

## PROYECTO FIN DE GRADO

**TÍTULO:** Control de cámaras a larga distancia sobre video IP


**AUTOR/A:** Alejandro Moreno Vicente

**TITULACIÓN:** Ingeniería de Sonido e Imagen

**TUTOR/A:** José Luis Rodríguez Vázquez

**DEPARTAMENTO:** Ingeniería audiovisual y de comunicaciones

VºBº TUTOR/A



**Miembros del Tribunal Calificador:**

**PRESIDENTE/A:** Ignacio Antón Hernández

**TUTOR/A:** José Luis Rodríguez Vázquez

**SECRETARIO/A:** José Manuel Díaz López

**Fecha de lectura:** 7 de julio de 2025

**Calificación:**

El Secretario/La Secretaria,



## Índice de figuras

Figura 1. Comparación entre SDI, SMPTE 2022-6 y SMPTE 2110, obtenido de [2].	8
Figura 2. Ejemplo de contenidos SDP, obtenido de [3].	9
Figura 3. Cabecera RTP, obtenido de [4].	10
Figura 4. Diagramas para el Modelo de Compatibilidad de Red (arriba) y Modelo de Buffer Virtual del Receptor (abajo), obtenido de [5].	11
Figura 5. Ejemplo de división de diferentes imágenes para generar un único flujo que reduzca ancho de banda, obtenido de [6].	12
Figura 6. Sony HDCE TX50 (izq.) y HDCE RX50 (der.).	17
Figura 7. HDCU-5500.	17
Figura 8. Cámara HDC P50A	17
Figura 9. Cámara HDC 5500V	18
Figura 10. Cable de fibra SMPTE.	18
Figura 11. Switch Arista DCS-7050CX3-32S-F.	19
Figura 12. Micrófono HSP 2-ew (izq.) y transmisor EW-DX SK (Q1-9) (der.).	20
Figura 13. Antena receptora EW-DX EM 2 DANTE (Q1-9).	20
Figura 14. Router de audio Nixer RP64.	20
Figura 15. Micrófono y capsula MMD 835.	21
Figura 16. Equipo de monitoreado EW IEM G4.	21
Figura 17. Antena transmisora y receptora A 1031-U.	21
Figura 18. Microcascos HMD 300 X3K1.	22
Figura 19. Lawo Commentary System.	22
Figura 20. Ópticas Fujinon HA42x9.7BERD (izq.), Fujinon XA99x8.4BESM (centro), FUJINON XF8mmF3.5 R WR (der.).	23
Figura 21. Distribución de cámaras y micrófonos.	24
Figura 22. Cerebrum de EVS.	25
Figura 23. EVS XT-VIA (izq.) y Neuron View (der.).	25
Figura 24. Mezclador de video Sony XVS-800 (izq.) y Master Clock SPG8000A de Tektronix (der.).	25
Figura 25. Intercom Artist 1024 de Riedel.	26
Figura 26. Panel de mezclador ICP X700.	27
Figura 27. Mesa de audio Lawo mc2 96.	27
Figura 28. LSM-VIA de EVS (izq.) y RCP-3500 de Sony (der.).	28
Figura 29. Smartpanel RSP-2318 de Riedel.	28
Figura 30. Microcascos HMD 26 S (arriba), convertidor 2110 a HDMI de Blackmagic Design (centro) y matriz HDMI CMX88CS de Blustream (abajo).	29
Figura 31. Cámara AK-UC100 (arriba) y mezclador KAIROS KC2000 (abajo) de Panasonic.	30
Figura 32. Panel de mezclador KAIROS KC10C1 de Panasonic.	30
Figura 33. Cámara LDX-150 y mezclador K-Frame CXP de Grass Valley.	31
Figura 34. Panel de mezclado K-Frame SXP y Kaleido-IP de Grass Valley.	31
Figura 35. Diagrama de los equipos utilizados.	33

*Índice de figuras*

---

Figura 36. Ejemplo de arquitectura Spine-Leaf.....	36
Figura 37. Familia 7800R de Arista, el 7816LR4 es el 2º por la derecha. ....	36

## **Lista de acrónimos**

Como norma general, no se deben utilizar siglas o acrónimos que no hayan sido anteriormente definidos en el cuerpo del informe. Además, puede resultar de ayuda para el lector incluir una lista de acrónimos entre el índice de contenidos y la introducción.

Las siglas y acrónimos deben definirse la primera vez que se utilicen, añadiendo la traducción, si están en inglés, y siempre en el mismo orden (o la abreviatura o la explicación en paréntesis). Explicaciones más amplias se pueden poner como nota a pie de página.

La lista de acrónimos incluida en este capítulo debe estar ordenada alfabéticamente.

2SI: 2-Sample Interleave

AES: Audio Engineering Society.

CCU: Camera Control Unit.

IGMP: Internet Group Management Protocol.

IP: Internet Protocol.

KVM: Kernel based Virtual Machine.

NDI: Network Device Interface.

NMOS: Networked Media Open Specifications.

PRS: Packet Read Schedule.

PTP: Precision Time Protocol.

QoS: Quality of Service.

QSFP: Quad Small Form Factor Pluggable

RFC: Request For Comments.

RTP: Real-time Transport Protocol.

SDI: Serial Digital Interface.

SDP: Session Description Protocol.

SFP: Small Form Factor Pluggable.

SMPTE: Society of Motion Picture and Television Engineers.

SRT: Secure and Reliable Transport.

## Índice de contenidos

Índice de figuras .....	1
Lista de acrónimos.....	3
Índice de contenidos.....	4
<b>1. Introducción .....</b>	<b>5</b>
1.1 Marco y motivación del proyecto .....	5
1.2 Objetivos técnicos y académicos .....	5
1.3 Estructura del resto de la memoria .....	6
<b>2. Marco tecnológico .....</b>	<b>7</b>
2.1 Video IP .....	7
2.2 Estándar SMPTE 2110-STE .....	8
<b>3. Especificaciones y restricciones de diseño .....</b>	<b>14</b>
3.1 Para el lugar del evento. ....	14
3.2 Para el control de realización. ....	15
3.3 Características de la red IP .....	15
<b>4. Descripción de la solución propuesta.....</b>	<b>16</b>
<b>5. Resultados.....</b>	<b>32</b>
<b>6. Presupuesto .....</b>	<b>34</b>
<b>7. Impacto del proyecto.....</b>	<b>35</b>
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>37</b>
8.1 Conclusiones .....	37
8.2 Trabajos futuros.....	37
<b>9. Referencias.....</b>	<b>39</b>

# 1. Introducción

## 1.1 Marco y motivación del proyecto

El avance de la tecnología en las redes de telecomunicaciones ha permitido la capacidad de gestionar una gran cantidad de datos con muy poca latencia, estos avances los ha aprovechado el mundo audiovisual. El mundo broadcast audiovisual se ha desarrollado durante décadas con el formato SDI como pilar central, desarrollando infraestructuras lineales y unidireccionales (por cada cable, una señal) lo cual se ha estado viendo opacado los últimos años por el avance del video sobre IP, es decir, usando los sistemas de redes de telecomunicaciones para transportar señales audiovisuales.

Ante esta situación, este proyecto plantea el diseño de un sistema de producción remota, a larga distancia, de un evento deportivo, dimensionado según un partido de baloncesto. Por lo tanto, se verán las posibles soluciones que el mundo del video IP, más concretamente, del uso del estándar 2110 de la SMPTE puede aportar ante una situación de este tipo en cuestiones de selección de equipamiento en el lugar del evento como en lugar en el que se sitúe el control de realización y de escalabilidad de uso de este equipamiento en un futuro.

## 1.2 Objetivos técnicos y académicos

Los objetivos de este proyecto fin de carrera son, desde el punto de vista técnico:

- Diseño de un estudio de realización de producción remota.
- Capacidad de entendimiento de la logística detrás de la producción audiovisual de un evento deportivo de grandes dimensiones.
- Entendimiento del equipamiento basado en video IP y más concretamente del que hace uso del estándar 2110 de la SMPTE.

Desde el punto de vista académico, el proyectista adquiere las siguientes competencias y habilidades:

- Entendimiento del estándar 2110 de la SMPTE, su desarrollo y el por qué de su desarrollo.
- Entendimiento del video IP y de la producción remota.
- Entendimiento de las necesidades de una red de fibra óptica que sea capaz de aguantar todo el sistema.

### **1.3 Estructura del resto de la memoria**

En los siguientes capítulos se hablará de:

- Marco tecnológico, se explicará en profundidad la situación actual de los estudios de televisión, y de la tecnología que se busca aplicar en este proyecto, la retransmisión de video sobre el protocolo IP utilizando de base el estándar 2110 de la SMPTE.
- Especificaciones y restricciones de diseño, se comentará sobre las condiciones sobre las que se dimensionará el estudio de realización y los componentes que se utilizarán en el lugar del evento que se quiere realizar, lo cual marca a su vez las especificaciones del equipamiento a utilizar y las restricciones que dicho equipamiento otorga.
- Descripción de la solución propuesta, se propondrá una solución y se explicará los motivos por los que se ha aceptado tomar cada parte de esa solución como la manera adecuada para resolver el problema que se presenta en el apartado 3 del libro.
- Resultados, se comprobará que la solución propuesta en el apartado 4 cumple con los criterios planteados.
- Presupuesto, se hablará del coste total que supondría un estudio de las características mencionadas en el apartado 3, además del equipamiento necesario en el lugar del evento, también se tendrá en cuenta el coste de que se realice este proyecto.
- Impacto del proyecto, se hará hincapié en lo que un proyecto de estas características puede cambiar la composición de los estudios de televisión actuales y sus consecuencias medioambientales, económicas y de seguridad.

Además, se incluirá un anexo con los planos realizados del diseño del estudio.

## 2. Marco tecnológico

Se trata de una visión general del estado actual del campo o campos de conocimiento en que se ubica el problema abordado, para luego dar detalles de los sistemas existentes o de las partes de éstos que estén en relación directa con el trabajo realizado.

### 2.1 Video IP

La tecnología de transmisión de video sobre IP viene dada por el ahorro de material del que hace uso en comparación con la tecnología anterior, la cual se resume en utilizar un cable para cada señal que se requiera. El desarrollo de redes, como el uso de Ethernet, que se ha hecho a lo largo del siglo 21 ha permitido desarrollar maneras de transporte de video por internet de manera segura y fiable, y, en la actualidad, permite además videos de gran tamaño sin comprimir, lo que habilita el uso de esta tecnología en la producción de contenidos audiovisuales de manera remota, gracias a la facilidad de expansión e integración de este tipo de sistemas. [1]

Dentro del video IP existen diferentes formatos como por ejemplo NDI, o su versión NDI-HX, SRT, SMPTE 2022-6 o SMPTE 2110. Si se quisiera simplemente utilizar el transporte de video por IP como medio de la etapa de distribución cualquiera de esos formatos valdría, ya que son formatos fiables y con recorrido. Sin embargo, los formatos SMPTE mencionados son los que permiten el transporte de video de alta definición sin comprimir, algo que es necesario para la etapa de producción, que es en la que se enfocará este proyecto.

Para poner un poco en contexto a los formatos NDI, NDI-HX y SRT se detallarán brevemente sus principales características:

- NDI: Es un protocolo de transmisión de video por IP desarrollado por NewTek, que aprovecha las redes estándar de telecomunicaciones. Permite reducir costes, aumenta el número de señales de video que se pueden enviar por una única conexión de red, es fácilmente escalable, es soportado por productos de muchos fabricantes diferentes, sin embargo, al usar redes de telecomunicaciones estándar, el video ha de ser enviado con compresión, lo que limita su uso para la producción audiovisual, y lo hace ser más indicado para transmisión o contribución. [46]
- NDI-HX: Cumple con las mismas funciones que NDI, pero permite trabajar en anchos de banda y potencias de procesamiento menores, lo que lo hace más abierto a entornos menos profesionales. [46]
- SRT: Es un protocolo de transmisión de video creado por Haivision y diseñado para optimizar la entrega de video de alta calidad y baja latencia a través de redes impredecibles, se utiliza principalmente para servicios de streaming. Permite mantener una transmisión de video de alta calidad incluso en redes poco estables. Una de las principales ventajas de SRT es que es un protocolo de código abierto, por lo que puede recibir actualizaciones con mucha más frecuencia que otros protocolos. Sin embargo, peca de lo mismo que NDI ya que trabaja principalmente con formatos de

video comprimido, por lo que está limitado en la producción audiovisual profesional.[47]

De los dos estándares de la SMPTE mencionados, el estándar 2022-6 es el que recoge todo lo aprendido de SDI y lo transfiere al mundo IP, la misma información de una señal SDI, como se encapsula y esta codificada, se convierte en una trama IP bit a bit. Por el contrario, el estándar 2110 diferencia 4 flujos diferentes, uno por cada tipo de señal, lo que permite, por ejemplo, el procesado de audio sin necesidad de desembeberlo antes de procesar, y embeberlo después del procesamiento, algo que ayuda a la hora de reducir el ancho de banda necesitado en cada conexión, es decir, hasta ahora si una persona quería procesar audio debía recibir la señal SDI con toda la información de video, audio y datos auxiliares, con el estándar 2110 solo necesitaría recibir la trama con información de audio. En la figura 1, se muestra una comparación simplificada entre SDI, SMPTE 2022-6 y SMPTE 2110.

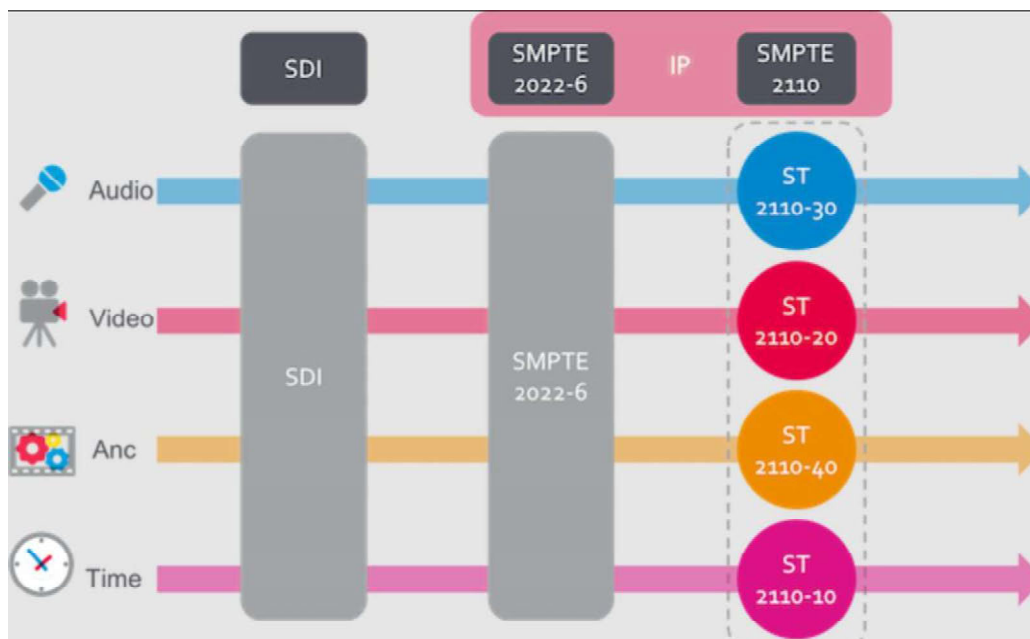


Figura 1. Comparación entre SDI, SMPTE 2022-6 y SMPTE 2110, obtenido de [2].

## 2.2 Estándar SMPTE 2110-STE

El estándar 2110-STE (STE es una abreviación de suite) de la SMPTE es un estándar de transmisión profesional de contenidos audiovisuales a través de formatos de video IP. Está compuesto por diversas partes de las que 4 son principales, 2110-10, 20, 30 y 40.

El primer apartado, 2110-10, es el referente a los protocolos PTP y SDP. SDP indica la creación de una tabla de contenidos, por cada flujo RTP, centrados en la sincronización de todos los contenidos transmitidos, ya sean audio, video o datos auxiliares, además de más datos referentes a todo lo relacionado tanto con el transmisor como con el receptor o receptores, ya sea la transmisión *unicast* o *multicast*. En el caso de flujos RTP con contenido repetido, se utilizarán para una transmisión redundante que asegura una alta disponibilidad de sistema. PTP se encarga de distribuir el reloj común de referencia entre todos los participantes de la

transmisión obtenido de las cabeceras de los paquetes RTP. Si este valor de reloj de referencia no estuviera disponible se utilizará un reloj interno de cada dispositivo, de manera que estos puedan estar sincronizados entre sí [3]. En la figura 1 se muestran los contenidos de un archivo SDP como por ejemplo las direcciones IP de transmisor y de receptor, el reloj de referencia, las características de video que se pretende transmitir y demás datos.

```
v=0
o=- 123456 11 IN IP4 192.168.100.2
s=Example of a SMPTE ST2110-20 signal
i=this example is for 720p video at 59.94
t=0 0
a=recvonly
a=group:DUP primary secondary
m=video 50000 RTP/AVP 112
c=IN IP4 239.100.9.10/32
a=source-filter:incl IN IP4 239.100.9.10 192.168.100.2
a=rtpmap:112 raw/90000
a=fmtp:112 sampling=YCbCr-4:2:2; width=1280; height=720;
exactframerate=60000/1001; depth=10; TCS=SDR; colorimetry=BT709;
PM=2110GPM; SSN=ST2110-20:2017;
a=ts-refclk:ptp=IEEE1588-2008:39-A7-94-FF-FE-07-CB-D0:37
a=mediaclock:direct=0
a=mid:primary
m=video 50020 RTP/AVP 112
c=IN IP4 239.101.9.10/32
a=source-filter:incl IN IP4 239.101.9.10 192.168.101.2
a=rtpmap:112 raw/90000
a=fmtp:112 sampling=YCbCr-4:2:2; width=1280; height=720;
exactframerate=60000/1001; depth=10; TCS=SDR; colorimetry=BT709;
PM=2110GPM; SSN=ST2110-20:2017;
a=ts-refclk:ptp=IEEE1588-2008:39-A7-94-FF-FE-07-CB-D0:37
a=mediaclock:direct=0
a=mid:secondary
```

Figura 2. Ejemplo de contenidos SDP, obtenido de [3].

El apartado 2110-20, y sus añadidos 21, 22 y 23, es el estándar que hace mención del transporte de video en redes gestionadas por IP. En el caso del 2110-20 se trata del transporte de video activo sin comprimir, en el 2110-21 se habla de cómo dar forma al tráfico y de la temporalidad de los envíos. En el caso 2110-22, se habla de la transmisión de video comprimido, y los diferentes formatos que son permitidos. Y en el caso 2110-23 se menciona cómo transportar por un mismo flujo de transporte varios flujos del 2110-20.

En el caso del 2110-20 se determina como han de estar formadas las cabeceras de los paquetes RTP que serán enviados conforme a RFC 3550, el cual establece que RTP proporciona servicios de entrega de extremo a extremo para datos con características en tiempo real, así como de la manera en la que se agruparán los datos de video en pequeños grupos de píxeles, denominados *pgroups*, y las diferentes variaciones de estos grupos en función de cómo se muestren los datos de video (4:4:4, 4:2:2 o 4:2:0). También se hace mención a los dos modos de empaquetado RTP que serán documentados de forma que se asegure la interoperabilidad

entre transmisor y receptor, estos modos son General Packing Mode (GPM) y Block Packing Mode (BPM), el primero siendo el modo estándar disponible para la gran mayoría de aplicaciones y el segundo siendo un modo limitado del primero de forma que la cantidad de octetos, que representarán cada fila de muestras de datos, sea un múltiplo de 180, el máximo múltiplo permitido dependerá del tamaño máximo del datagrama UDP utilizado en RTP, en la figura 3 se muestra un ejemplo de los campos que existen en una cabecera RTP. Se menciona las consideraciones que se debe tener en cuenta para realizar el SDP, como por ejemplo que los transmisores y los receptores han de cumplir RFC 4566, que establece una clave publica criptográfica, y una serie de descripciones de los parámetros de video que se incluyen en SDP: muestreo, profundidad de bit, anchura y altura de la imagen en píxeles, colorimetría, etc. [4]

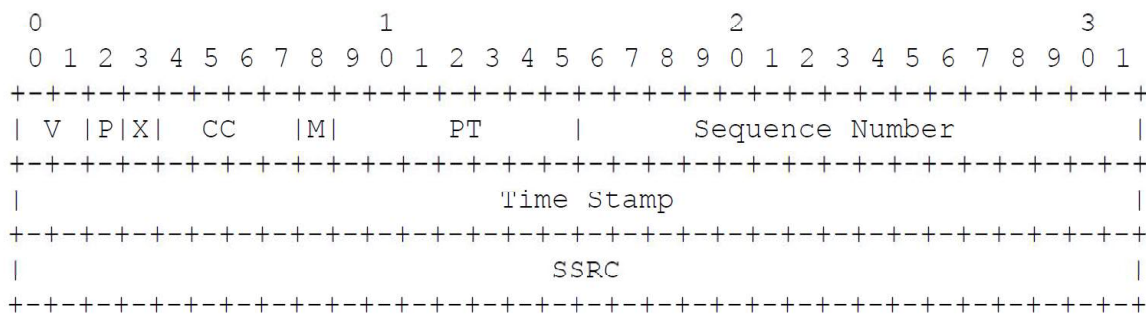


Figura 3. Cabecera RTP, obtenido de [4].

El estándar 2110-21 establece las características del tiempo de transmisión en los flujos de video RTP. Se centra en dos modelos para la programación de la lectura del paquete basados en un modelo de buffer virtual del receptor y un modelo de compatibilidad con la red.

En el modelo del buffer virtual del receptor los paquetes son depositados en el momento exacto de la transmisión y eliminados en un horario específico. Dos Horarios de Lectura de Paquetes (PRS en inglés) fundamentales son definidos, uno con intervalos y otro lineal. El número de paquetes que sobresalgan en el buffer virtual del receptor no puede exceder de un máximo paramétrico para cada clase de transmisor. El modelo del buffer virtual del receptor da información importante acerca de las características del flujo útil en el diseño de receptores, aunque el diseño de los receptores queda fuera de este estándar.

Los modelos del buffer virtual del receptor tienen una serie de parámetros ajustables de manera que el horario de lectura del buffer esté especificado y consiguientemente la eliminación de los paquetes de forma correcta del buffer.

El modelo de lectura a intervalos se asemeja vagamente a la entrega de muestras de una señal SDI, los instantes de eliminación de paquetes del buffer están separados uniformemente a través del campo activo o intervalo de cuadro, además de que se crea un nuevo intervalo tras un nuevo cuadro en el caso de que sea progresiva o dos si la imagen es entrelazada, así como los valores de los parámetros difieren en ambos casos. Aunque RTP no limita la altura, el ancho o la ratio de cuadros por segundo el modelo a intervalos debe solo aplicarse a flujos específicos.

El modelo lineal sitúa los momentos de eliminación de los paquetes del buffer de manera equidistante a lo largo de todo el periodo de cuadro, que es el periodo de tiempo entre cuadros consecutivos según la ratio de cuadros, por ejemplo, a 50 cuadros por segundo, el periodo de cuadro sería de 20 ms.

El modelo de compatibilidad de red es testado a la salida del transmisor, previa a cualquier desajuste inducido por red, y comprueba que las secuencias de instantes de transmisión transmitidas por los transmisores de video RTP son correctas en todos los momentos y en todas las configuraciones operativas. Se ha de pensar en este buffer como en un depósito con fugas de capacidad infinita en el momento en el que los paquetes son enviados por el transmisor, de este depósito se extraerá un paquete cada cierto tiempo siempre que haya algún paquete dentro. Al igual que en el modelo de compatibilidad de red, en el modelo del buffer virtual del receptor los transmisores de video RTP deben asegurarse de que los instantes de transmisión pasan el modelo del buffer en todos los momentos y en todas las configuraciones operativas, y el modelo es también testado a la salida del transmisor, previo a cualquier desajuste de entregas inducidas por la red. La principal diferencia entre ambos modelos es que el modelo de buffer virtual del receptor va extrayendo paquetes según el PRS utilizado, se puede ver una comparativa gráfica de ambos modelos en la figura 4.[5]

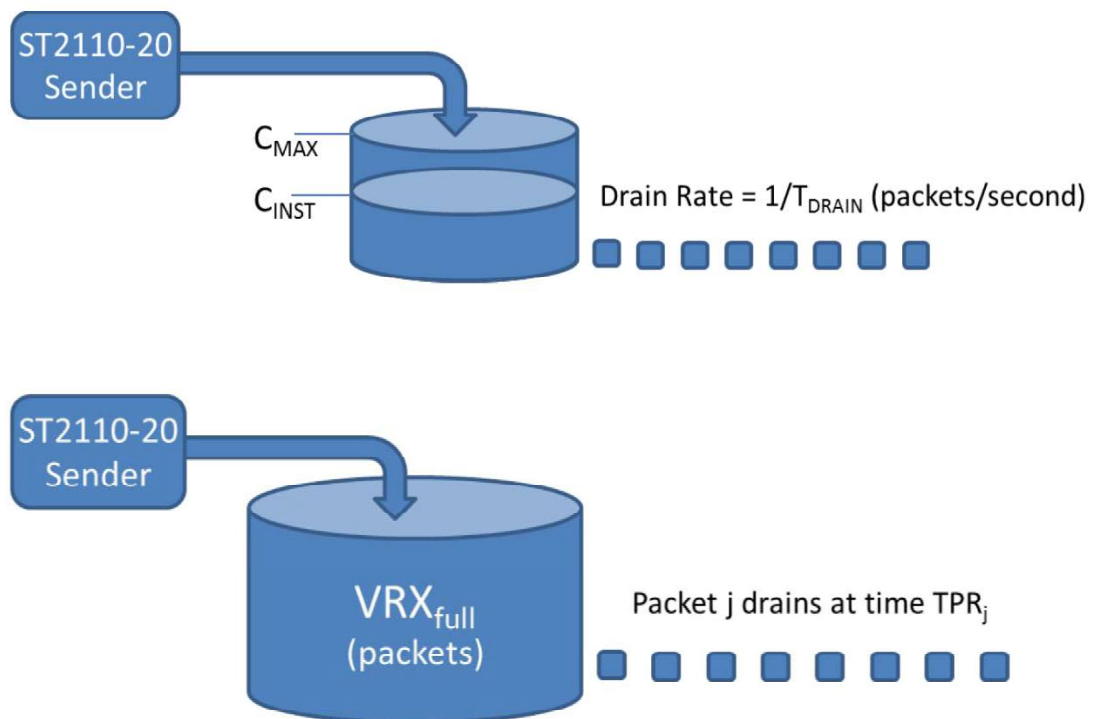


Figura 4. Diagramas para el Modelo de Compatibilidad de Red (arriba) y Modelo de Buffer Virtual del Receptor (abajo), obtenido de [5].

El estándar 2110-23 describe la metodología para transportar señales de video de alto ancho de banda dividiéndolas en múltiples señales 2110-20 de menor ancho de banda, figura 5, lo

cual permite transmitir video 4k y altas tasas de cuadros por segundo en redes con limitaciones de capacidad. Se describen tres métodos:

- Phased Decomposition: se usa para señales de cámara a alta velocidad. La señal se divide en múltiples flujos, cada uno con una fase distinta, pero con igual resolución y parámetros de muestreo.
- 2-Sample Interleave (2SI): divide una señal en 4K en cuatro flujos siguiendo el estándar SMPTE 425-5.
- Square Division: Se basa en dividir la imagen en regiones rectangulares. Actualmente en desuso.

Para gestionar todos estos flujos se usan SDP de acuerdo con 2110-10, a los que se les incluye el parámetro asociado al tipo de descomposición que se esté usando, además de un parámetro identificador.

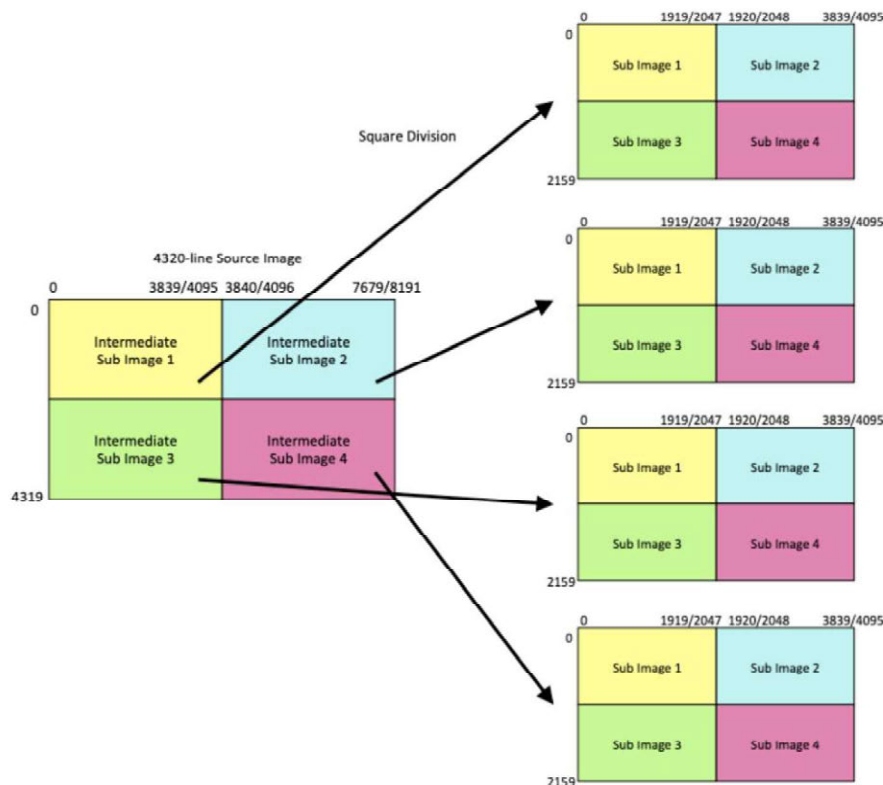


Figura 5. Ejemplo de división de diferentes imágenes para generar un único flujo que reduzca ancho de banda, obtenido de [6].

Para asegurar la confianza en la transmisión se recomienda el uso de SMPTE ST 2022-7, que permite la conmutación sin interrupciones entre flujos primarios y secundarios. Se duplican los grupos en SDP usando el parámetro correspondiente, e indicando los pares de flujos primarios y secundarios. Los métodos 2SI y Square Division usan la misma marca de tiempo en todos los flujos. En el método Phased, cada fase puede tener un tiempo de marca diferente para reflejar la relación temporal entre los flujos. Cuando se usa multicast, cada flujo debe tener una dirección IP de destino única, aunque pueden compartir el mismo puerto UDP. [6]

El estándar 2110-30 es el que describe cómo se va a distribuir el audio por un flujo RTP. Las muestras de audio han de ser de 16 o 24 bits, aunque se pide que tanto transmisor como receptor sean capaces de trabajar con audio en 24 bits. Las muestras de audio se colocan sin necesidad de utilizar una cabecera propia, sin embargo, sí que se va a colocar una marca de tiempo RTP justo antes de la primera muestra de audio del paquete. AES-67 es compatible con todos los dispositivos. Los flujos de audio son divididos en paquetes de duración fija, ptime, comúnmente 1 ms, que vendrá en SDP. Debido a la limitación de carga por paquete el máximo número de canales permitido por cada flujo RTP será de 64, con una configuración de 48 KHz como frecuencia de muestreo y un ptime de 125us. [7]

El estándar 2110-40 describe como se disponen los datos auxiliares en un flujo RTP, su planteamiento es similar al que tienen en SDI, sin embargo, ahora no necesitan de un marcador que marque el comienzo de los datos auxiliares, tienen una cabecera de paquete de datos auxiliares, que es prevenida por una cabecera RTP y una cabecera de carga RTP. Los datos auxiliares al ser los que vendrían en un flujo SDI común se utilizan para poder convertir los flujos 2110 en SDI si se quisiera. Tal y como se especifica en 2110-10 el reloj de medios y el reloj RTP deben tener tasas de refresco de 90 KHz, el reloj de medios debe estar alineado con el SMPT Epoch y el reloj RTP debe tener una compensación 0. [8]

En estos datos auxiliares también se incluyen los metadatos que añaden las cámaras con información referente a:

- Información de la cámara: detalles del modelo que ayuden a identificar las capacidades y características de esta.
- Información del objetivo o lente.
- Ajustes de la cámara: ISO, balance de blancos, exposición.
- Formato de grabación y calidad de esta.
- Datos de audio: tipo de entrada y ajustes de nivel.
- Datos de tiempo y fecha.
- Datos de localización: si se tuviera información GPS.

Estos datos ayudan a la organización de los archivos de video, así como para mejorar su uso en, por ejemplo, labores de postproducción. [45]

Conviene hablar de NMOS, un conjunto de especificaciones abiertas que ayuda en la interoperabilidad de equipos basados en 2110. Este conjunto permite a los dispositivos descubrirse entre sí, ser gestionados desde un único punto sin manuales IP, el envío de señales de tally, etc. Entre otras facilidades, ayuda a evitar una operativa compleja de configuración del sistema haciendo el flujo de trabajo más eficiente.

Existen más estándares dentro de la suite del 2110 pero para el desarrollo de este proyecto no se tendrán en cuenta.

### **3. Especificaciones y restricciones de diseño**

Este proyecto trata de diseñar un estudio de producción remota utilizando video sobre IP y basándose en el estándar 2110-ste de la SMPTE, está pensado para la producción en vivo de eventos deportivos y se dimensionará sobre un partido de Euroliga de baloncesto. Por lo que se necesitará equipo para el lugar del evento y para el control de realización a distancia. Las necesidades de este proyecto se conocen por experiencia laboral previa del proyectista en estas producciones en concreto.

#### **3.1 Para el lugar del evento.**

Para un evento de este tipo se necesitarán 13 cámaras, siendo estas:

- Máster, 1.
- Cortos, 2.
- Pela, 3.
- Dos diagonales, 4 y 5.
- Dos bajo canastas, 6 y 7.
- Dos cámaras de aro, 8 y 9.
- Reloj, 10.
- Una para llegadas de los equipos, 11.
- Una para la previa del partido, 12.
- Una para beauty, 13.

Sin embargo, las cámaras para llegadas y para la previa pueden ser las mismas que las que se utilizarán para bajo canasta, 6 y 7 serán también 11 y 12, por lo que el total de cámaras necesarias es de 11. Se ha de incluir también un sistema de Instant Replay, para que los árbitros del encuentro puedan revisar jugadas. Esta numeración de las cámaras es únicamente para referenciarlas en la figura X, en los planos la numeración es para diferenciarlas entre sí.

En cuanto a los micrófonos, se necesitarán dos micrófonos para comentaristas para la previa, dos puestos de comentarista, dos micrófonos para reporteros, uno para llegadas y otro para entrevistas a pie de pista y un micrófono de ambiente, además se necesitarán dos pinganillos para órdenes a los reporteros, dos pinganillos para los comentaristas durante la previa y dos pares de microcascos para los comentaristas durante el partido. Al contrario que con las cámaras los micrófonos no pueden ser compartidos en distintas funciones porque habrá algún momento en el que los cuatro personajes principales de la retransmisión, reporteros y comentaristas estén en activo.

Se necesitará también de un switch que recoja todas las señales para enviarlas al control de realización, donde habrá otro switch para recogerlas. Al trabajar con video sobre IP se necesitará también una línea de fibra que conecte el control de realización con el lugar del evento, que será contratada a una teleoperadora.

### **3.2 Para el control de realización.**

En el control se requerirá el siguiente equipamiento:

- Un mezclador.
- 1 servidor de EVS con 3 paneles de control, uno cada 3 cámaras para repeticiones.
- Un multivista para las pantallas del control en el que mostrar las imágenes que estén dando las cámaras en directo, los grafismos, el previo y el programa y las repeticiones obtenidas de los EVS.
- Un sistema de intercom para comunicación entre puestos, con los respectivos microcascos para cada puesto.
- Una mesa de sonido que maneje y procese las señales de los micrófonos y los microcascos de los comentaristas.
- Un puesto de jefe técnico que pueda supervisar todo el equipamiento técnico, así como las señales utilizadas.
- Un puesto de grafismos.

Tal y como se menciona en los objetivos del proyecto planteados en el anteproyecto, estas especificaciones solventarían tales objetivos.

### **3.3 Características de la red IP**

La red IP que se va a desarrollar ha de tener las siguientes características:

- Cada equipo perteneciente a la red tendrá una dirección IP única y propia que lo identifica.
- Será una red privada, no se podrán conectar equipos externos a menos que estén físicamente conectados a algún punto de la red y hayan recibido los permisos necesarios para conectarse.
- Se hará uso del protocolo UDP para el envío de paquetes tal y como se ha mencionado en el apartado dos. Por lo que estará orientada a paquetes.
- Será una red con capacidad de escalabilidad, se podrá aumentar el número de dispositivos conectados con facilidad.
- Será una red flexible, permitirá la conexión entre sistemas hardware y software con facilidad.
- Las direcciones IP utilizadas serán direcciones multicast, debido a que un equipo enviará datos a más de un equipo y de esta manera no se duplicarán los datos que se envíen.
- Se utilizará IGMP para gestionar las suscripciones a grupos multicast.
- Los switches utilizados deberán ser compatibles con multicast y QoS.
- La latencia no debe superar los 30 ms para un correcto funcionamiento, se tiene en cuenta que a mayor distancia mayor latencia, pero no debería ser un problema para el desarrollo de este proyecto como ya se verá más adelante.

## **4. Descripción de la solución propuesta**

Se han tenido en cuenta diferentes marcas para diseñar los equipos del control y los del lugar del evento. Algunas de las principales marcas en el mundo del broadcast con equipos para imagen son Sony, Panasonic y Grass Valley, y para audio algunas son Sennheiser, Shure y Sony. Suele ser preferible utilizar todo el equipamiento general (cámaras, mezclador, el servicio de multipantalla, etc) posible de una misma marca, tener equipos que utilicen software parecido y formen parte del mismo ecosistema de equipos puede simplificar mucho el trabajo de configuración y puesta en marcha, además de que se asegura compatibilidad al completo entre cada uno de los elementos de la marca. Pese a todo, no todo el equipamiento utilizado será de la misma marca, por la razón de que una marca no tiene todo lo necesario para completar este proyecto. En audio se utilizarán micrófonos de Sennheiser además de equipamiento de distintas marcas para poder satisfacer las especificaciones del proyecto.

A continuación, se presentarán las configuraciones de equipamiento que se han ideado, una por cada marca de mezcladores de video antes mencionada, y posteriormente se mencionará la configuración elegida en el apartado 5.

Se empezará por el diseño del lugar del evento utilizando equipamiento de Sony, y se mencionarán los equipos siguiendo el recorrido de una señal de imagen y seguidamente el recorrido de una señal de audio.

De los diferentes modelos de cámaras de estudio de Sony solo hay uno que disponga de salida directa en 2110, el modelo HDC-P50A (figura 8), sin embargo, este modelo requiere de un receptor y transmisor previos (HDCE-RX50 y HDCE-TX50, figura 6), si se quisiera trabajar a largas distancias, como se requiere en este proyecto. Esto pasa con todos los modelos de cámaras de Sony preparados para el video IP, y ya que este modelo es un modelo compacto, se preferirá utilizar una cámara del modelo HDC-5500V (figura 9) para cámaras estáticas durante el evento, 7 cámaras, y del modelo HDC-P50A para las cámaras que móviles y las de tableros, 4 en total. Estas cámaras se conectarán a través de cables de fibra SMPTE (figura 10) a los transmisores, en el control de realización se conectarán los receptores a las CCU HDCU-5500 (figura 7) para poder cambiar los parámetros de la cámara que no se puedan modificar con los RCP-3500, que se verán más adelante. Para la comunicación de los operadores de cámara se utilizarán microcascos del modelo HMD 300 X3K1 de Sennheiser (figura 18).

Las señales del sistema de Tally de las cámaras, los indicadores que permiten conocer si una cámara esta en el aire o en previsualización, se distribuyen mediante el estándar 2110-40 y gracias al sistema NMOS y PTP, y se envían a las cámaras previo paso por las CCU. Ya que es necesario para los operadores de las 7 cámaras estáticas HDC-5500V y para los operadores de las dos cámaras móviles HDC-P50A, además de para los presentadores y reporteros.



**NETWORKED LIVE**

Figura 6. Sony HDCE TX50 (izq.) y HDCE RX50 (der.).



**NETWORKED LIVE**

Figura 7. HDCU-5500.



Figura 8. Cámara HDC P50A



**Figura 9. Cámara HDC 5500V**



**Figura 10. Cable de fibra SMPTE.**

De los transmisores HDCE-TX50 saldrán cables de red con destino un switch de Arista modelo DCS-7050CX3-32S-F (Figura 11), el cual dispone de 32 puertos QSFP100 (Quad Small Form Factor Pluggable) con capacidad de 100G, que serán los utilizados para las cámaras de máster, cortos y pela. Este switch dispone además de capacidades PTP, pero no de Master Clock. Se puede apilar con otros switches en el caso de que se necesitaran más puertos. No dispone de PoE (Power over Ethernet), por lo que los equipos conectados al switch necesitarán de otra fuente de alimentación.



**Figura 11. Switch Arista DCS-7050CX3-32S-F.**

Para los micrófonos de presentador se utilizará el modelo HSP 2-ew (figura 12), se necesitarán dos, los cuales se conectarán a un transmisor EW-DX SK (Q1-9) (figura 12) cada uno, cuyas señales serán recogidas por el receptor de antena EW-DX EM 2 DANTE (Q1-9) (figura 13), el cual permite recibir dos canales, y transmitirlos por la red DANTE, que permite transmitir audio por IP. Será necesario convertir estas señales a 2110-30, esta conversión se realizará en el equipo RP64 de Nixer (figura 14), el cual es un router de audio de 64 canales de entrada y 64 de salida configurable por software que se conectará al switch. Para los dos micrófonos de reportero se utilizará el modelo de mano EW-D SKM-S con capsula modelo MMD 835 (figura 15) cuyas señales serán recogidas por otro receptor de antena como el antes mencionado, y posteriormente se enviarán al router de audio, uno de estos micrófonos se utilizará durante el evento como micrófono de ambiente. Los presentadores utilizarán pinganillos para recibir órdenes de la sala de control del modelo EW IEM G4 (figura 16) y necesitará de una antena A 1031-U (figura 17), ambos de Sennheiser, para transmitir a los receptores que llevarán los presentadores, incluidos en el sistema EW IEM G4.



**Figura 12. Micrófono HSP 2-ew (izq.) y transmisor EW-DX SK (Q1-9) (der.).**



**Figura 13. Antena receptora EW-DX EM 2 DANTE (Q1-9).**



**Figura 14. Router de audio Nixer RP64.**



Figura 15. Micrófono y capsula MMD 835.



Figura 16. Equipo de monitoreado EW IEM G4.



Figura 17. Antena transmisora y receptora A 1031-U.

Para los comentaristas, se colocará un panel de comentaristas Lawo Commentary System (figura 19), con conexiones para dos comentaristas y capacidades de panel de intercom, y se utilizarán microcascos del mismo modelo que utilizarán los operadores de cámara. El panel de comentaristas se conectará al router de audio.



**Figura 18. Microcascos HMD 300 X3K1.**



**Figura 19. Lawo Commentary System.**

Las ópticas de cámara utilizadas serían de 42x (Fujinon HA42x9.7BERD, figura 20) para todas las cámaras salvo cortos, pela y tablero, de 99x para cortos y pela (Fujinon XA99x8.4BESM, figura 20) y objetivos gran angular, pero de tamaño reducido para tableros (FUJINON XF8mmF3.5 R WR, figura 20). Por último, el sistema de Instant Replay será suministrado por la empresa HawkEye que es la contratada por la Euroliga en la actualidad.



**Figura 20. Ópticas Fujinon HA42x9.7BERD (izq.), Fujinon XA99x8.4BESM (centro), FUJINON XF8mmF3.5 R WR (der.).**

A continuación, se muestra una figura de ejemplo de distribución en el lugar del evento de las cámaras y micrófonos (figura 21), la electrónica como el router de audio o el switch se colocarán en un rack de equipos cercano a alguna toma de red que haya en el lugar del evento, los micrófonos 1 y 2 hacen referencia a los presentadores y los micrófonos 3 y 4 a los comentaristas, las cámaras siguen la numeración del apartado 3.

Toda la información recogida en el switch se enviará al control de realización a larga distancia mediante fibra solicitada a una teleoperadora, encargada de asegurar la calidad del servicio. Si el evento se realiza en España, por ejemplo, la teleoperadora elegida sería Telefónica, por experiencia y por infraestructura, una segunda opción sería Vodafone. Existen principalmente dos opciones que completarían esta necesidad, el tendido de una fibra oscura o la contratación de un ancho de banda privado de una fibra ya tirada. Si se quisiera utilizar una fibra oscura, opción mucho más cara pero que da mejores resultados al ser de un único usuario, se debería tener en cuenta la distancia desde el lugar del evento hasta el lugar donde se sitúe el control de realización. Por ejemplo, en la ciudad de Madrid, los partidos de Euroliga se realizan en el Movistar Arena, situado en el centro de la ciudad, y la empresa que en la actualidad es la encargada de la realización y retransmisión de estos en España, Movistar, tiene su sede en Tres Cantos, pues habría que realizar una obra que llevara un tendido de fibra desde Tres Cantos hasta el Movistar Arena. Esta opción es válida si ambos lugares necesitaran constantemente de esta conexión y la distancia entre ellos no sea de cientos de kilómetros, ya que el coste de realizar esta obra sería demasiado alto. La otra opción, válida para situaciones en las que las distancias son muy grandes, es una opción más barata, pero con la desventaja de que el encargado de la gestión y mantenimiento de la fibra es la empresa a la que se le ha contratado el servicio. Utilizando una fibra oscura entre ambos lugares asegura que la latencia de toda la operación no supere los 30 ms. Sin embargo, con una WAN privada proporcionada por una empresa de telecomunicaciones no debería haber problema tampoco, siempre y cuando se mantenga estable el servicio, de ahí que la red que se contrate debe contar con QoS.

A continuación, se mencionará el equipamiento utilizado en el control de realización, el cual estará dividido en dos partes, sala de equipos y sala de control.





Figura 22. Cerebrum de EVS.



Figura 23. EVS XT-VIA (izq.) y Neuron View (der.).



Figura 24. Mezclador de video Sony XVS-800 (izq.) y Master Clock SPG8000A de Tektronix (der.).



**Figura 25. Intercom Artist 1024 de Riedel.**

En la sala de control se colocarán los paneles que controlarán los equipos. El panel que controlará el mezclador de video es el modelo ICP-X7000 de Sony (figura 26), los paneles que controlarán los parámetros de las cámaras son del modelo RCP-3500 de Sony (figura 28 derecha), se necesitarán 11 de ellos, uno para cada cámara. Se colocará un panel de control de audio del modelo  $mc^296$  de Lawo (figura 27), estará en un apéndice de la sala de control, aislado del resto. Se colocarán tres paneles LSM-VIA de EVS (figura 28 izquierda) que supervisarán cada uno las imágenes de 3 cámaras, la disposición será: máster, cortos y pela un panel, diagonal izquierda, diagonal derecha y bajo canasta derecha otro panel, y bajo canasta derecha, tablero izquierdo y tablero derecho el último panel. Se colocará un puesto con un PC encargado de manejar Viz Trio, Viz Artist lo manejará una persona externa a la sala de control. Se colocará un PC de jefe técnico que controlará las aplicaciones asociadas al procesador de multipantalla, Neuron Viewer, a la matriz de enrutamiento Cerebrum y al software de configuración de la intercom. Así mismo se colocará en cada puesto, más uno para el realizador, un panel de intercom RSP-2318 SmartPanel de Riedel (figura 29), de forma que exista comunicación permanente entre todas las partes implicadas durante la retransmisión del evento. Para la comunicación a través de intercom se utilizarán microcascos del modelo HMD 26 S de Sennheiser (figura 30 izquierda), se necesitarán siete de estos microcascos. Para el monitoreo de la imagen se utilizarán monitores Craltech de la serie Pluma [36], con tamaños que van desde las 18,5 pulgadas a las 32 pulgadas, para la multipantalla se utilizarán 4 pantallas Barco UniSee II [42] de Barco en la sala principal y una más en la sala de sonido, son paneles de 55 pulgadas LCD con entrada HDMI, por lo que se necesitarán un convertidor de 2110 a HDMI, se ha elegido el modelo Blackmagic 2110 IP Mini IP to HDMI SFP de Blackmagic Design (figura 30 derecha) y un splitter de al menos 5 salidas HDMI, una para cada pantalla, como el modelo de matriz HDMI CMX88CS de Blustream (figura 30 abajo).



Figura 26. Panel de mezclador ICP X700.



Figura 27. Mesa de audio Lawo mc2 96.



Figura 28. LSM-VIA de EVS (izq.) y RCP-3500 de Sony (der.).



Figura 29. Smartpanel RSP-2318 de Riedel.



**Figura 30. Microcascos HMD 26 S (arriba), convertidor 2110 a HDMI de Blackmagic Design (centro) y matriz HDMI CMX88CS de Blustream (abajo).**

Si se quisiera utilizar cámaras de Panasonic, se cambiarían los equipos de cámara, mezclador y panel de mezclador a los modelos de cámara AK-UCX100 (figura 31 arriba) para las cámaras estáticas en trípode o pedestal, de mezclador KAIROS KC2000 (figura 31 abajo), y de panel de mezclador KAIROS KC10C1 (figura 32).



**Figura 31. Cámara AK-UC100 (arriba) y mezclador KAIROS KC2000 (abajo) de Panasonic.**



**Figura 32. Panel de mezclador KAIROS KC10C1 de Panasonic.**

Se si quisiera utilizar cámaras de Grass Valley, se cambiarían los equipos de cámara, mezclador, panel de mezclador y procesador de multipantalla a los modelos de cámara LDX-

150 (figura 33 izquierda) para las cámaras estáticas en trípode o pedestal, de mezclador K-Frame CXP Switcher (figura 33 derecha), de panel de mezclador K-Frame SXP (figura 34 izquierda) y de procesador de multipantalla Kaleido-IP (figura 34 derecha).



**Figura 33. Cámara LDX-150 y mezclador K-Frame CXP de Grass Valley.**



**Figura 34. Panel de mezclado K-Frame SXP y Kaleido-IP de Grass Valley.**

En ambos casos se tendría que continuar con el modelo HDC-P50A de Sony para las cámaras de detrás de tablero, con lo que implicaría que al menos dos transmisores y receptores se seguirían utilizando, al igual que dos paneles de control de cámara.

El resto de los equipos serían los mismos, en cualquier caso.

## **5. Resultados**

Se ha decidido continuar con la configuración de equipos planteada para equipos Sony, pese a que las cámaras necesitan de transmisores y receptores para su correcto funcionamiento a larga distancia, su ecosistema de equipos y programas es el más completo, y ofrece un modelo compacto de cámara compatible con 2110, algo que las otras dos marcas no ofrecen, además de ofrecer soluciones en cuanto a ópticas, dispositivos de audio, o de monitorización, si se quisiera.

A continuación, se mostrará un diagrama con las conexiones finales tanto de la disposición de equipamiento en el lugar del evento como de la disposición en ambas salas del control de realización, figura 35.

Con esta solución se cubren todas las especificaciones del proyecto, se tienen equipos que cubren las necesidades básicas de una retransmisión deportiva en directo. El equipo que ha sido elegido es, además, fácilmente escalable y admite su ampliación para poder realizar trabajos más complejos en un futuro. Se podría haber resuelto de una manera más barata si se hubiera utilizado un modelo híbrido, que incluyese tanto equipamiento basado en el 2110 como equipamiento SDI, sin embargo, se ha intentado que todo el equipamiento posible estuviese basado en el estándar 2110 y salvo la microfonía y los pinganillos que están basados en Dante, se ha conseguido con todo el equipamiento.

Se ha de decir que este es un proyecto simulado, por lo que no se sabría si la selección de equipamiento es compatible entre sí en su totalidad, o si su funcionamiento sería el esperado.

En este proyecto, como no se sabe dónde se localizarán ninguno de los dos lugares en los que habrá equipamiento se ha decidido diseñarlo con la segunda opción de selección de fibra planteada, alquilar una WAN privada a la operadora de telecomunicaciones.

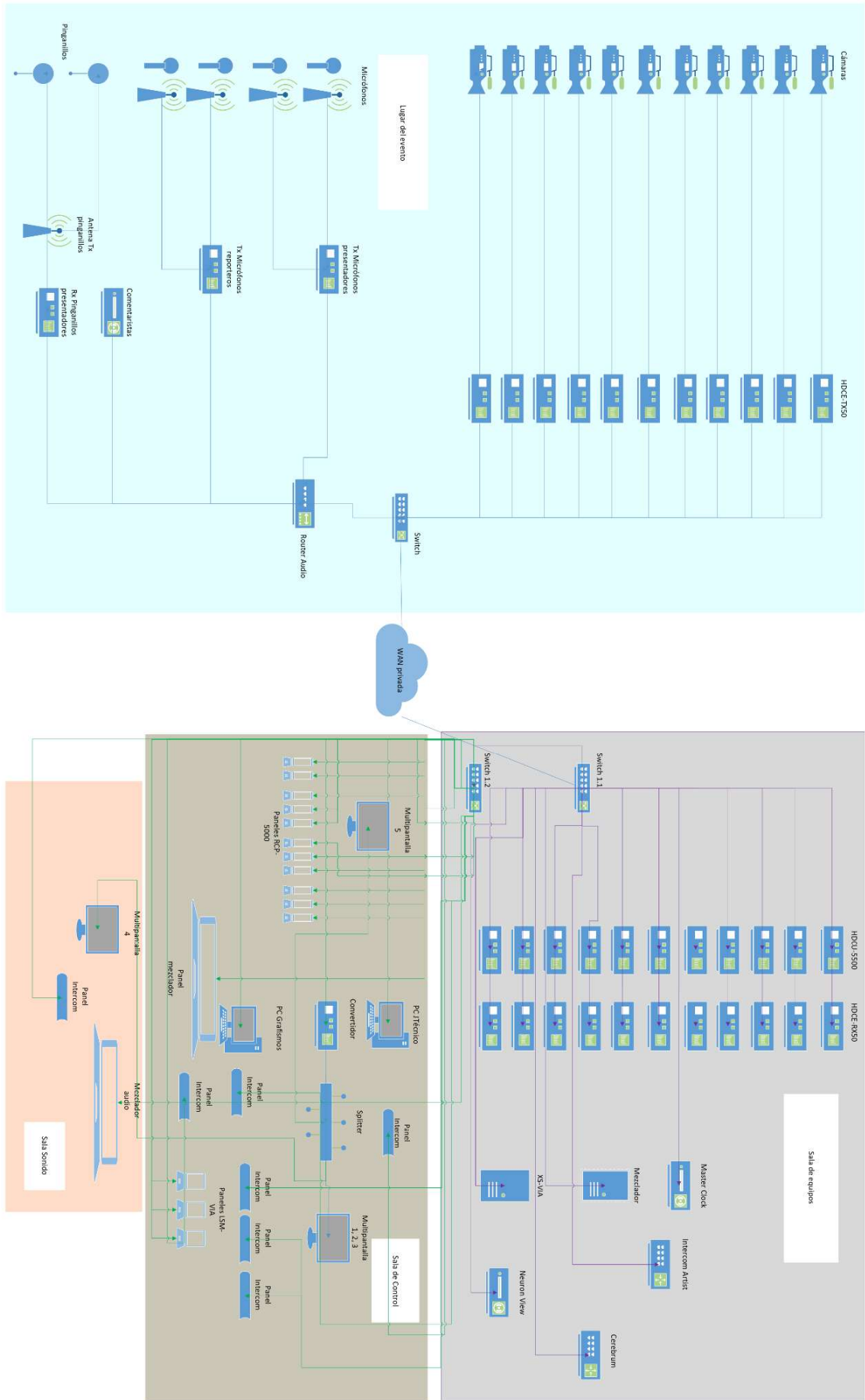


Figura 35. Diagrama de los equipos utilizados.

## **6. Presupuesto**

El proyecto ha sido diseñado teniendo en mente que el coste de todo el equipamiento fuera lo más bajo posible, de ahí que el equipamiento elegido sea el mínimo indispensable para una producción de este tipo con las especificaciones solicitadas. Pese a ello, al ser equipo profesional no se puede dar una cifra exacta. Lo normal en este tipo de compras es que la empresa vendedora da un presupuesto, que puede variar dependiendo de distintos factores, y posteriormente se negocia.

También otro coste que se debería negociar es el de acceso a una red de fibra óptica proporcionado por una operadora de telecomunicaciones tal y como se ha mencionado en el apartado 4 y 5.

Según el coste por hora de un ingeniero de telecomunicaciones medio, cuyo valor es 20,7€/h [X], el coste de la mano de obra ocupada en la realización de este proyecto es:

$$20,7€/h * 335h = 6934,5€$$

## 7. Impacto del proyecto

Actualmente la mayoría de los estudios de producción de televisión en España siguen trabajando con equipamiento SDI, es robusto, fiable, tiene muchas opciones y la infraestructura está creada. Sin embargo, requiere de tendidos de kilómetros de cable en cada estudio, ya que cada entrada SDI, equivale a una única fuente, por ejemplo, si se tienen 5 cámaras en el estudio, se necesitan 5 cables en cada paso que se quiera dar a esas señales, paso por matriz, por mezclador, por servidor de video, por el procesador de multipantalla, etc. Si las empresas de producción broadcast apostaran por utilizar equipamiento basado en el estándar 2110 de la SMPTE reducirían los kilómetros de cable a utilizar, podrían controlar todo el recorrido de las señales a través de aplicaciones de software y por ende se reduciría el impacto ecológico en primera instancia, menos materiales necesarios, menos contaminación a la hora de obtenerlos. Una mejora posible sería ampliar el número de switches, tanto en control como en el lugar del evento, ya que ahora mismo están trabajando al máximo de su capacidad, ampliar el número de switches, además, permitiría trabajar en 4K sin complicaciones ya que según la tabla 1, cada puerto de 100G permite trabajar con 5 señales de video 4K sin comprimir.

A corto plazo, una inversión en equipamiento basado en 2110 podría ser alta, sin embargo, a largo plazo gracias a la escalabilidad de sus productos y la libertad que ofrece a la hora de poder realizar eventos de manera remota, el coste sería menor en comparación con la utilización de equipamiento SDI y, una vez siga avanzando la tecnología, la mitad del equipamiento utilizado en este proyecto en el lugar del evento no sería necesario. Es por eso por lo que plantear una instalación basada en el 2110 hará que una empresa de producción broadcast pueda realizar proyectos más grandes con menos equipamiento, reduciendo costes, aumentando la productividad, y asegurando estar utilizando equipamiento estado del arte durante los próximos años. Además, utilizando esta tecnología, el control de realización diseñado en este proyecto, sala de equipos y sala de control, podría ser utilizado para distintos eventos a distancia, distintos platós o estudios en el mismo lugar que donde este situado, es decir, un único control podría manejar múltiples espacios, algo que ahora mismo es imposible debido a la linealidad de trabajar con SDI. Si se quisiera seguir por esta vertiente de escalabilidad, convendría cambiar el sistema de enrutamiento de una solución monolítica, como la que se ha diseñado, a una solución Spine-Leaf (figura 36), la cual sería más fácilmente escalable, y permitiría mayor control sobre toda la instalación. Para ello se necesitaría un control central (core) en el que colocar switches de gran capacidad como el Arista 7816LR4 (figura 37) que cuenta con más de mil puertos de capacidad 400G y más de 500 puertos de capacidad 800G, lo que permitiría conmutar más de cientos de miles de señales de video simultáneamente, y una red de switches (spine), como los utilizados en el proyecto, en cada estudio o lugar en el que se quiera realizar una producción audiovisual.

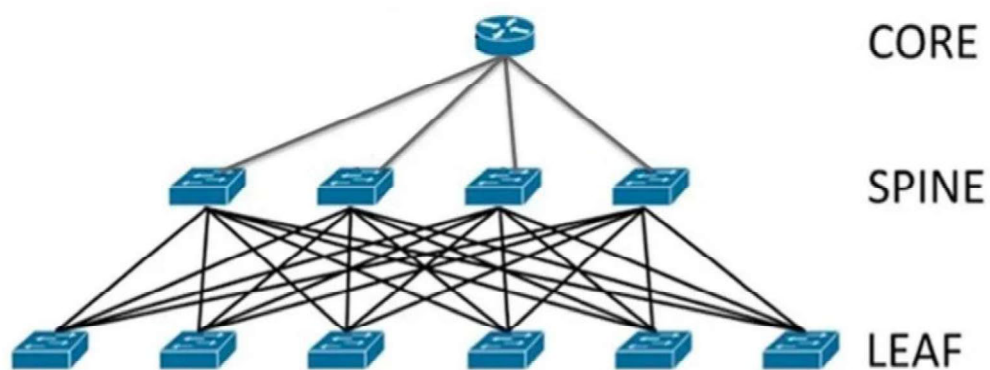


Figura 36. Ejemplo de arquitectura Spine-Leaf.



Figura 37. Familia 7800R de Arista, el 7816LR4 es el 2º por la derecha.

## **8. Conclusiones**

### **8.1 Conclusiones**

En este proyecto de fin de grado se planteaba el problema de cómo solucionar una producción remota de un evento deportivo utilizando el estándar 2110 de la SMPTE basado en el transporte de contenido audiovisual sobre IP. Primero se explicaron las diferentes entradas que componen el estándar, seguidamente se habló de las especificaciones que un proyecto de este tipo tiene, y del tipo de equipamiento que se necesita para llevarlo a cabo. Posteriormente se expusieron tres soluciones, en plano prácticamente iguales, pero con distintos dispositivos, y de las que finalmente se eligió la solución con equipamiento de Sony para cámaras, paneles de control de cámaras, y mezclador y panel de mezclador. El resto de equipamiento compone una red que tiene lo mínimo indispensable para poder afrontar con garantías la realización del evento, intentando siempre que todo el equipamiento estuviera basado en el estándar 2110 como formato principal.

Se ha podido observar que es posible realizar un proyecto de este tipo con esta tecnología, permitiendo reducir los kilómetros de cable necesarios, ya no es necesario el desplazamiento de una unidad móvil al lugar del evento, al igual que el tiempo de montaje del equipo en el lugar del evento se vería considerablemente reducido. El hecho de que únicamente se necesite un switch y una conexión punto a punto por internet para poder conectar el estudio con el lugar del evento simplifica todo el panorama de producción remota de eventos deportivos, o de cualquier evento que se quiera transmitir por broadcast.

El principal inconveniente que se le podría encontrar al uso de esta tecnología es el alto coste que implica a corto plazo, ya que el cambio de utilizar SDI a 2110 implica el tener que cambiar la mayoría de equipamiento. Pese a que existen soluciones híbridas, estas son simplemente temporales si al final la industria decide apostar por 2110 en su totalidad, por lo que las soluciones híbridas deberán ser sustituidas por equipamiento basado al completo en 2110.

### **8.2 Trabajos futuros**

En el desarrollo del proyecto se ha optado por utilizar el mínimo equipamiento indispensable para conseguir que la realización de este tenga lugar sin ningún problema y con todas las opciones disponibles. Sin embargo, un hilo del que tirar para mejorar el proyecto sería dotarlo de equipamiento de redundancia, haría que el ecosistema fuera más robusto, dotándolo de más seguridad en el caso de que algún componente falle, permitiendo que el directo no se vea afectado y se pueda seguir retransmitiendo.

Otro hilo del que tirar sería la escalabilidad de la que dispone el equipamiento elegido, los switches de la sala de equipos y de la sala de control podrían ser sustituidos por switches de mayor tamaño que permitieran conectar a la misma red otros equipos que tengan otro tipo de evento o programa como objetivo, como puede ser una grabación de cine o ficción

televisiva, un informativo diario o programas tipo magazine en directo, proyectos que tienen distintas necesidades que un evento deportivo.

Otro tipo de mejoras sería añadir más opciones de monitoreado, tanto en la sala de control como en el lugar del evento, para poder seguir con más precisión las señales, tanto los flujos de audio como de video y además dotar al ordenador del puesto del jefe técnico la posibilidad de acceder al resto de ordenadores del estudio, como por ejemplo mediante KVM.

Como se ha mencionado en el apartado 7, si se quisiera ampliar los posibles usos del control de realización diseñado, convendría cambiar el tipo de arquitectura de red de monolítica, a un modelo Spine-Leaf, mucho más sencillo de escalar, y con mejor interoperabilidad entre equipos y estudios/lugares. Por lo que sería otro posible hilo para mejorar lo planteado en el proyecto.

## 9. Referencias

- [1] W. Simpson, *Video over IP: a practical guide to technology and applications*, 1st edition. Amsterdam: Focal Press, 2006.
- [2] PixelHue, "SMPTE ST 2110 Overview," *PixelHue*, Accedido: 14 de abril, 2025. [Online]. Disponible en: <https://pixelhue.com/index.php/Tpl/tpl.html?tpl=ST2110>
- [3] SMPTE, "Professional Media Over Managed IP Networks: System Timing and Definitions"; SMPTE ST 2110-10:2017, sep. 2017.
- [4] SMPTE, "Professional Media Over Managed IP Networks: Uncompressed Active Video"; SMPTE ST 2110-20:2017, sep. 2017.
- [5] SMPTE, "Professional Media Over Managed IP Networks: Traffic Shaping and Delivery Timing for Video"; SMPTE ST 2110-21:2017, sep. 2017.
- [6] SMPTE, "Single Video Essence Transport over Multiple ST 2110-20 Streams"; SMPTE RP 2110-23:2019, dic. 2019.
- [7] "The Basics of SMPTE ST 2110 in 60 Minutes - Wes Simpson", VSF, 23 de abril de 2019 [video en línea]. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=wKso1pos-yw>
- [8] SMPTE, "Professional Media Over Managed IP Networks: SMPTE ST 291-1 Ancillary Data"; SMPTE ST 2110-40:2018, abr. 2018.
- [9] Panasonic Connect Europe, "AK-UCX100 – Cámara de estudio 4K," *Panasonic Connect Europe*, [En línea]. Disponible en: <https://eu.connect.panasonic.com/es/es/broadcast-proav/studio-cameras/ak-ucx100>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [10] Sony, "Cámara compacta de sistema HDC-P50A," *Sony Professional Solutions Europe*, [En línea]. Disponible en: [https://pro.sony/es\\_ES/products/4k-and-hd-camera-systems/hdc-p50a](https://pro.sony/es_ES/products/4k-and-hd-camera-systems/hdc-p50a). [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [11] Sony, "Panel de control remoto RCP-3500," *Sony Professional Solutions Europe*, [En línea]. Disponible en: [https://pro.sony/es\\_ES/products/camera-control-panels/rcp-3500](https://pro.sony/es_ES/products/camera-control-panels/rcp-3500). [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [12] Sony, "Unidad de control de cámara HDCU-5500," *Sony Professional Solutions Europe*, [En línea]. Disponible en: [https://pro.sony/es\\_ES/products/camera-control-unit/hdcu-5500](https://pro.sony/es_ES/products/camera-control-unit/hdcu-5500). [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [13] Sony, "Sistema de cámara HDC-5500V," *Sony Professional Solutions Europe*, [En línea]. Disponible en: [https://pro.sony/es\\_ES/products/4k-and-hd-camera-systems/hdc-5500v](https://pro.sony/es_ES/products/4k-and-hd-camera-systems/hdc-5500v). [Accedido: 14 de abril de 2025].

- [14] Sony, “Transmisor de IP HDCE-TX50,” *Sony Professional Solutions Europe*, [En línea]. Disponible en: [https://pro.sony/es\\_ES/products/camera-control-unit/hdce-tx50](https://pro.sony/es_ES/products/camera-control-unit/hdce-tx50). [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [15] Sony, “Receptor IP HDCE-RX50,” *Sony Professional Solutions Europe*, [En línea]. Disponible en: [https://pro.sony/es\\_ES/products/camera-control-unit/hdce-rx50](https://pro.sony/es_ES/products/camera-control-unit/hdce-rx50). [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [16] Nixer Pro Audio, “RP64 – 64 Channel Dante Monitoring & Mixing,” *Nixer Pro Audio*, [En línea]. Disponible en: <https://www.nixerproaudio.com/Products/RP64/>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [17] Lawo, “mc<sup>2</sup>96 – Flagship Audio Production Console,” *Lawo*, [En línea]. Disponible en: <https://lawo.com/products/mc%c2%b296/>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [18] Sony, “Panel de control para mezcladores ICP-X7000,” *Sony Professional Solutions Europe*, [En línea]. Disponible en: [https://pro.sony/es\\_ES/products/video-switchers/icp-x7000](https://pro.sony/es_ES/products/video-switchers/icp-x7000). [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [19] Sony, “Mezclador de video XVS-8000,” *Sony Professional Solutions Europe*, [En línea]. Disponible en: [https://pro.sony/es\\_ES/products/video-switchers/xvs-8000](https://pro.sony/es_ES/products/video-switchers/xvs-8000). [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [20] EVS, “Neuron View,” *EVS*, [En línea]. Disponible en: <https://evs.com/products/real-time-media-processing/neuron-view>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [21] EVS, “Cerebrum – Control y orquestación,” *EVS*, [En línea]. Disponible en: <https://evs.com/products/control-monitoring-routing-orchestration/cerebrum>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [22] Riedel Communications, *Ficha técnica – SmartPanel RSP-2318*, [PDF]. Disponible mediante descarga local. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [23] Lawo, *Folleto técnico – Consola de audio mc<sup>2</sup>96*, [PDF]. Disponible mediante descarga local. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [24] Riedel Communications, *Brochure – Artist Intercom System*, [PDF]. Disponible mediante descarga local. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [25] Lawo, *Brochure – Lawo Commentary System*, [PDF]. Disponible mediante descarga local. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [26] Panasonic, “Kairos Core 200 (KC200),” *Panasonic Connect Europe*, [En línea]. Disponible en: <https://eu.connect.panasonic.com/es/es/broadcast-proav/kairos/kc200>. [Accedido: 14 de abril de 2025].

- [27] Panasonic, “Kairos Core 100C1 (KC10C1),” *Panasonic Connect Europe*, [En línea]. Disponible en: <https://eu.connect.panasonic.com/es/es/broadcast-proav/kairos/kc10c1>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [28] Grass Valley, “LDX 100 - Cámara de sistema IP nativa,” *Grass Valley*, [En línea]. Disponible en: [https://www.grassvalley.com/ldx-100/#s-product\\_feature\\_slider-11](https://www.grassvalley.com/ldx-100/#s-product_feature_slider-11). [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [29] Grass Valley, “Multiviewer IP Kaleido-IP,” *Grass Valley*, [En línea]. Disponible en: <https://www.grassvalley.com/products/multiviewers-hardware/kaleido-ip/>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [30] Grass Valley, “K-Frame – Conmutadores de producción,” *Grass Valley*, [En línea]. Disponible en: <https://www.grassvalley.com/products/production-switchers-hardware/k-frame-production-switchers/>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [31] Sennheiser, “EW-DX EM 2 Dante – Receptor inalámbrico doble,” *Sennheiser*, [En línea]. Disponible en: <https://www.sennheiser.com/es-mx/catalog/products/sistema-inalambrico/ew-dx-em-2-dante/ew-dx-em-2-dante-q1-9-509356>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [32] Sennheiser, “A 1031-U – Antena omnidireccional pasiva,” *Sennheiser*, [En línea]. Disponible en: <https://www.sennheiser.com/en-us/catalog/products/wireless-systems/a-1031-u/a-1031-u-004645>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [33] Sennheiser, “HSP 2-EW – Micrófono de diadema,” *Sennheiser*, [En línea]. Disponible en: <https://www.sennheiser.com/en-us/catalog/products/wireless-systems/hsp-2/hsp-2-ew-009866#Top%20Specs>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [34] Arista, “Especificaciones técnicas – Serie 7050X3,” *Arista Networks*, [En línea]. Disponible en: <https://www.arista.com/en/products/7050x3-series/specifications>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [35] Telestream, “SPG8000A – Generador de sincronización de video,” *Telestream*, [En línea]. Disponible en: <https://www.telestream.net/video/SPG8000A.htm>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [36] Craltech, “12G 320 – Monitor profesional 4K,” *Craltech*, [En línea]. Disponible en: <https://www.craltech.com/Broadcast-Monitores-12G-320>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [38] EVS, *MediaInfra Strada – Ficha técnica*, documento PDF, [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [39] Vizrt, “Viz Engine,” *Vizrt*, [En línea]. Disponible en: <https://www.vizrt.com/products/viz-engine/>. [Accedido: 14 de abril de 2025].

- [40] Vizrt, “Viz Artist,” *Vizrt*, [En línea]. Disponible en: <https://www.vizrt.com/products/viz-artist/>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [41] Vizrt, “Viz Trio,” *Vizrt*, [En línea]. Disponible en: <https://www.vizrt.com/products/viz-trio/>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [42] Barco, “Barco UniSee 2 – Videowall LCD sin bisel,” *Barco*, [En línea]. Disponible en: <https://www.barco.com/es/product/barco-unisee-2>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [43] Sennheiser, “Sistema de monitoreo intraauricular EW IEM G4,” *Sennheiser*, [En línea]. Disponible en: <https://www.sennheiser.com/es-cl/catalog/products/sistema-inalambrico/ew-iem-g4/ew-iem-g4-a-509609>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [44] Arista Networks, “Especificaciones técnicas – Serie 7800R4,” *Arista Networks*, [En línea]. Disponible en: <https://www.arista.com/en/products/7800r4-series/specifications>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [45] Sony, “Saca más partido a los metadatos,” *Sony Professional Solutions Europe*, [En línea]. Disponible en: [https://pro.sony/es\\_ES/news-production/news-production-insights/metadata](https://pro.sony/es_ES/news-production/news-production-insights/metadata). [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [46] Streaming Diez, “¿Qué es NDI y por qué es importante para la industria audiovisual?”, *Streaming Diez*, [En línea]. Disponible en: <https://streamingdiez.com/que-es-ndi-y-por-que-es-importante-para-la-industria-audiovisual/>. [Accedido: 14 de abril de 2025].
- [47] F. Nielsen, “SRT frente a otros protocolos: ¿Es el Transporte Seguro y Fiable para ti?”, *Dacast*, [En línea]. Disponible en: <https://www.dacast.com/es/blog-es/transporte-seguro-y-fiable/>. [Accedido: 14 de abril de 2025].