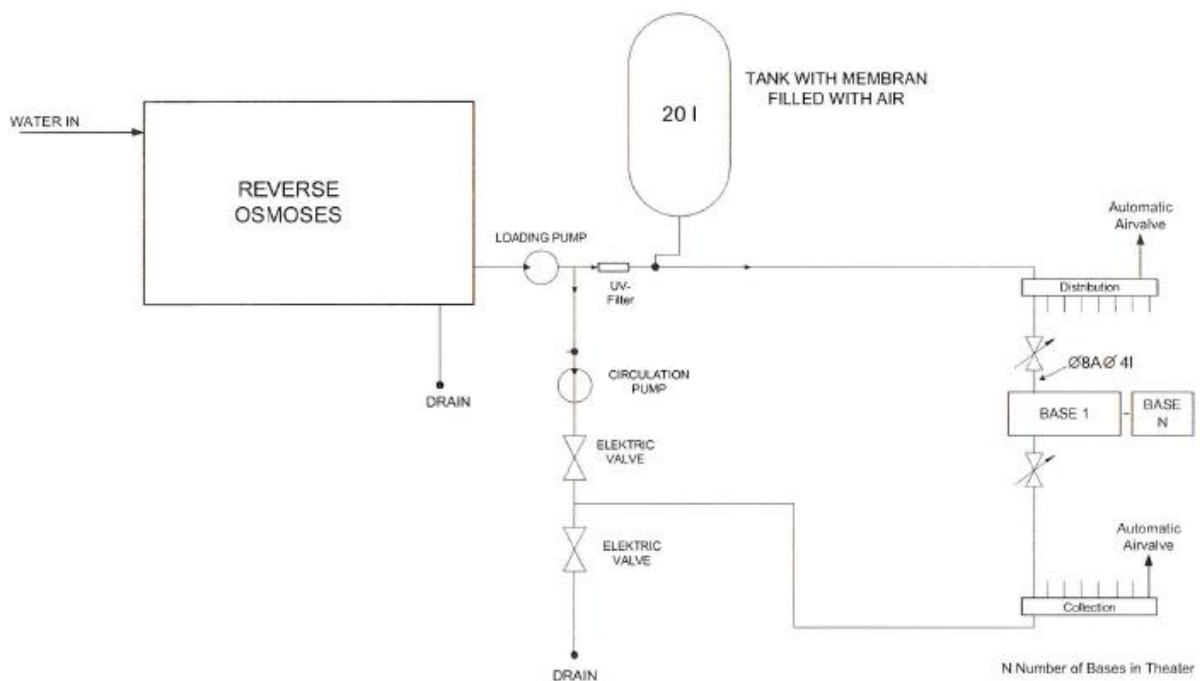


Ilustración 68: Sistema de control y filtrado

El sistema de control del agua para los efectos de rociado se encuentra en la parte interior del asiento y se usan tuberías de 8mm. Para un correcto funcionamiento hay que regular dos válvulas en cada base de control para graduar los efectos del chorro de aire, el efecto en el cuello y los latiguillos de las piernas.

Todos estos sistemas son gestionados por una unidad de distribución que cuenta con dos partes:

- La principal, que contiene la fuente de alimentación, el PLC, el sistema de osmosis, componentes para la circulación y sensores y filtros para el aire y agua.
- La secundaria, que es una extensión de la primera. Tiene las salidas del aire y agua.

En la cabina de proyección se encuentran dos proyectores Christie DS+60 que mediante un cristal polarizado generan la imagen 3D del cine. También encontramos el centro multimedia donde está el servidor de video, que permite sincronizar la película con el resto de sistemas.



Ilustración 69: Proyector Christie DS+60

## 6.1 Diseño de los asientos

Las butacas están hechas de una estructura metálica cubierta por espuma y todo recubierto de una tela para el confort del espectador. Todas las partes son reemplazables para facilitar los mantenimientos y los posibles defectos que pudiera sufrir el asiento.

En la parte inferior del asiento se encuentra una estructura tubular y está pintada en negro. Tanto el asiento como la parte posterior incorporan el sistema acústico TX, que consiste en una serie de agujeros que permiten una mejor propagación y respuesta ante el sonido.

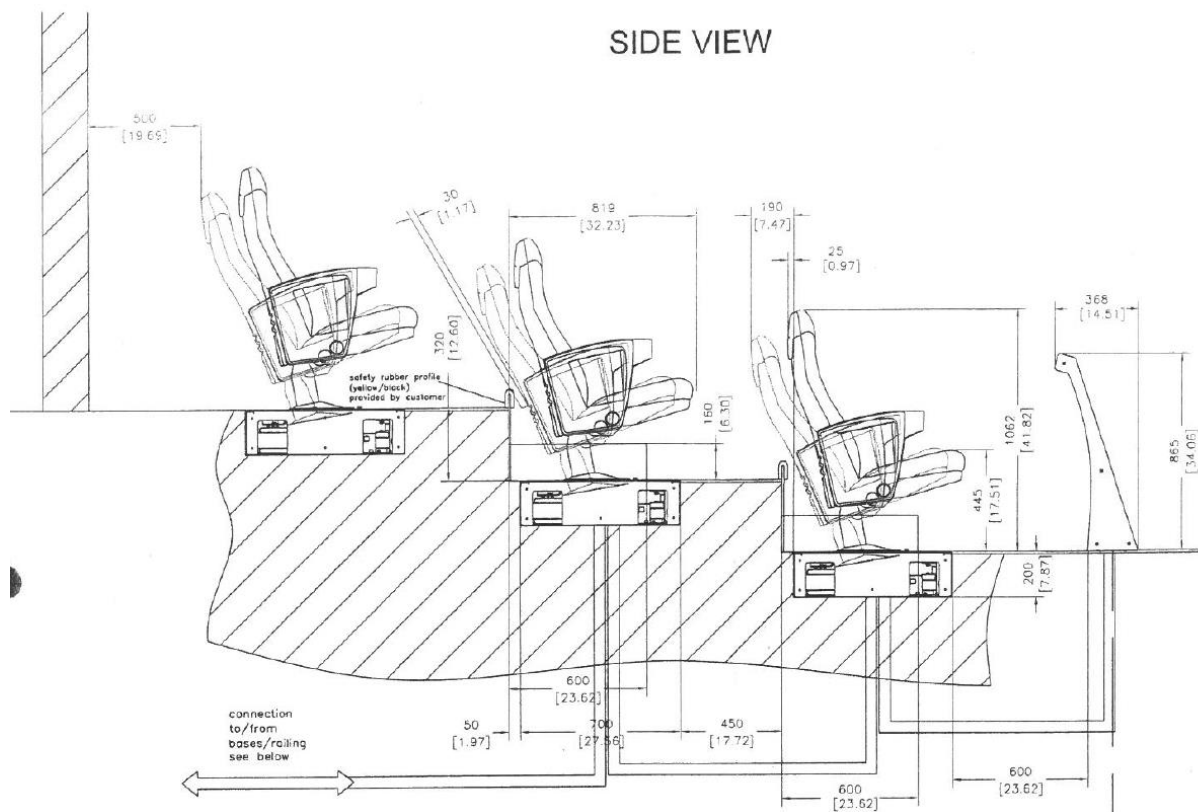


Ilustración 70: Vista lateral del sistema

La masa de la unidad global del asiento se ha calculado de la siguiente manera:

- Partes móviles (asiento y plato móvil): 132 kg
- Partes sólidas (base mecánica, aire comprimido, unidad de control y fuente de alimentación): 160 kg

En total serían 292 kg.

Para el cálculo de las fuerzas dinámicas se utiliza el máximo de personas posible en un grupo de asientos, que es 4. Suponiendo una masa de 80 kg por cada una, tendríamos un total de 320 kg. Si se sumaran las partes móviles del asiento y las personas, la masa total que habría que mover sería de 452 kg.

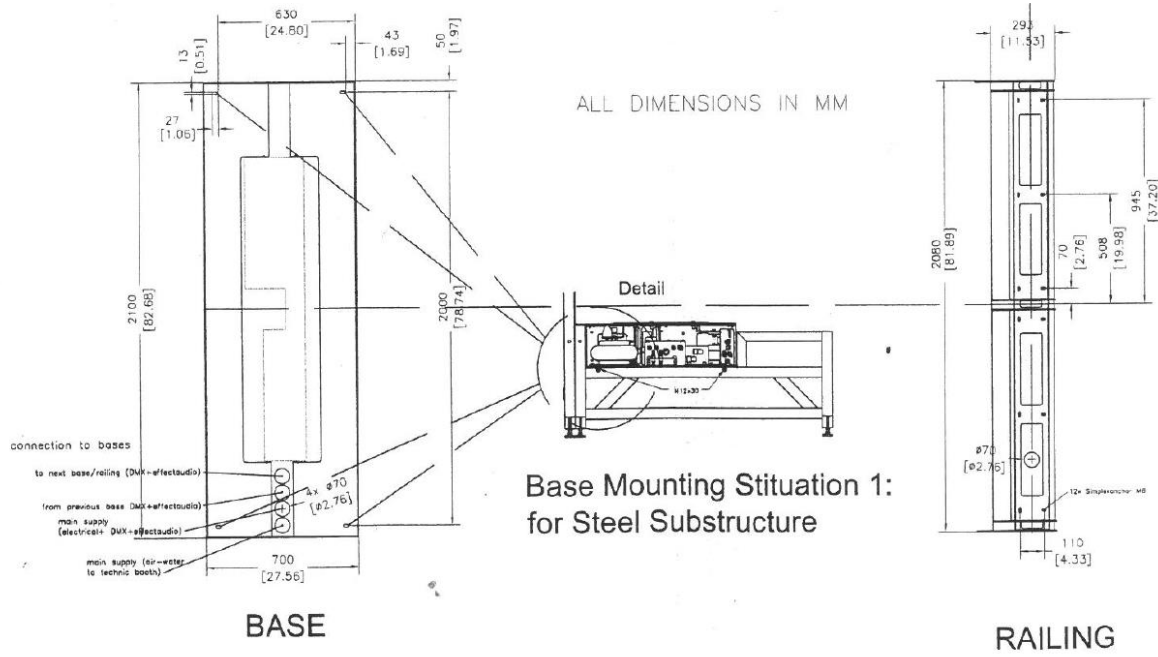


Ilustración 71: Vista de la base

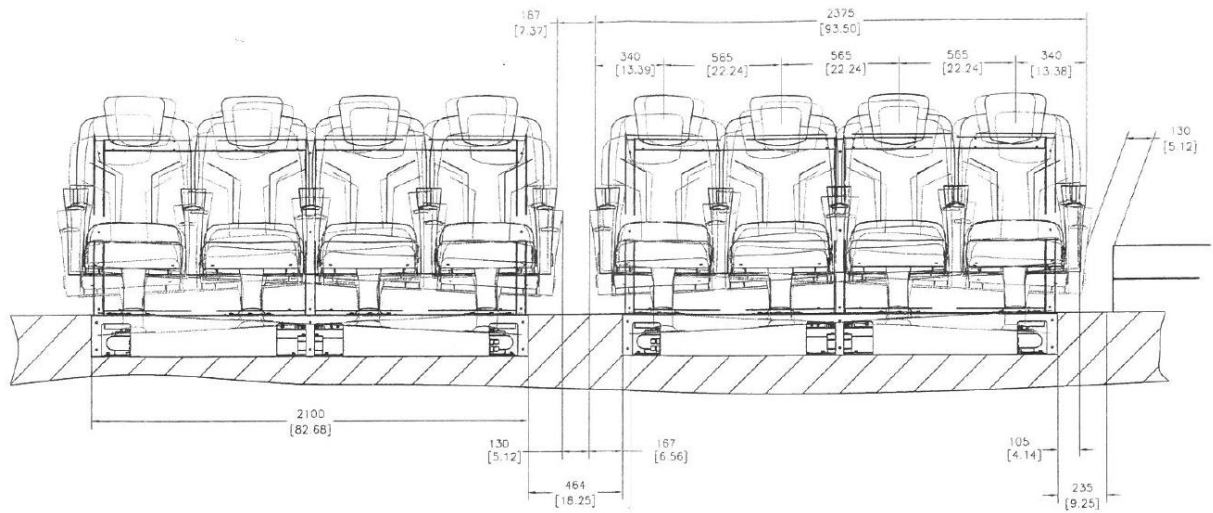


Ilustración 72: Vista frontal

## 6.2 Diseño de la interfaz

La interfaz del Ordenador para controlar el sistema completo del cine es la siguiente:



Ilustración 73: Interfaz principal

En esta primera pantalla nos encontramos con una selección de películas, previamente preparadas por la empresa para generar las señales DMX a los diferentes sistemas. Como cualquier reproductor multimedia, la interfaz cuenta con los botones clásicos de Play/Stop/Pause y el controlador de volumen. En la parte inferior se encuentra el interruptor de los dos proyectores que generan la imagen 3D y el control del Agua.

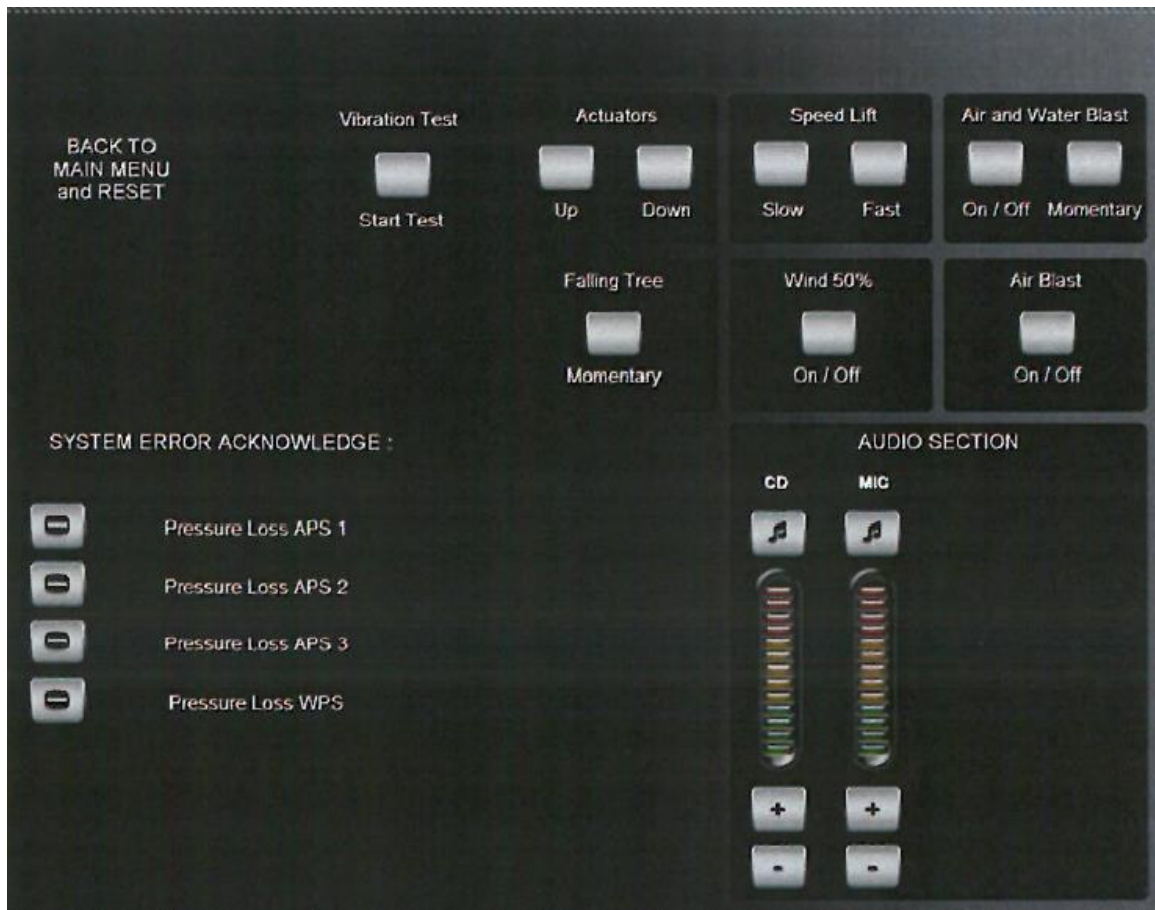


Ilustración 74: Interfaz secundaria

También tenemos otro panel con el que se pueden activar manualmente los diferentes actuadores del sistema como el sistema de vibración, el viento, chorros de aire y agua...







## REFERENCIAS

- [1] Autor, «E[1] J. Penalva, «Historia del cine 3D», *Xataka*, 24-dic-2009. [En línea]. Disponible en: <https://www.xataka.com/otros/historia-del-cine-3d>. [Accedido: 03-abr-2018].
- [2] «Proyector cinematográfico - EcuRed». [En línea]. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Proyector\\_cinematogr%C3%A1fico](https://www.ecured.cu/Proyector_cinematogr%C3%A1fico). [Accedido: 07-may-2018].
- [3] «Linterna Mágica». [En línea]. Disponible en: <http://www.maquinascientificas.es/13linterna%20magica.htm>. [Accedido: 07-may-2018].
- [4] ccssoakhouseschool, «El cinematógrafo», *Historia compartida*, 06-ene-2013. .
- [5] «Hermanos Lumière», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 19-abr-2018.
- [6] «El cinematógrafo | El cine como recurso didáctico». [En línea]. Disponible en: [http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/24/cd/m1\\_1/el\\_cinematgrafo.html](http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/24/cd/m1_1/el_cinematgrafo.html). [Accedido: 07-may-2018].
- [7] AleLeo, «Sony SRX-R515DS: proyección dual 4K para pantallas de cine de gran formato», *Digital AV Magazine*, 24-abr-2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.digitalavmagazine.com/2015/04/24/sony-srx-r515ds-proyeccion-dual-4k-para-pantallas-de-cine-de-gran-formato/>. [Accedido: 07-may-2018].
- [8] «SRX-R515DS». [En línea]. Disponible en: [https://pro.sony/en\\_MK/products/4k-digital-cinema-systems/srx-r515ds](https://pro.sony/en_MK/products/4k-digital-cinema-systems/srx-r515ds). [Accedido: 07-may-2018].
- [9] «Dolby y DTS: Todo lo que debes saber sobre los formatos de audio multicanal», *Barras de Sonido*, 25-abr-2017. .
- [10] «Logic Pro 9 User Manual: Knowing the Surround Formats Supported by Logic Pro». [En línea]. Disponible en: <https://documentation.apple.com/en/logicpro/usermanual/index.html#chapter=39%26section=1%26tasks=true>. [Accedido: 17-may-2018].
- [11] A. Sabán, «¿Qué aportan DTS:X y Dolby Atmos al sonido digital doméstico?», *Hipertextual*, 25-nov-2015. [En línea]. Disponible en: <https://hipertextual.com/2015/11/dolby-atmos-dts-x>. [Accedido: 17-may-2018].
- [12] «DME64N, DME24N | Procesadores | Productos | Yamaha». [En línea]. Disponible en: <http://www.yamahaproaudio.com/europe/es/products/processors/dmen/features.jsp>. [Accedido: 17-may-2018].
- [13] «Proyecson S.A.» [En línea]. Disponible en: <http://www.proyecson.com/index.php>. [Accedido: 17-may-2018].
- [14] «Cine 4D», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 26-mar-2018.
- [15] «SmX-4D Series», *SensoryCo TS*. .
- [16] «Kinopolis», *Kinopolis España*. [En línea]. Disponible en: <https://kinopolis.es/movie-formats/4dx>. [Accedido: 19-ago-2018].
- [17] T. Objective, «The Objective – Periódico digital para un mundo en foco», *The Objective | Periódico digital para la generación Z*, 27-dic-2017. .
- [18] ValenciaBonita, «Llega a Valencia la experiencia del cine multisensorial», *valenciabonita*, 30-may-2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.valenciabonita.es/2018/05/30/llega-a-valencia-la-experiencia-del-cine-multisensorial/>. [Accedido: 19-ago-2018].

- [19] S. Iluminacion, «SILUJ: Solución de problemas con señal DMX», *SILUJ*, 22-ago-2012. .
- [20] DJMania.es, «Guía DMX 512, control para efectos de iluminación». [En línea]. Disponible en: [https://djmania.es/guias/guia\\_dmx\\_512](https://djmania.es/guias/guia_dmx_512). [Accedido: 13-ago-2018].
- [21] «DMX Explained; DMX512 and RS-485 Protocol Detail for Lighting Applications», 24-ago-2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.element14.com/community/groups/open-source-hardware/blog/2017/08/24/dmx-explained-dmx512-and-rs-485-protocol-detail-for-lighting-applications>. [Accedido: 13-ago-2018].

