

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

***ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ADAPTACIÓN DE
INFRAESTRUCTURA EN EITB PARA
PRODUCCIONES UHD 4K***

Estudiante	<i>Aldekoa, Martinez, Mirari</i>
Director/a	<i>Velez, Elordi, Manuel María</i>
Departamento	<i>Ingeniería de Comunicaciones</i>
Curso académico	<i>2021-2022</i>

Bilbao, 18, Agosto, 2022

Resumen

EITB (Euskal Irrati Telebista) es un ente público dedicado a ofrecer contenido audiovisual en la televisión pública. Dados los continuos avances de la tecnología, se presenta una calidad de imagen superior a la que actualmente EITB está ofreciendo. Ante esta situación, se llevará a cabo un análisis y propuesta de adaptación de infraestructura en EITB para producciones UHD-4k. Para ello, aprovechando las prácticas realizadas en esta empresa, en este TFM se estudiará detalladamente la situación del sistema que forma la producción interna de la sede de Bilbao. A partir de esto, se realizará un estudio de las características necesarias en producciones UHD-4k para fijar unos requisitos mínimos a cumplir por los equipos del sistema. Por último, se propondrán los cambios precisos basados en la compatibilidad y sostenibilidad de equipos estudiada.

Laburpena

EITB (Euskal Irrati Telebista) telebista publikoan ikus-entzunezko edukia eskaintzen duen erakunde publikoa da. Teknologiaren etengabeko aurrerapenak direla eta, merkatuan gaur egun EITB eskaintzen ari dena baino irudi-kalitate handiagoa aurkezten da. Egoera honen aurrean, UHD-4k edukiak sortu eta eskaini ahal izateko EITBren azpiegituraren analisi eta egokitzapen proposamen bat burutuko da. Horretarako, enpresa honetan egindako praktikak aprobeztatuz, proiektu honetan zehatz-mehatz aztertuko da Bilboko egoitzaren barne-ekoizpena osatzen duen sistemaren egoera. Hortik abiatuta, UHD-4k ekoizpenetarako beharrezkoak diren ezaugarriak aztertu ondoren, sistemako ekipoek bete beharreko gutxieneko baldintza batzuk ezarriko dira. Azkenik, aztertutako taldeen bateragarritasunean eta jasagarritasunean oinarritutako aldaketa zehatzak proposatuko dira.

Abstract

EITB (Euskal Irrati Telebista) is a public entity dedicated to offering audiovisual content on public television. Given the continuous advances in technology, the image quality is higher than the one currently offered by EITB. In view of this situation, it is going to be carried out an analysis and an adaptation proposal for the actual infrastructure in EITB in order to be able to generate and offer UHD-4k productions. Taking advantage of the internships carried out in this company, this project will study in detail the situation of the system that forms the internal production of the Bilbao headquarters. From this, after a study of the necessary characteristics for UHD-4k productions, some minimum requirements to be met by the system equipment will be set. Finally, the necessary changes will be proposed based on the compatibility and sustainability of the equipment studied.

Índice

Resumen.....	2
1. Introducción	9
2. Contexto	11
3. Objetivos	15
4. Beneficios	16
5. Descripción de la solución propuesta	17
5.1 Análisis del sistema de partida.....	17
5.1.1 Captación.....	19
5.1.2 Monitorización	27
5.1.3 Conexionado.....	31
5.2 Estudio de características mínimas a cumplir	37
5.2.1 Resolucion espacial	38
5.2.2 Profundidad de bit.....	40
5.2.3 Espacio de color.....	41
5.2.4 Resolucion temporal	43
5.2.5 Normas y recomendaciones.....	45
5.3 Diseño de propuesta de modificación.....	45
5.3.1 Captación.....	46
5.3.2 Monitorización	49
5.3.3 Conexionado.....	51
6 Planificación	55
6.1 Descripción de tareas	55
6.2 Diagrama de Gantt	58
7 Presupuesto.....	59
7.1 Recursos humanos	59
7.2 Recursos materiales	60
Recursos amortizables.....	60
Recursos fungibles.....	60
7.3 Resumen del presupuesto.....	61
8 Conclusiones y líneas futuras	62



8.1. Conclusiones.....	62
8.2. Líneas futuras	63
9 Bibliografía.....	64

Índice de figuras

Figura 1. Plataformas de EITB.....	11
Figura 2. Modo de obtención y emisión de contenidos.....	12
Figura 3. Arquitectura de los de las áreas de explotación de emisión.....	13
Figura 4. Arquitectura de emisión de señales de plató.....	18
Figura 5. Etiqueta de referencia	19
Figura 6. Resultados de búsqueda de etiqueta	19
Figura 7. Arquitectura real de sistema de captación.....	20
Figura 8. Arquitectura simplificada de sistema de captación	20
Figura 9. Cámara HXC-FB80.....	22
Figura 10. Parte delantera y trasera de la CCU HXCU-FB80.....	23
Figura 11. Switch PoE	24
Figura 12. Parte delantera del RCP.....	25
Figura 13. Parte trasera del RCP.....	25
Figura 14. Parte delantera de la MSU	26
Figura 15. Parte trasera de la MSU.....	27
Figura 16. Pantallas de previo y programa.....	28
Figura 17. Entradas y salidas del monitor Craltech CM420SL-3G	28
Figura 18. Parte delantera panel auxiliar de control de calidad	29
Figura 19. Parte trasera del panel auxiliar de control de calidad.....	30
Figura 20. Monitor de control de calidad.....	30
Figura 21. Cable coaxial.....	32
Figura 22. Mesa de mezclas de video.....	32
Figura 23. Patch 32MD-ST	33

Figura 24. Matriz de control central.....	34
Figura 25. Embebedor de audio	35
Figura 26. Desembebedor de audio	36
Figura 27. Distribuidor de señal	36
Figura 28. Mapa de distribución de organizaciones de TDT	37
Figura 29. Esquema temporal de características UHD	38
Figura 30. Representación de los tamaños de las resoluciones espaciales	39
Figura 31. Generación de fotograma en barrido entrelazado.....	40
Figura 32. Profundidad de bit de cada resolución.....	41
Figura 33. Diferencia entre imagen con SDR y HDR	41
Figura 34. Espacio de color de las recomendaciones.....	42
Figura 35. Diferencia en dos secuencias con diferente resolución temporal	43
Figura 36. Cámara Sony HDC-5500.....	47
Figura 37. HDCU-5500	48
Figura 38. Monitor Craltech CM 320B-4k.....	50
Figura 39. Panel auxiliar de control de calidad LV5490.....	50
Figura 40. Smart Videohub 12G de Blackmagic	53
Figura 41. Embebedor AJA 12G-AMA	53
Figura 42. Distribuidor 12GDA.....	54
Figura 43. Diagrama de Gantt	58

Índice de tablas

Tabla 1. Elementos del sistema de captación	21
Tabla 2. Formatos de grabación de la cámara HXC-FB80.....	21
Tabla 3. Funcionalidades y conectores de la cámara HXC-FB80	22
Tabla 4. Funcionalidades de la CCU HXCU-FB80 I	24
Tabla 5. Funcionalidades de la CCU HXCU-FB80 II	24
Tabla 6. Funcionalidades switch PoE.....	25
Tabla 7. Funcionalidades de la parte delantera del RCP	26
Tabla 8. Funcionalidades parte trasera del RCP	26
Tabla 9. Funcionalidades parte delantera de la MSU.....	26
Tabla 10. Funcionalidades parte trasera de la MSU.....	27
Tabla 11. Elementos de monitorización	27
Tabla 12. Funcionalidades del panel auxiliar de control de calidad.....	30
Tabla 13. Ventanas del monitor de calidad.....	31
Tabla 14. Elementos de conexionado.....	31
Tabla 15. Recomendación de características espaciales, ITU BT.2020	40
Tabla 16. Recomendación de parámetros de colorimetría de ITU BT.2020	42
Tabla 17. Recomendación de frecuencia de fotograma de la ITU	43
Tabla 18. Tasa de transferencia para diferentes configuraciones	44
Tabla 19. Tasa de transferencia para cables HDMI, Display Port y SDI.....	44
Tabla 20. Normas y recomendaciones más significativas para UHD	45
Tabla 21. Propuesta de mantenimiento o sustitución de elementos	46
Tabla 22. Parte delantera HDCU-5500	48
Tabla 23. Parte trasera HDCU-5500	48
Tabla 24. Funcionalidades panel auxiliar LV5490.....	51

Tabla 25. Gastos en recursos humanos.....	59
Tabla 26. Gastos en recursos amortizables.....	60
Tabla 27. Gastos en recursos fungibles	60
Tabla 28. Resumen de presupuesto	61

1. Introducción

En el mundo de la Televisión Digital Terrestre, más conocido como TDT, España fue uno de los países pioneros, incluyéndolo en abril de 2010. A finales de los 70 se introdujo para la televisión analógica un estándar denominado PAL. A finales de los 90 se instaló un plan en el que coexistían las nuevas señales digitales con las analógicas que ya existían [1]. Esto fue así hasta el año 2010, cuando se dejó de emitir de forma analógica.

Al principio todo se emitía en formato SD, lo que se define como cualquier valor entre 240p (352 x 240) y 480p (858 x 480) con una relación de 4:3. Después, a finales de los 90, ante una demanda de calidad superior de imagen, se introdujo el HD, definiendo una calidad de 720p (1280 x 720) o 1080p (1920 x 1080), también conocido como Full HD. Este cambio, presentó nuevos retos en la distribución del ancho de banda, ya que así lo requerían los contenidos [2].

Después, en 2012 la ITU aprobó el formato de ultra alta definición o UHD propuesto por NHK de Japón [3]. Este formato se ha ido dividiendo en 3 fases donde se incluyen resoluciones 4K (2160p), 8k (4320p) y 16k (8640p). En la Figura 1 se puede ver las especificaciones de cada una de las tres fases.

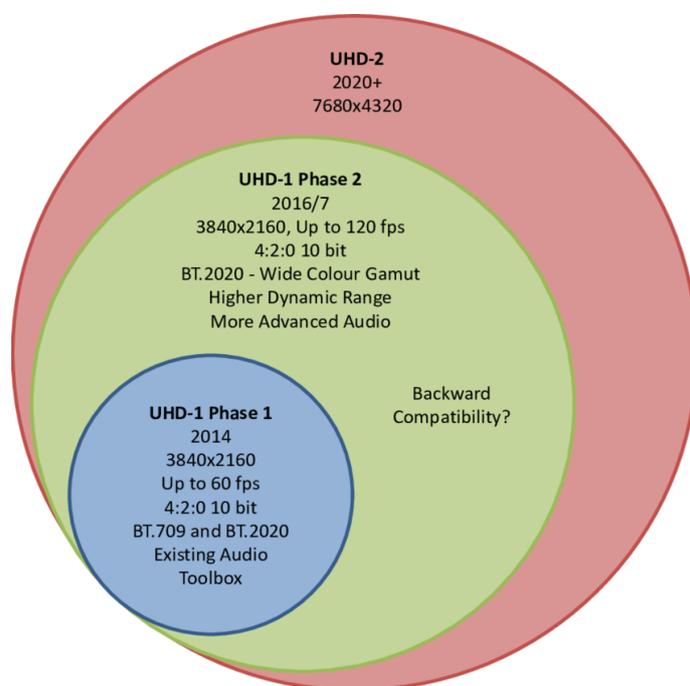


Figura 1. Fases de UHD-4k

En cuanto a los estándares de transmisión de video terrestre, a mediados del año 2010 llegó DVB-T [4], definiendo el estándar que permitiría enviar señales digitales de video SD mediante ondas

terrestres, y posteriormente HD. Para ello se utilizaba codificación MPEG-2. Y de mano de la evolución de la tecnología y con la mirada puesta en la optimización para el aprovechamiento máximo del espectro electromagnético destinado a las comunicaciones, en 2008 se presentó la segunda generación de DVB-T, DVB-T2 [5]. Esta nueva versión tenía como objetivo una retransmisión de mayor calidad, ya que DVB-T no ofrece los recursos necesarios para emitir la misma cantidad de canales en UHD-4k. El estándar DVB-T2 permite más capacidad, y además permitía nuevos compresores como H.265 [10] el cual para una misma imagen aplica algoritmos más eficientes, de forma que requería menos Mbps.

Este último estándar está pensado para calidades HD y superiores, como por ejemplo UHD. Dentro de la definición UHD en la primera fase se define el perfil UHD-4k, al que a partir de ahora se le hará referencia como 4k [6]. UHD hasta la fase 2 presenta una mejora en cinco aspectos:

En primer lugar, el **número de píxeles** utilizados en UHD-4k es mucho mayor que en las calidades anteriores, presentando 4 veces más de píxeles que la resolución HD.

En segundo lugar, el **rango de niveles de luz**, lo cual implica blancos más blancos, y negros más negros, gracias al HDR (High Dynamic Range).

En tercer lugar, el **espacio de color**, lo cual está directamente relacionado con el mencionado HDR, amplía el rango de colores a representar (BT.2020) [8], utilizando 10 o 12 bits por pixel a diferencia de los 8 o 10 bits por pixel que se utilizan en HD.

Después, el UHD incluye una mejora en las **imágenes por segundo** presentadas. Los frames por segundos utilizados se multiplican respecto a HD, pasando de un máximo de 50 a 60 frames por segundo a un máximo de 100 o 120 frames por segundo.

Por último, UHD incluye la capacidad de utilizar la tecnología **NGA** (Next Generation Audio). NGA ofrece más control, más eficiencia y más flexibilidad que en formatos anteriores.

2. Contexto

Este TFM se contextualiza dentro de las prácticas realizadas desde noviembre de 2021 hasta principios de junio de 2022 en la empresa pública Euskal Irrati Telebista, más conocido como EITB por sus siglas.

EITB es el grupo de comunicaciones audiovisuales de Euskadi y contiene 2 sedes principales, una en Bilbao y otra en Donostia. Además de estas dos sedes, hay cinco corresponsalías que se encuentran en Vitoria, Pamplona, Bayona, Madrid y Bruselas. Este TFM está basado en el sistema de la sede de Bilbao, ya que es ahí donde se han realizado las prácticas.

EITB fue la primera televisión autonómica de España, ofreciendo su primera emisión hace 40 años, es decir, en 1982. Hasta el 2020 se han ido añadiendo cadenas de televisión y de radio. EITB contiene cinco cadenas de televisión (ETB1, ETB2, ETB3, ETB4 y EitB Basque), seis emisoras de radio (Euskadi Irratia, Radio Euskadi, Radio Vitoria, Gaztea, EITB Musika y EITB Basque Music), una página web (www.eitb.eus) y 5 aplicaciones móviles (EITB Albisteak, EITB Nahieran, EITB Radio Euskadi, Go!azen EITB, HIRU3, Conquis EITB y Gaztea). En la Figura 1 se muestran las 4 tipo de plataformas en las que se ofrece el contenido.

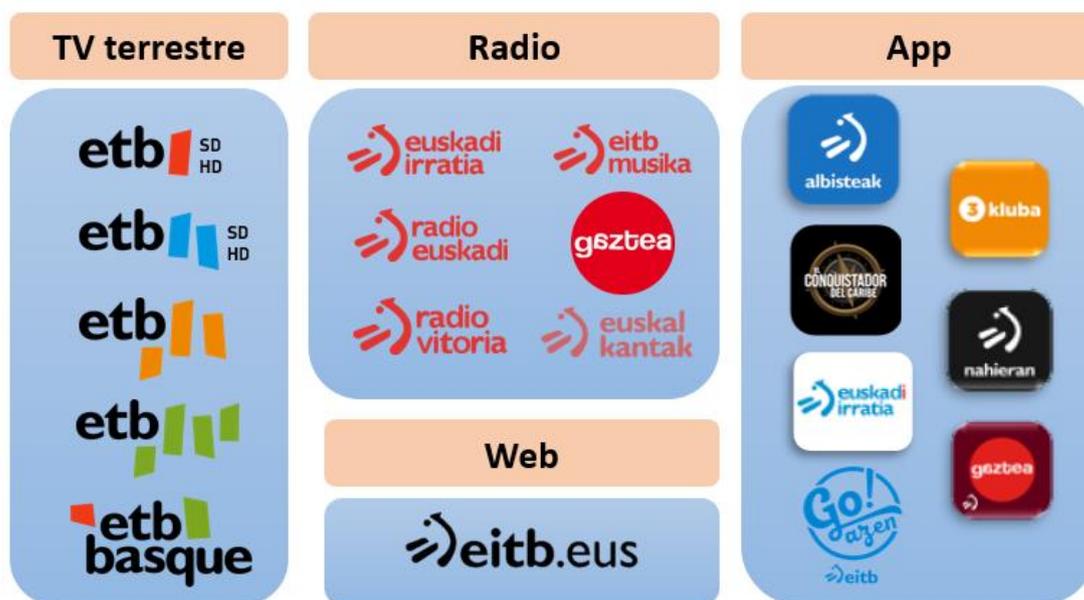


Figura 1. Plataformas de EITB

Actualmente se emite todo el contenido de broadcast mediante DVB-T a través de la empresa subcontratada Itelazpi, encargándose del despliegue terrestre.

Mediante la web, se emiten en directo 3 canales (ETB1, ETB2 y ETB Basque) constantemente, aunque se disponen de otros 3 canales de streaming disponibles para emisiones ocasionales.

Analizando la demanda por parte de los usuarios de contenido de cada vez de calidades superiores, y la tendencia de diferentes plataformas como Netflix o HBO max y servicios de televisión como la BBC de ofrecer contenido en 4k, en este TFM se plantea y estudia la necesidad de adaptarse a la demanda del mercado y anticiparse a futuros escenarios respecto a la explotación de contenidos en UHD, 4k.

A finales de 2021 y principios de 2022 las plataformas OTT como Netflix, HBO, Disney+, etc. son las que gobiernan este mercado. Además de estas plataformas, 4k también está muy presente en servicios mediante IPTV. Tal como apunta esta tendencia, las calidades de UHD siguen una línea de emisión y consumo sobre protocolo IP.

A partir de las prácticas realizadas en EITB, se plantea un trabajo de fin de master que estudie las carencias y necesidades de la empresa, a nivel de infraestructura de ingeniería en generación y producción de contenidos, poder ser competente en el mercado del 4k, en el sentido de tener la capacidad de poder producir y ofrecer contenidos propios en UHD-4k.

EITB tiene diferentes formas de obtener los contenidos que se emiten, es decir, no todos los contenidos utilizados son generados por la propia entidad. En Figura 2 se muestran las diferentes formas en las que se obtienen y se transmiten los contenidos.

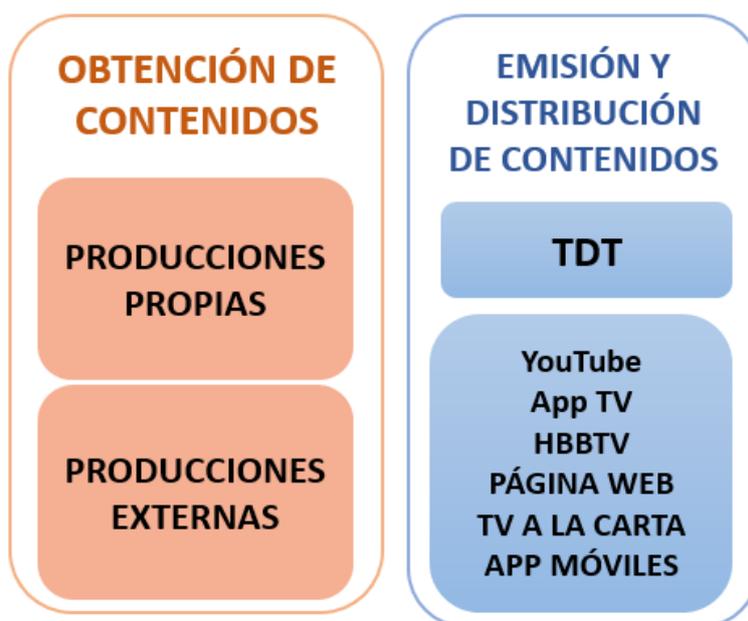


Figura 2. Modo de obtención y emisión de contenidos

Los contenidos pueden ser obtenidos de dos maneras, a partir de producciones propias, generadas por la propia empresa, o a partir de producciones externas. Por otro lado, la emisión se puede hacer

de varios modos, via broadcast o sobre diferentes plataformas IP tales como YouTube, aplicaciones TV y móviles, etc.

Este TFM se centrará en la parte de obtención de contenidos generados internamente, es decir, en producciones propias.

Dichas producciones propias serán las generadas en la sede de Bilbao, y, por lo tanto, es necesario tener una visión general de los distintos departamentos que tomar parte directamente en la producción de los contenidos UHD-4k. La arquitectura actual de emisión de la sede de Bilbao de EITB sigue el esquema presentado en la Figura 3:

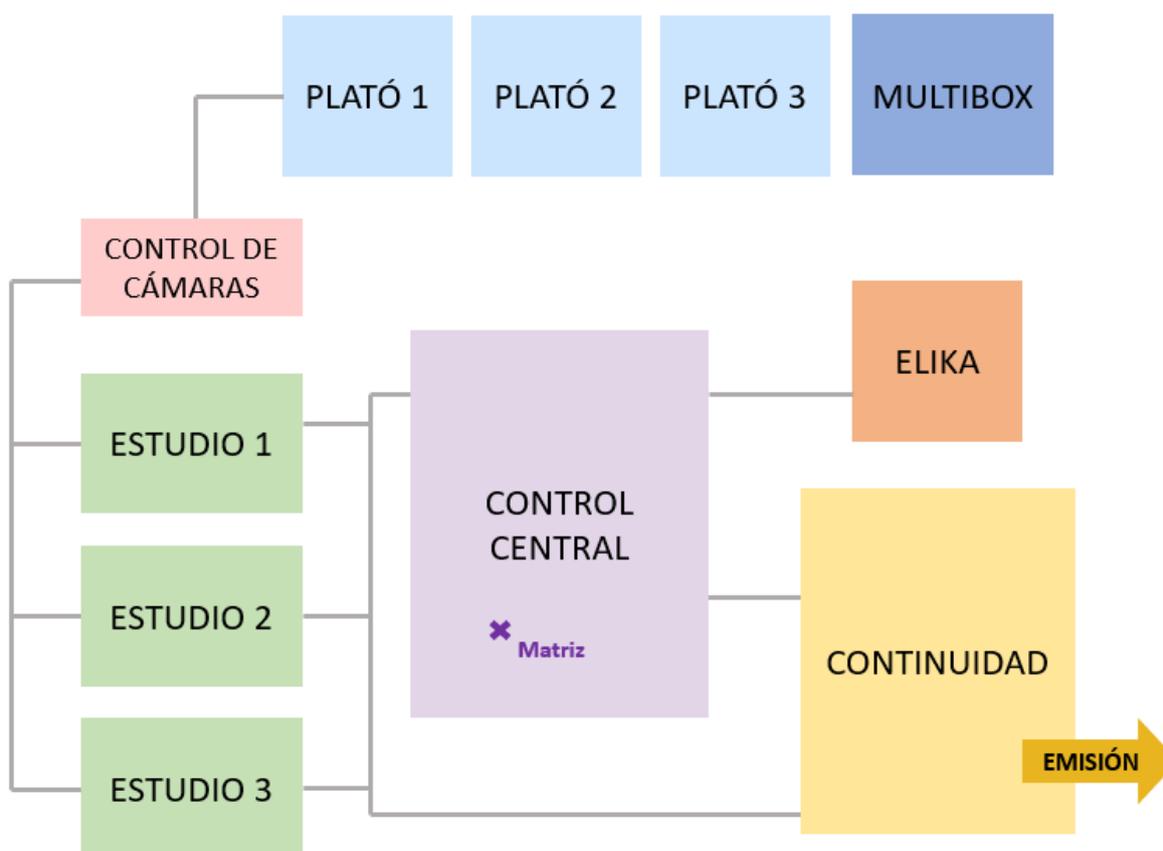


Figura 3. Arquitectura de los de las áreas de explotación de emisión

El flujo del contenido audiovisual dentro de la arquitectura de la Figura 3 es el siguiente:

Las señales generadas en cualquiera de los platós serán monitorizadas y se les aplicará el ajuste de señal preciso en control de cámaras. Esta señal será transmitida a los estudios, donde se realizará la composición de la señal de programa. Una vez esta señal llegue a la matriz situada en control central, podrá ser distribuida a los diferentes departamentos. Elika es el departamento que se encarga de hacer las grabaciones de todo el contenido utilizado en el sector de la televisión, tanto

programas propios como imágenes de agencias externas. A continuidad llegan tanto señales de la matriz central, como de los estudios, dependiendo el tipo de programa o la necesidad del momento. En continuidad se insertarán los últimos elementos así como el logo, las promociones, publicidades, etc. Antes de que se entregue a la empresa encargada de la difusión en radiofrecuencia.

Este proyecto se centrará en el tramo entre plató hasta la matriz que se encuentra en control central.

En resumen, en este TFM se plantea estudiar una posible solución ante la necesidad de adaptación al mundo de producciones UHD-4k.

3. Objetivos

El objetivo principal de este TFM es **realizar un análisis y una propuesta de adaptación de infraestructura en EITB para producciones UHD 4k**, de modo que se pueda producir, tratar y ofrecer contenidos de UHD 4k.

Para ello, en primer lugar, se realizará un **análisis de la situación de partida** de la infraestructura de EITB. Se estudiarán todos los elementos que forman la cadena de producción. Este estudio de la señal empezará en las propias cámaras del plató y se hará el seguimiento mediante los cables hasta llegar a una matriz la cual se encarga de la distribución tanto dentro de la sede de Bilbao como fuera de ella. Esto servirá para conocer el equipamiento con el que se está trabajando.

En segundo lugar, se hará un **estudio de las características mínimas a cumplir** por los elementos que forman la cadena de transmisión, basado en las recomendaciones de instituciones como la ITU o EBU. Para ello, se analizarán uno por uno cada uno de los elementos que toman parte en esta distribución para la producción del contenido, de manera que se puede hacer una evaluación previa de la compatibilidad con UHD.

Por último, se realizará un **diseño de propuesta de modificación** a partir del análisis inicial y los parámetros fijados. Se analizará la compatibilidad con el UHD-4k tanto del sistema de captación como el de transmisión y monitorización, y en caso necesario, se propondrán los cambios pertinentes. Para ello, se analizará el estado del mercado actual y la utilidad a futuro, poniendo la vista en la mayor vida útil que pueda tener en la empresa.

4. Beneficios

Dado que el mercado en el mundo de las telecomunicaciones está en constante evolución y que, además, la demanda por parte de los usuarios en cuanto a la calidad de imagen es cada vez mayor, este proyecto va a ayudar a anteponerse a una situación para la cual actualmente EITB no está preparada: ofrecer contenidos propios en UHD-4k.

Los beneficios que aporta este TFM son tres:

Beneficios técnicos:

Gracias a este TFM se consigue un diseño de modificación de arquitectura con el que poder producir contenidos en UHD-4k. Además, se obtiene una documentación con todas las especificaciones técnicas de cada uno de los elementos que forma el sistema de producción de la sede de Bilbao.

Beneficios sociales:

Por otro lado, en cuanto a los beneficios sociales, a través de este TFM se consigue ofrecer una mejor QoS por parte de EITB, ofreciendo mayor calidad audiovisual. Este TFM aporta un aumento de calidad de los contenidos ofrecidos, en el sentido de que se pasa de calidades HD a UHD-4k.

Beneficios económicos:

Por último, entre los beneficios económicos, este proyecto beneficia económicamente a la empresa EITB, ya que se propone un análisis de equipamiento e infraestructura que ofrece una solución de coste eficiente y sostenible de transición a 4K.

5. Descripción de la solución propuesta

En este apartado se describe la solución propuesta a la falta de capacidad de la sede de Bilbao de poder generar contenidos propios con calidad UHD-4k. Para ello, en primer lugar, se realizará un análisis de la situación de partida. Después se hará un estudio de las características mínimas a cumplir por los elementos del sistema, y, por último, se diseñará una propuesta de modificación del sistema que se ha analizado.

5.1 Análisis del sistema de partida

Para analizar el sistema actual sobre el que se va a trabajar, se debe estudiar los elementos que toman parte desde que se genera la señal en una cámara de estudio hasta el punto de distribución de señales, que en este caso se trata de la matriz central.

Para estudiar el recorrido que sigue el video captado por una cámara en un plató, hasta que llega a matriz central, es necesario conocer detalladamente todos los elementos por donde fluye la señal.

En la sede de Bilbao se cuentan con tres platós principales y uno extra para eventos especiales al que se le llama Multibox, tal y como se muestra en la Figura 3. Este trabajo se centrará en los 3 principales. Cada uno de estos platós cuenta con cuatro cámaras. Hay un único departamento llamado control de cámaras, desde donde se ajustan los parámetros de las señales procedentes de cualquiera de los platos. Este departamento, también es el responsable de la iluminación de dentro de los platós.

En la siguiente Figura 4 se muestra la arquitectura actual de las señales generadas en cualquier plató, hasta la matriz de control central. A partir de la matriz central el contenido será distribuido a diferentes áreas, como por ejemplo Continuidad, encargados de la emisión de todos los canales.

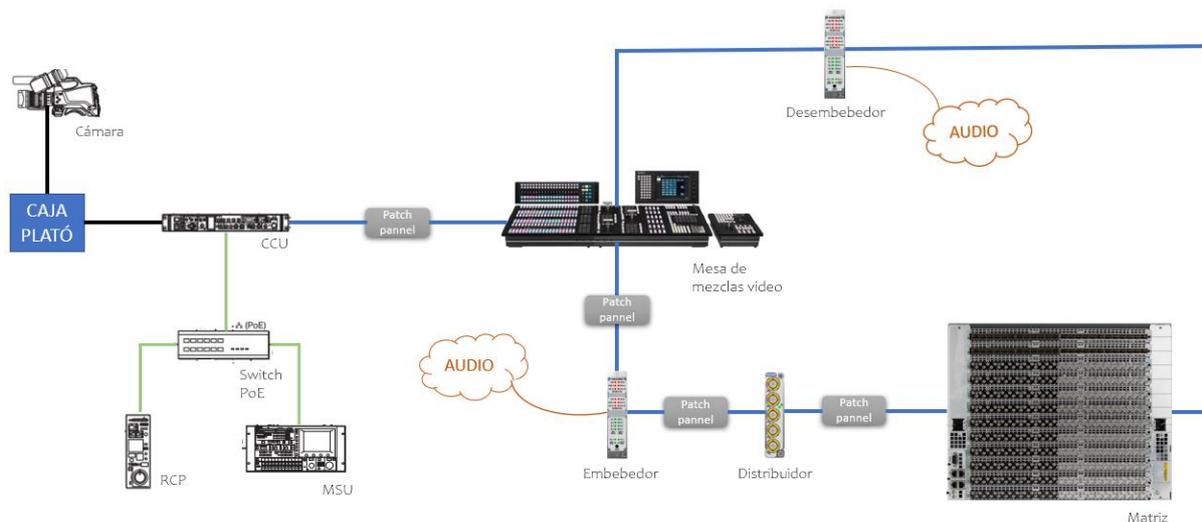


Figura 4. Arquitectura de emisión de señales de plató

La señal de la cámara se conecta a una caja que contiene diferentes tipos de patch llamada en la Figura X caja de plató y que se encuentra dentro del plató, para después mediante el mismo cable híbrido se conectará a la CCU (Camera Control Unit), encargada del procesamiento de cada una de las cámaras. Las CCUs de cada cámara se conectará a un switch que a su vez, irá conectado tanto al dispositivo desde el que se modifican parámetros de la cámara, RCP (Remot Control Panel), como al dispositivo dedicado a controlar todas las cámaras y RCPs, la MSU (Master Setup Unit). A partir de la CCU, se enviará la imagen a un patch mediante cable coaxial y desde el mismo, se introducirá en la mesa de mezclas. La mesa de mezclas de vídeo puede recibir señales de diferentes fuentes, como por ejemplo desde matriz. Las señales de salida, a las que se les pueden denominar señales de programa, pasarán por un embebedor donde se le añadirá el audio correspondiente, y a continuación se incluirán en un distribuidor, que como su propio nombre indica, se distribuirá la señal a diferentes destinos. Por último, la señal será transmitida a la matriz de control central. Esta matriz es la responsable de transmitir la señal de programa al área de continuidad, donde se añadirán los complementos necesarios como por ejemplo el logo, y por último se insertará en la cabecera TDT que saldrá a emisión.

Para hacer el seguimiento de la señal desde el origen, y pasando por los distintos departamentos, se han utilizado tres elementos:

- **Etiquetado** de los elementos tal y como se muestra en la Figura 5 cada etiqueta es única, es decir, que identifica únicamente a un solo elemento.



Figura 5. Etiqueta de referencia

- **Aplicación** desarrollada en la propia empresa. El identificador marcado en la etiqueta se introduce en la aplicación y ofrece la marca, el modelo y el número de serie del elemento.

En la Figura 6 se muestra el resultado de la búsqueda de la etiqueta de la Figura 5.

MÁQUINA 19C23a				DATOS
CAMARA HD DE ESTUDIO				Estado ACTIV.
SONY / HXC-FB80HL/U / 111444				Unidad ETB-BIO
				Está en CELEO
				Fecha datos 13/12/20
				Responsable ANGEL
IDENT.	Descripción	Marca / Modelo / N° serie	Estado	
19C23a	CAMARA HD DE ESTUDIO	SONY / HXC-FB80HL/U / 111444	ACTIVA	ETB-BIO

Figura 6. Resultados de búsqueda de etiqueta

Tal com ose ha mencionado anteriormente, en este ejemplo la marca es “Sony”, el modelo “HXC-FB80HL/U” y el numero de serie “111444”. Adicionalmente, tambien incluye el nombre del elemento, “Cámara HD de estudio” en este caso.

- **Planos.** Dado que todo el cableado que interconecta los dispositivos del sistema estan identificados mediante etiquetas numeradas (no confundir con las etiquetas de los dispositivos del sistema), es posible hacer un seguimiento de la señal identificando esos cables en los planos realizados en la propia empresa.

Gracias a estos elementos, es posible diferenciar e identificar los elementos del sistema que se van a estudiar a continuación, en tres bloques: captación, monitorización y conexionado.

5.1.1 Captación

En este apartado, se va a realizar un análisis individual los elementos que componen el sistema de captación de la situación inicial.

En un esquema real, mostrado en la Figura 7, hay 4 cámaras conectadas a una única caja de plató. Cada una de esas cámaras tiene asociada una CCU, y todas ellas se conectan a un único switch PoE común. Cada par de cámara y CCU, está controlado por una RCP única. Por último, todas las RCP, CCU y cámaras son controladas por un único MSU. Este esquema es válido para cualquier plató.

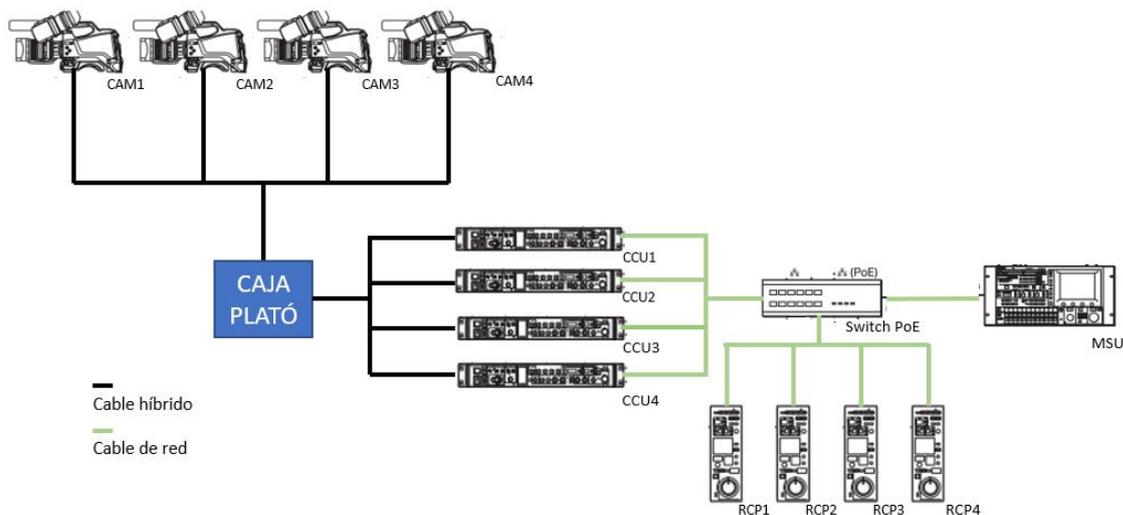


Figura 7. Arquitectura real de sistema de captación

En la Figura 8, se muestra la arquitectura simplificada del sistema de captación que se va a seguir para el análisis. La cámara de video, la caja del plató y la CCU se conectan mediante cable híbrido de fibra y cobre, marcado con líneas negras. En cambio, la conexión entre la CCU con el switch PoE y el switch PoE con el RCP es mediante cable de red, representado mediante líneas verdes. Todos los elementos mencionados se describen en los siguientes apartados.

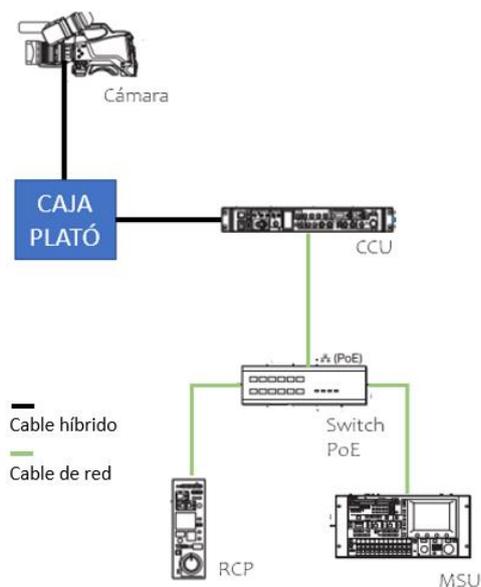


Figura 8. Arquitectura simplificada de sistema de captación

En la Tabla 1. Elementos del sistema de captación se muestra la marca y modelo de cada elemento que forma el sistema de captación. Esto será suficiente para identificar y posteriormente analizar cada elemento.

	Marca	Modelo
Cámara	Sony	HD HXC-FB80
CCU	Sony	HXCU-FB80
Switch PoE	Cisco	SG-350X-24P
RCP	Sony	RCP-1500
MSU	Sony	MSU-1500

Tabla 1. Elementos del sistema de captación

5.1.1.1 Cámara

La cámara Sony HXC-FB80 es una cámara profesional de estudio. En cada plató hay 4 cámaras, siendo todas éstas de la misma marca y modelo.

Los formatos de grabación admitidos por esta cámara son los siguientes:

Barrido Nº líneas	Entrelazado (i)	Progresivo (p)	Progressive Segmented Frames (PsF)
1080	59,94; 50	59,94; 50	29,97; 25; 23,98
720		59,94; 50	

Tabla 2. Formatos de grabación de la cámara HXC-FB80

Actualmente se está utilizando un formato de captación 1080/50i.

En la Tabla 3 se muestran las principales funcionalidades y conectores que tiene la cámara. Para ello se muestra en la Figura 9 la parte trasera de la misma.

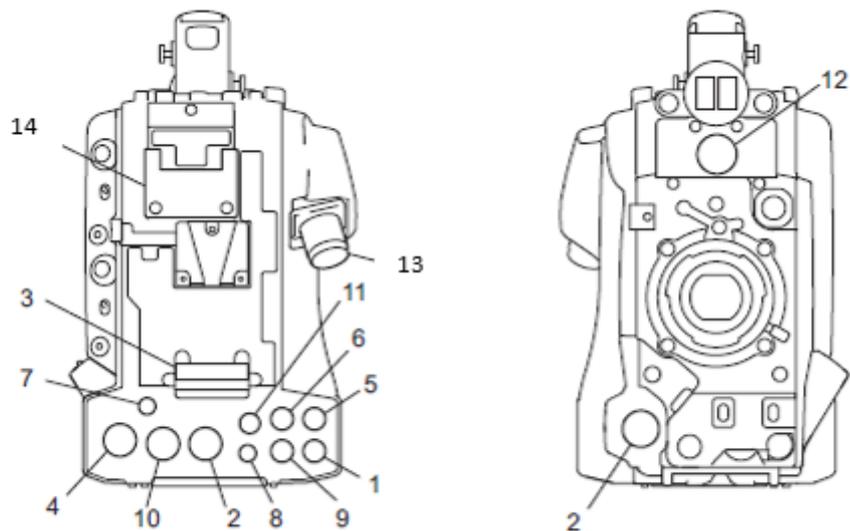


Figura 9. Cámara HXC-FB80

Funcionalidades y conectores de la cámara HXC-FB80	
1. Conector SDI I/O	8. Conector DC out
2. Conector salida auriculares	9. Conector PROMPTER/GENLOCK (salida de señal de prompter/entrada señal sincronización)
3. Batería	10. Conector intercom
4. Conector de alimentación	11. Control remoto
5. Conector salida SDI	12. Conector VF
6. Conector TEST OUT	13. Conector de CCU
7. Conector minijack para auriculares	14. Adaptador de cámara

Tabla 3. Funcionalidades y conectores de la cámara HXC-FB80

5.1.1.2 CCU

La CCU es un dispositivo que además de dar alimentación a la propia cámara, permite controlar diferentes funciones técnicas remotamente. La CCU, realiza el procesamiento de todas las señales captadas por la cámara, y ofrece un interfaz para los demás equipos, como por ejemplo la MSU y el RCP.

A continuación, en la Figura 10 se muestra la parte delantera y la trasera de la CCU HXCU-FB80 de Sony.



Figura 10. Parte delantera y trasera de la CCU HXCU-FB80

Los elementos y conectores más significativos de la parte delantera y trasera son se muestran en la Tabla 6 y Tabla 7.

Parte delantera
1. Interruptor de on/off
2. Indicadores de estado
3. Controles y conector de intercom
4. Controles de menú
5. Botón de activación de panel
6. Botones de asignación de señal
7. Controles de shutter

Tabla 4. Funcionalidades de la CCU HXCU-FB80 I

Parte trasera
1. Ranura para tarjeta de memoria
2. Toma LAN
3. Conector de prompter HD
4. Conectores SDI out
5. Conectores señales de retorno
6. Conectores de audio out
7. Conector de cámara

Tabla 5. Funcionalidades de la CCU HXCU-FB80 II

Parte delantera
8. Controles de ganancia
9. Botón de CALL
10. Control asignable
11. Control de ajuste de balance de blancos
12. Palanca de ajuste automático de balance de blancos/negros
13. Control de ajuste de balance de negros
14. Controles de iris y negro principal

Tabla 6 (continuación). Funcionalidades de la CCU HXCU-FB80 I

Parte trasera
8. Conector de alimentación
9. Entrada de señal de referencia
10. Conector de prompter
11. Conector de control remoto
12. Conectores VBS
13. Conector salida de monitor
14. Conector de sincronización out
15. Conector intercom/tally/pgm
16. Conector TRUNK

Tabla 7 (continuación). Funcionalidades de la CCU HXCU-FB80 II

5.1.1.3 Switch PoE

El Switch PoE es un switch normal que además de gestionar la red entre la CCU y los equipos RCP y MSU, también tiene la capacidad de alimentar con 60W. En este caso, únicamente se alimentan por los RCP, puesto que la MSU y la CCU necesitan una alimentación mayor de la que el switch ofrece, aunque también por razones de seguridad. En la Figura 11 se muestra el switch, el cual tiene una capacidad de enrutamiento de 128Gbps.



Figura 11. Switch PoE

En la Tabla 8 se muestra la funcionalidad de cada puerto del switch.

Funcionalidades switch PoE
1. 4 puertos RJ-45 con PoE
2. 20 puertos RJ-45
3. 2 puertos de enlace ascendente
4. 2 puertos de fibra SFP+
5. 2 puertos RJ-45 para gestión

Tabla 8. Funcionalidades switch PoE

5.1.1.4 RCP

La RCP también conocida como OCP (Operational Control Panel), es un dispositivo que permite configurar parámetros de calidad de imagen como la velocidad de obturación, el diafragma, nivel de negros o balance de blancos. Cada cámara tiene asignada una RCP, aunque se podría configurar cualquier RCP a cualquier cámara SONY del mismo modelo. En las Figuras 12 y 13 se muestran la parte delantera y trasera de la RCP de Sony. A continuación de las figuras se muestran en las tablas 9 y 10 las especificaciones de cada figura respectivamente.



Figura 12. Parte delantera del RCP

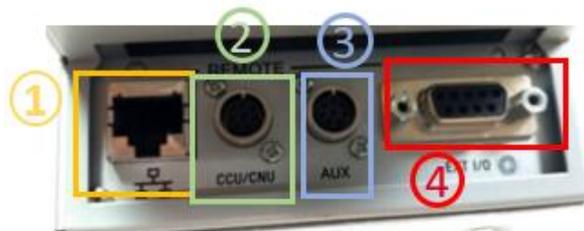


Figura 13. Parte trasera del RCP

Parte delantera
1. Bloque de control de panel/cámara
2. Bloque de operación de menú
3. Bloque de control de funcionalidades
4. Bloque de controles de balance de blanco y negro
5. Bloque de ajustes
6. Bloque de control y estado

Tabla 10. Funcionalidades parte trasera del RCP

Parte trasera
1. Conector ethernet
2. Conector para CCU
3. Conector auxiliar
4. Conector I/O VGA

Tabla 9. Funcionalidades de la parte delantera del RCP

5.1.1.5 MSU

La MSU, sirve para controlar los ajustes generales de la cámara y los parámetros de la señal al igual que lo hace el RCP. En este escenario, hay una única MSU enfocado a el control y configuración general de los 3 grupos de 4 cámaras de RCP.



Figura 14. Parte delantera de la MSU

Parte delantera
1. Bloque de control de cámara/panel
2. Bloque de control de funcionalidades
3. Bloque de operación de menú
4. Bloque de selección de cámara
5. Bloque de ajustes

Tabla 11. Funcionalidades parte

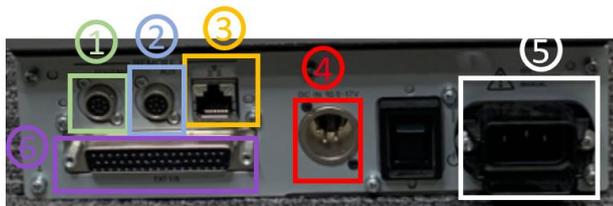


Figura 15. Parte trasera de la MSU

Parte trasera	
1.	Conector para CCU
2.	Conector auxiliar
3.	Conector ethernet
4.	Conector de alimentación
5.	Conector de alimentación
6.	Conector EXT I/O

Tabla 12. Funcionalidades parte trasera de la MSU

5.1.2 Monitorización

En este apartado se analizará el sistema actual de monitorización. Se considera sistema de monitorización los elementos que toman parte de forma pasiva en el sistema completo de la producción. Es decir, estos elementos no servirán para modificar ni aportar ningún parámetro a la señal, simplemente se consideran los elementos que permiten visualizar o monitorear la señal.

En la Tabla 13 se listan los elementos que son considerados de monitorización.

	Marca	Modelo
Pantallas	Craltech	CM420SL-3G
Panel auxiliar de control calidad	Imagine Communications	Videotek® CMVS-DVI & CMVS-SD

Tabla 13. Elementos de monitorización

5.1.2.1 Pantallas

Las pantallas que se han tenido en cuenta como monitorado de imagen, son las dos pantallas principales que se utilizan en los estudios. Una pantalla se utilizará para visualizar la señal de previo, y la otra pantalla se utilizará para monitorar la señal en directo. La señal de previo, se refiere a la señal de referencia preparada para entrar en directo, y la de directo, tal como dice su nombre, es la señal que está en el aire.



Figura 16. Pantallas de previo y programa

El monitor de previo que se utiliza no es una pantalla común. Esta pantalla es la craltech CM420SL-3G y tiene la capacidad de mostrar aspectos de control de calidad de señal, tales como el nivel de 16 canales de audio, monitor de onda y vectorcopio, indicador de tally e información de formato superpuesta a la imagen.

En la Figura 17 se muestran las entradas y salidas del monitor.

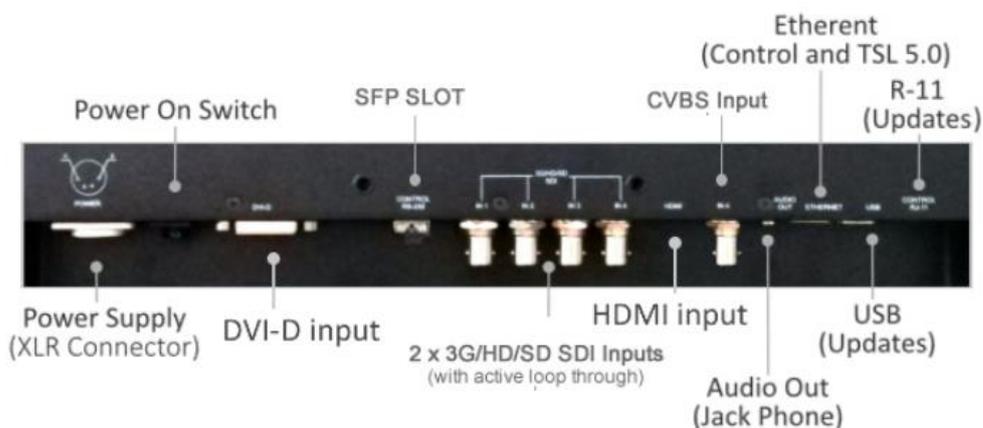


Figura 17. Entradas y salidas del monitor Craltech CM420SL-3G

Tal como se muestra, este monitor contiene entradas SDI, DVI, HDMI 2.0, SPF y CVBS. En cuanto a resolución espacial, este monitor acepta hasta resoluciones HD 720p, 1080p o 1080i, aunque

también admite señales SD 480i y 576i. Además, este monitor también admite pre visualización de HDR.

La pantalla de directo es una ampliación de la del previo, es decir, son de la misma marca, y una está preparada para trabajar con la otra. De esta pantalla de previo, mediante cable HDMI, se envía la señal al monitor de directo. Ambas pantallas tienen la capacidad de monitorar varias señales a la vez.

En el departamento de control de cámaras también se utiliza el monitor de craltech utilizado en el estudio como monitor de previo.

El departamento de continuidad es el último departamento en el que se visualiza la imagen antes de salir a emisión tal como se muestra en la Figura 3. Es por ello que se han incluido los monitores que se utilizan para dicha monitorización.

Este monitor de Samsung contiene entrada HDMI 2.0 y DVI, y en cuanto a resolución espacial, admite hasta un máximo de 3840 x 2160 mediante conector HDMI y Display Port y 1920 x 1080 con conexión DVI. Este monitor muestra las imágenes a 60 Hz como máximo, esto quiere decir que será capaz de mostrar 60 imágenes por segundo como máximo. Teniendo en cuenta el espacio de color, esta pantalla es capaz de trabajar con 16,7M de colores, esto se traduce en una profundidad de 8 bits.

5.1.2.2 Panel auxiliar de control de calidad

El panel auxiliar de control de calidad mostrado en la Figura 18, está situado en el control de cámaras. Este panel es un medidor de señal que mide diferentes parámetros de una señal de entrada. Entre otras prestaciones, las que más utilizan el personal de operación de cámaras, son el forma de onda, el vectorscopio, el medidor de fase y el audímetro. Este panel admite señales SD/HD SDI de hasta 3Gbps.



Figura 18. Parte delantera panel auxiliar de control de calidad

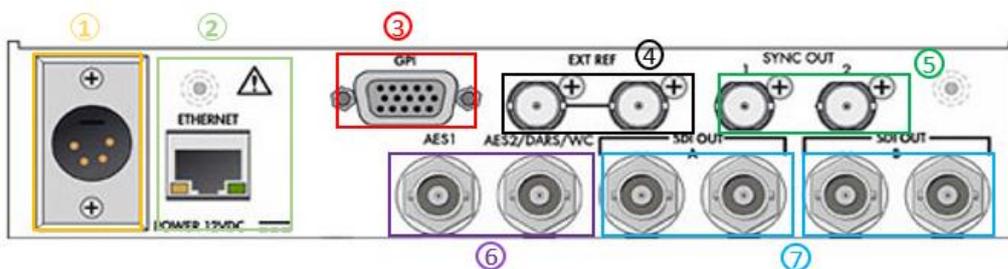


Figura 19. Parte trasera del panel auxiliar de control de calidad

Parte delantera	Parte trasera
1. Botón encendido, y ranura USB	1. Conector de alimentación
2. Conector Jack, y control de volumen	2. Conector ethernet
3. Selector de entrada	3. Conector GPI
4. Selector de captura	4. Entrada de referencia
5. Presets	5. Salida de sincronización
6. Selectores de barrido y ganancia	6. Salidas AES
	7. Salidas SDI

Tabla 14. Funcionalidades del panel auxiliar de control de calidad

Este monitor se utiliza para monitorear y poder visualizar la señal que se tiene seleccionada en el panel auxiliar de Imagine. En la Figura 20 se muestran las 4 ventanas que se monitorizan.



Figura 20. Monitor de control de calidad

En la Tabla 15 se indica lo que se analiza en cada una de las 4 pantallas del panel auxiliar de control de calidad.

Especificaciones de ventanas del monitor de calidad	
1. Audímetro con 8 canales	2. Imagen que se está analizando
4. Vectorscopio	3. Forma de onda/ganancia

Tabla 15. Ventanas del monitor de calidad

5.1.3 Conexionado

En este apartado, se analizará el sistema conexionado actual. Se considera conexionado todos los elementos transportan la señal de un departamento a otro, o dentro de los elementos del propio departamento.

En la Tabla 16 se listan los elementos considerados el conexionado utilizado para transportar la señal desde los platós hasta control central, pasando por las áreas pertinentes.

	Marca	Modelo
Cableado	Percon	VK Silver 50+ VK Silver 60+
Mesa de video	Sony	XVS-7000
Patch pannel	Canare	32MD-ST
Matriz	Imagine Communications	Platinum VX 8RU
Embebedor	Albalá Ingenieros	HAE3000C01
Desembebedor	Albalá Ingenieros	HAD3000C01
Distribuidor	Albalá Ingenieros	UR2000R02

Tabla 16. Elementos de conexionado

5.1.3.1 Cableado coaxial

Con cableado se refiere a cable coaxial de video con el que se interconectan todos los demás dispositivos, marcados en la Figura 21 con color azul. El cable que se utiliza para las producciones actuales SD y HD es el cable VK 50 Silver+ y VK 60 Silver+ de Percon. Este cable soporta transmisiones 3G-SDI para formatos SD, HD siguiendo las recomendaciones de SMTE.



Figura 21. Cable coaxial

La mayor distancia que tiene que recorrer un cable entre dos departamentos es entre el estudio 3 y control central. Esta distancia no supera los 50 m.

5.1.3.2 Mesa de video

La mesa de mezclas de video es el elemento utilizado por el ayudante de realización, para mezclar las señales creando el plano indicado por el realizador. Tal como se muestra en la Figura 22, todas las señales que entran a la mesa provienen del desembebedor, donde se separa el video del audio. Una vez se hace la mezcla, la señal entra en un embebedor, donde se vuelve a mezclar con el audio.

La mesa XVS-7000, actualmente (julio de 2022), se utiliza con la configuración con la que se dispone de 6 M/E (Mezcla/Efecto), 112 entradas y 48 salidas asignables para HD.



Figura 22. Mesa de mezclas de video

5.1.3.3 Patch

Los patches utilizados son 32MD-ST de Canale para cables 3G SDI, y se utilizan tanto para redirigir una señal como para tener un punto de testeo en caso de fallo del sistema. Estos patches están formados por conectores BNC. Se podrían considerar puntos de empalme BNC.



Figura 23. Patch 32MD-ST

5.1.3.4 Matriz

La matriz de Imgine Communications que se utiliza es de los puntos más importantes de la arquitectura. Esta matriz se utiliza para conmutar casi todas las señales tanto de dentro de la sede como las que llegan desde fuera.

La matriz platinum VX mostrada en la Figura 24 dispone de 12 slots de 24 entradas y 24 salidas cada uno, es decir, es una matriz 288x288. La matriz de Imagine permite señales SD, HD, 3Gb/s y ASI con audio embebido. Esta matriz permite realizar extracciones para cambios de slot en caliente. Esto quiere decir, que no hace falta quitarle la alimentación a la matriz para poder extraer un slot, sino que se puede hacer mientras que esta está en funcionamiento, de modo que se puede asegurar un funcionamiento ininterrumpido.

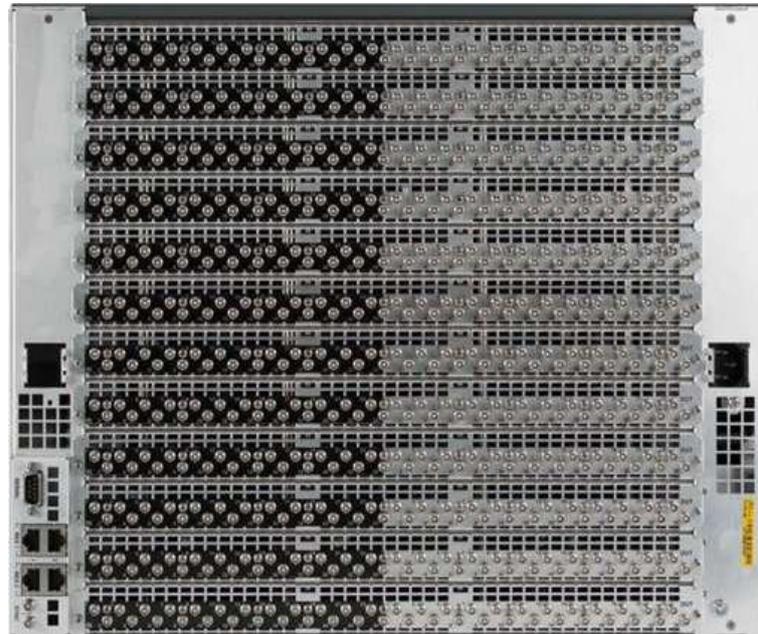


Figura 24. Matriz de control central

5.1.3.5 Embebedor

El embebedor de Albalá es un entramador de señales de audio analógico en una señal de video digital 3G/HD/SD SDI. El dispositivo tiene dos módulos simétricos, y en cada uno de ellos se pueden embeber hasta cuatro canales de audio en una señal de video. Cada una de las dos secciones, tiene una entrada de video, una salida de video distribuida a 2 conectores BNC, y dos entradas de 2 pares de señales de audio monofónico. Este embebedor siempre trabaja a una frecuencia de muestreo de 48 kHz. Además, este dispositivo también permite ajustar tanto el nivel como el retardo dichas señales de audio.

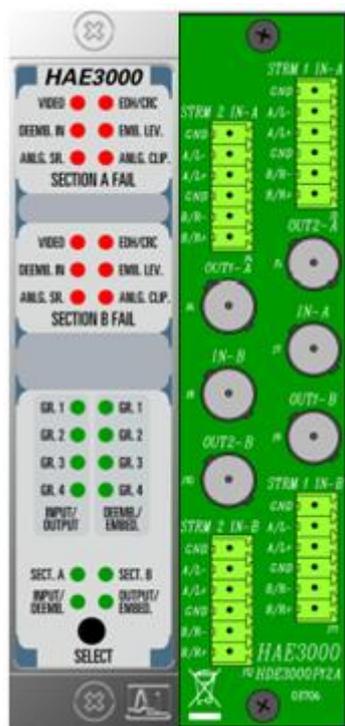


Figura 25. Embebedor de audio

5.1.3.6 Desembebedor

El desembecedor HAE3000 tiene una configuración muy similar al embebedor anterior. Este desembecedor consta de 2 secciones análogas. Cada una de esas secciones tiene 1 entrada de video, y 1 salida de video distribuida en dos conectores. Dispone de dos salidas de dos pares de canales monofásicos cada una. Tal como lo hace el embebedor de este sistema, este desembecedor también trabaja a 48 kHz de muestreo.

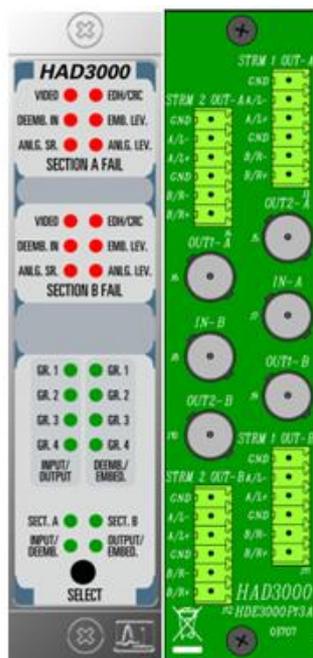


Figura 26. Desembebedor de audio

5.1.3.7 Distribuidor

El distribuidor utilizado en el sistema es un distribuidor de 1 a 4, es decir, de una señal SDI introducida, esta esta disponible en 4 conectores BNC. Este distribuidor trabaja con señales digitales 3G/HD/SD-SDI.



Figura 27. Distribuidor de señal

5.2 Estudio de características mínimas a cumplir

En este apartado se estudiarán las características mínimas que debe cumplir cualquier elemento que forme la cadena de producción para una señal UHD-4k. Para ello, se analizarán las características que se deben cumplir.

Para trabajar con UHD-4k, según las recomendaciones de la ITU [8], EBU [18] e ISO [8] se deben de cumplir una serie características. Además de las normas y recomendaciones de dichos organismos y entidades, los cuatro aspectos relevantes para trabajar con UHD-4k son:

1. Resolución espacial
2. Profundidad de bit
3. Espacio de color
4. Resolución temporal

Para la implementación de estas recomendaciones, los entes implicados como los proveedores de contenidos, los fabricantes de equipos, etc. Tienen que ponerse de acuerdo de modo que se pueda asegurar la interoperabilidad. En Europa, es DVB (ETSI TS 101 154 V2.5.1) [1] es el referente, en Estados Unidos ATSC (ATSC A/53 Parte 1:2013) [2], y en Japón ISDB (ARIB STD-B31 Versión 1.6) [25].

En la Figura 28 se muestra una instantánea del estado del despliegue de TDT en todo el mundo.

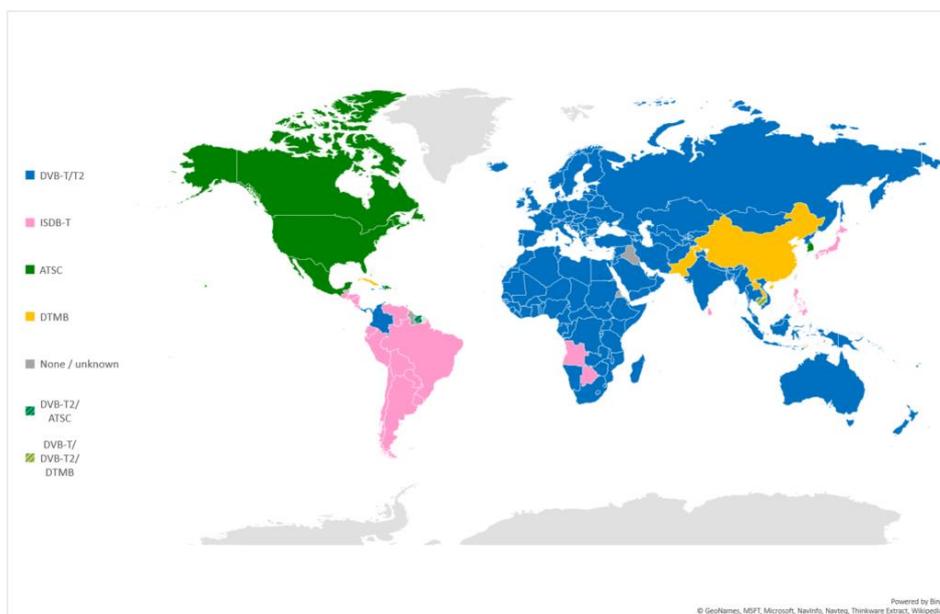


Figura 28. Mapa de distribución de organizaciones de TDT

En los apartados siguientes se van a analizar por separado los cuatro aspectos más relevantes que caracterizan el UHD-4k. En la Figura 29 se muestra un esquema temporal de lo que se va a analizar en los apartados de a continuación.

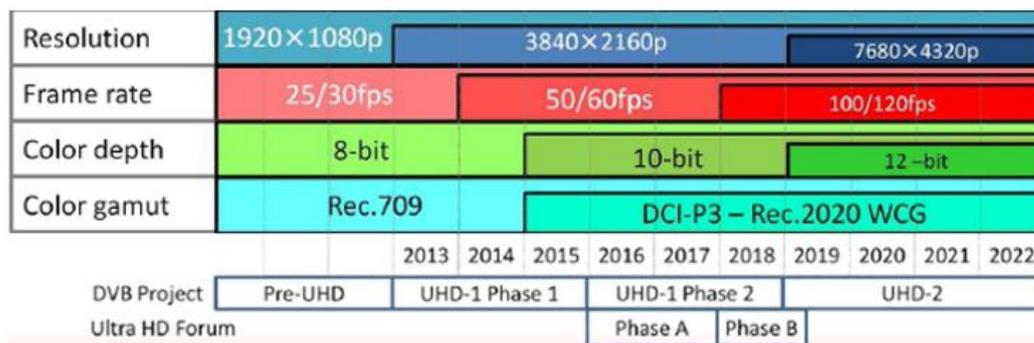


Figura 29. Esquema temporal de características UHD

5.2.1 Resolución espacial

La resolución espacial indica las dimensiones de la imagen en píxeles. El término 4k hace referencia al número de columnas de la matriz de píxeles que componen la imagen. La resolución 4k propone una resolución espacial 2 veces superior que el Full HD, tal como se muestra en la Figura 30. Por su lado, Full HD ofrece 1920 x 1080 píxeles, y Quad HD o “4k” 3840 x 2160 píxeles, es decir, aproximadamente 8.3 megapíxeles. Existe otra una versión ampliada de 4096 x 2160 píxeles para UHD-4k enfocada al mundo cinematográfico.

En la Figura 30 se muestra una representación a escala de las diferentes resoluciones indicando entre paréntesis el número de columnas por el número de filas de la matriz de píxeles que forman la imagen.

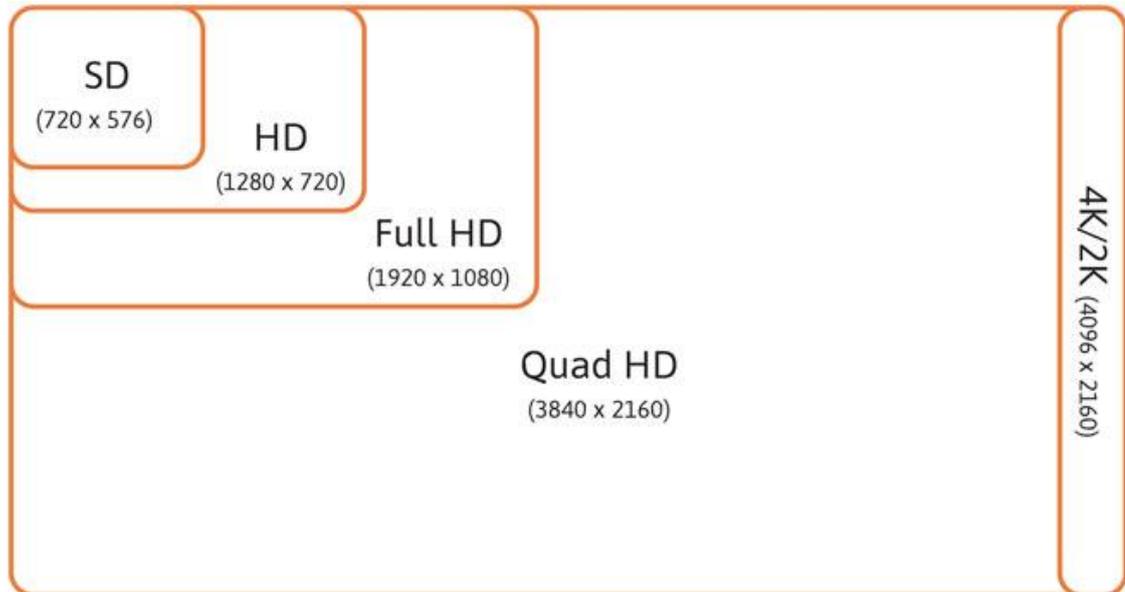


Figura 30. Representación de los tamaños de las resoluciones espaciales

La relación de aspecto expresa la proporción entre el ancho y el alto de la imagen. En la calidad SD (720x 576), la relación de aspecto utilizada era 4:3. Esto quiere decir que la imagen tiene 4 unidades de alto por 3 de ancho. En televisión, a partir de la resolución SD, la relación de aspecto utilizada es 16:9. En la Figura X se puede comprobar que tanto HD como Full HD y UHD-4k siguen la relación de aspecto 16:9. Siendo $16/9 = 1.77$, en HD $1280/720 = 1.77$, en Full HD $1920/1080 = 1.77$ y en UHD-4k $3840/2160 = 1.77$.

Estas resoluciones se pueden expresar mediante el número de líneas de escaneo que utiliza la fuente para reproducir el video y a continuación “p” de progresivo o “i” de entrelazado haciendo referencia al tipo de barrido de pantalla que se hace para mostrar cada uno de los frames. Por ejemplo, 1080i hace referencia a la resolución 1920 x 1080 con barrido entrelazado.

El barrido entrelazado consiste en dividir un fotograma en dos fotogramas diferentes: uno compuesto por las líneas pares, y el otro por las impares. De esta manera, primero se muestran las líneas en posiciones pares, y a continuación las líneas en posiciones impares.

El barrido progresivo, sin embargo, muestra toda la imagen a la vez. Esto conlleva una imagen más clara y reduce el parpadeo, también conocido como *flickering* que puede mostrar el barrido entrelazado, y por lo tanto más ancho de banda.

En la Figura 31 se muestra la forma en la que se reproduce un fotograma en barrido entrelazado.



Figura 31. Generación de fotograma en barrido entrelazado

Existe otro tipo de barrido llamado *progressive segmented frames* (PsF). Este tipo de barrido divide el frame en dos segmentos, con las líneas pares en un segmento y las impares en otro, tal como se hace en el barrido entrelazado. Técnicamente, los segmentos son equivalentes a los campos del barrido entrelazado, pero en este caso, no hay movimiento entre los dos campos, es decir, representan el mismo instante. Es un diseño pensado para adquirir, almacenar, modificar y distribuir señales captadas en modo barrido progresivo, utilizando equipos con funcionalidad de entrelazado.

Para 4k-UHD según la recomendación ITU-R BT.2020 [36], se debe trabajar en modo barrido progresivo. En la Tabla 17 se muestra dicha recomendación.

Parámetro	Valores	
Formato de imagen	16:9	
Recuento de píxeles Horizontal × vertical	7 680 × 4 320	3 840 × 2 160
Muestreo reticular	Ortogonal	
Formato de imagen de píxel	1:1 (píxeles cuadrados)	
Orden de píxeles	Los píxeles se ordenan de izquierda a derecha en cada fila y las filas se ordenan de arriba a abajo	

Tabla 17. Recomendación de características espaciales, ITU BT.2020

5.2.2 Profundidad de bit

La profundidad de bit es un indicador fundamental de la calidad de imagen que indica cuantos bits componen cada uno de los píxeles de la imagen. Cada píxel de estos en el formato HD y Full HD trabajan sobre la tecnología SDR (Standar Dynamic Range) con una profundidad de bit de 8 bits y 10 bits respectivamente, es decir, 256 y 1024 graduaciones. Tal como se puede ver en la Figura 32, siguiendo las recomendaciones BT.2020, UHD 4k tiene la posibilidad de trabajar con 10 bits tal como se hace en Full HD, o con 12 bits.

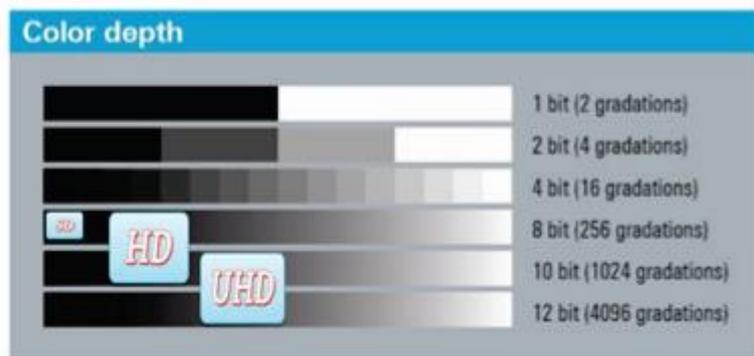


Figura 32. Profundidad de bit de cada resolución

Estos 12 bits representan el estándar HDR (High dynamic Range) que tanto representa el 4k. HDR hace referencia a la proporción de luz contra zonas oscuras en una imagen. Tener un margen dinámico mayor significa tener una gama de luminancia mucho más amplia, esto es, tener blancos mas blancos y negros mas negros. Esto influye directamente en la calidad de imagen, ya que se puede definir más información tanto como en las zonas oscuras como en las claras. Esto se puede apreciar en la Figura 33.

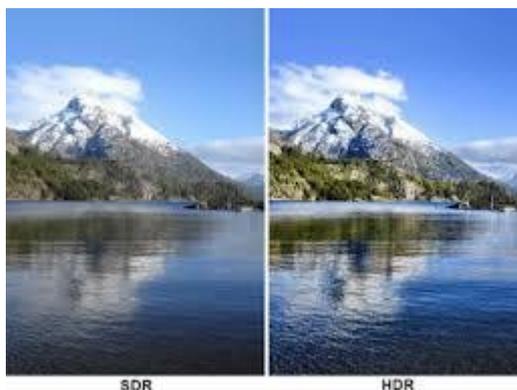


Figura 33. Diferencia entre imagen con SDR y HDR

5.2.3 Espacio de color

Relacionado con la calidad y la gama de luminancia, junto con el estándar UHD-4k también hay una mejora en la gama de colores mucho más amplia de lo que había hasta el momento. Tanto en SD como en HD se utiliza la gama de colores BT.709 [9]. Tal como se puede ver en la imagen, siendo la imagen completa los colores que el ojo humano puede percibir, en SD y HD únicamente se llegaba a representar el 35,9% de ellos. De la mano del 4k se la ITU-R prone la gama de colores basados en la recomendación BT.2020 [8] y BT.2100 [7]. Este espacio de color ampliado representa el 75,8% de los colores que somos capaces de captar con el ojo humano. En la Figura 34 se muestran los tonos que abarcan la visión humana, la recomendación BT.2020 y BT.709.

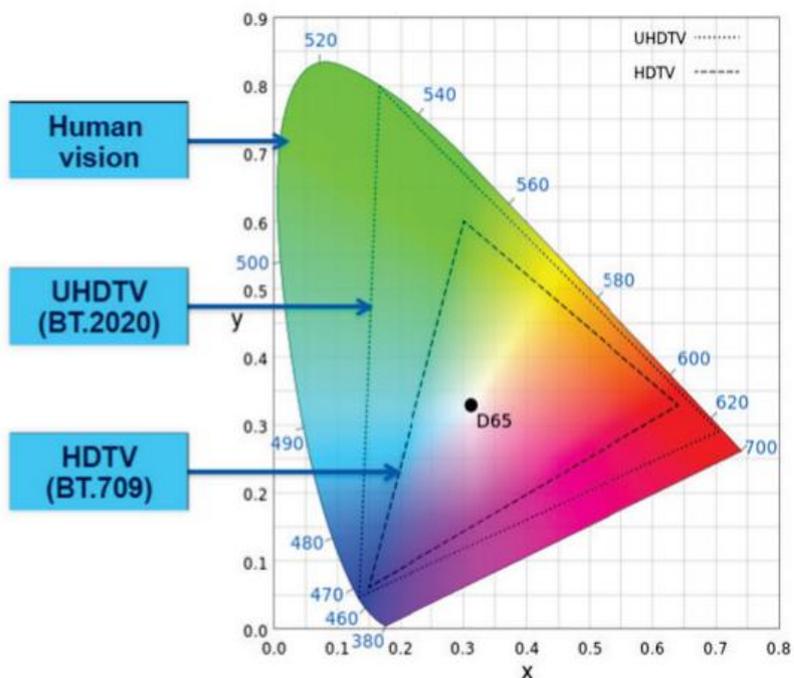


Figura 34. Espacio de color de las recomendaciones

En la Tabla 18, se muestran los valores de los componentes RGB y del blanco tomado como referencia en la recomendación BT.2020 de la ITU.

Parámetro	Valores		
Características de transferencia optoelectrónica antes de la precorrección no lineal	Supuesto lineal ⁽¹⁾		
Colores primarios y blanco de referencia ⁽²⁾	Coordenadas de cromaticidad (CIE, 1931)	x	y
	Rojo primario (R)	0,708	0,292
	Verde primario (G)	0,170	0,797
	Azul primario (B)	0,131	0,046
	Blanco de referencia (D65)	0,3127	0,3290

Tabla 18. Recomendación de parámetros de colorimetría de ITU BT.2020

5.2.4 Resolución temporal

Por último, mediante el aumento de la resolución temporal, más conocido como frames por segundo (fps) o frecuencia de fotograma, se consigue una mayor calidad en el sentido de dinamismo. Cuantos más fotogramas se toman, más información se registra de la acción. Con esto, se consigue una sensación de mayor fluidez, y es más notable en señales de mucho movimiento. En la Figura 35 muestra la diferencia entre captar más o menos fotogramas



Figura 35. Diferencia en dos secuencias con diferente resolución temporal

Para UHD se han especificado resoluciones temporales superiores conocidas como **High Frame Rate (HFR)**. Se consideran HFR las frecuencias de fotograma que superen los 30 fps. En el formato SD se utilizan hasta 25 o 30 fps (ITU-R, BT.601), en el caso de HD se aumenta a un máximo 50 o 60 fps (ITU-R, BT.601), y en el caso de UHD se propone un máximo de 100 o 120 fps (ITU-R, BT.2020).

Dicha norma BT.2020 propone frecuencias de 50 y 60 fps en exploración progresiva, aunque en las recomendaciones de DVB y SMTE se pretende alcanzar hasta los 120 fps a partir de la fase 2 de UHD-1. En la Tabla 19 se muestran las frecuencias de fotograma por segundo según las recomendaciones de la ITU.

Parámetro	Valores
Frecuencia de trama (Hz)	120, 120/1,001, 100, 60, 60/1,001, 50, 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001
Estructura de la imagen	Progresiva

Tabla 19. Recomendación de frecuencia de fotograma de la ITU

Relacionando la resolución temporal, la resolución espacial y la profundidad de bit, hay que tener en cuenta la tasa de transferencia que supone el formato con el que se trabaja. Los formatos más habituales, y la tasa de transferencia que supone son los mostrados en la Tabla 20.

	Líneas	Píxels	Frames por segundo	10b	10b	10b	12b	12b	12b
				4:2:0 (Gbps)	4:2:2 (Gbps)	4:4:4 (Gbps)	4:2:0 (Gbps)	4:2:2 (Gbps)	4:4:4 (Gbps)
UHDTV2 / 8K	4320	UHD2	120	60	80	120	72	95,5	144
			60	30	40	60	36	48	72
		7680	50	25	33	50	30	40	60
		8K	30	25	20	30	18	24	36
			25	12,4	16,6	25	15	20	30
	8192	24	12	16	24	14,4	19	29	
UHDTV1 / 4K	2160	UHD1	120	15	20	30	18	23	36
			60	7,5	10	15	9	12	18
		3840	50	6	8	12	7,5	10	15
		4K	30	3,7	5	7,5	4,5	6	9
			25	3,1	4,2	6,2	3,7	5	7,5
	4096	24	3	4	6	3,6	4,8	7,2	

Tabla 20. Tasa de transferencia para diferentes configuraciones

Para el caso en estudio, tal como se puede ver en la Tabla 21, la tasa de transferencia puede variar desde 3 Gbps hasta 36 Gbps dependiendo de la configuración seleccionada. Teniendo en cuenta la velocidad para la configuración seleccionada y dependiendo el uso que se le quiere dar, en la Tabla X se muestran las velocidades que proporcionan los cables HDMI, Display Port y SDI.

	Versión	Tasa de transferencia en Gbit/s	Ejemplo de formatos de vídeo
HDMI	1.4	8,16 Gbit/s	4.096 × 2.160 (24 fps) 3.840 × 2.160 (30 fps)
	2.0	18 Gbit/s	4.096 × 2.160 (50/60)
Display Port	1.2	17,28 Gbit/s	3.840 × 2.160 (60 fps)
	1.3	32,4 Gbit/s	7.680 × 4.320 (60 fps) 4:2:0 4K; 60 fps; 30-bit; 4:4:4
SDI	3G SDI	3 Gbit/s	1.920 × 1.080
	6G Ultra HD-SDI	6 Gbit/s	3.840 × 2.160 (30 fps)
	12G Ultra HD-SDI	12 Gbit/s	3.840 × 2.160 (60 fps)

Tabla 21. Tasa de transferencia para cables HDMI, Display Port y SDI

5.2.5 Normas y recomendaciones

En este apartado se mencionan los organismos y entidades más significativas en cuanto al UHD-4k. Se mencionan del mismo modo, cada una de las normas o recomendaciones propuestas por cada uno de ellos.

En la Tabla 22 se muestran las normas y recomendaciones más significativas que definen el UHD-4k [6]-[11].

	Organización	Norma/Recomendación
ITU	International Telecommunication Union	BT. 709; BT.2020; BT.2100
		HEVC (H.265)
ISO	International Organization for Standardization	
DVB	Digital Video Broadcasting	ETSI.TS 101.154
EBU	European Broadcast Union	
SMPTE	Society of Motion Picture & Television Engineers	ST 424; ST 2081-1; ST 2082-1; ST 2083-1

Tabla 22. Normas y recomendaciones más significativas para UHD

5.3 Diseño de propuesta de modificación

En este apartado se describe una solución para poder generar contenidos propios UHD-4k tratando en todo momento de mantener la arquitectura mostrada en la Figura 4. La solución presentada está pensada no solo para una producción momentánea, sino que para una implementación que pueda ser útil para una explotación estable.

En la Tabla 23 se muestran todos los elementos clasificados por captación, monitorización y conexión, y se muestra si se propone mantener el elemento analizado anteriormente, o por el contrario, se propone sustituirlo.

Sistema	Elemento	Propuesta
Captación	Cámara	Sustituir
	CCU	Sustituir
	Switch PoE	Mantener
	RCP	Mantener
	MSU	Mantener
Monitorización	Pantallas	Mantener
	Panel auxiliar de control de calidad	Sustituir
Conexionado	Cableado coaxial	Sustituir
	Mesa de video	Modificar
	Patch	Sustituir
	Matriz	Ampliar
	Embebedor	Sustituir
	Desembebedor	Sustituir
	Distribuidor	Sustituir

Tabla 23. Propuesta de mantenimiento o sustitución de elementos

5.3.1 Captación

En este apartado se describe una propuesta de solución para el sistema de captación. Para ello, se describe cada elemento que forma parte del sistema por separado: cámara, CCU, Switch PoE, RCP y MSU.

Se mantendrá la arquitectura actual de captación mostrada en la Figura 4 ya que es un sistema con el que se está familiarizado y comprobado su funcionamiento.

5.3.1.1 Cámara

La cámara que se ha analizado (HD HXC-FB80), tal como se ha analizado no tiene capacidad de generar imagen UHD-4k por sí misma. En combinación con la CCU que se ha descrito (HXCU-FB80), sí hay posibilidad de generar una señal UHD-4k añadiendo una licencia proporcionada por Sony.

Siguiendo la tendencia de trabajar con Sony, y gracias a los cursos formativos adquiridos en la empresa, se ha conocido una nueva cámara que contiene prestaciones UHD-4k. Se trata de la cámara HDC-5500 tal como se muestra en la Figura 36.



Figura 36. Cámara Sony HDC-5500

Esta cámara cuenta con procesadores integrados para producir directamente señales 4k, sin necesidad de recurrir a una unidad procesadora adicional como tendría que ser la CCU mencionada.

Esta cámara sigue prácticamente las mismas características y funcionalidades mostradas en Figura 10. Sin embargo, la cámara HDC-5500 amplía las salidas 3G SDI a 12G SDI permitiendo la salida de señales 4k, además de permitir transmisión de hasta 1 Gbps mediante IP.

En cuanto a resolución espacial, una de las características que destacan de esta cámara es que además de grabar en HD (1920 x 1080), también graba en UHD-4k (3840 x 2160). Además, tal como se mencionaba en el apartado de características mínimas, esta cámara trabaja con el espacio de color descrito en la recomendación de la ITU BT.2020.

Por otro lado, esta cámara permite capturar imágenes para una producción simultánea en HDR y SDR. Esto aporta gran flexibilidad en aspectos de postproducción de señal, posteriores usos que no interesen 4k, monitorado en directo, etc.

5.3.1.2 CCU

La CCU HXCU-FB80, tal como se ha analizado, no permite trabajar con señales en UHD-4k. Sin embargo, tras una actualización mediante licencia, y añadiendo una placa procesadora, sí que permite en la configuración actual trabajar con señales 4k. A pesar de ser capaz de trabajar con ellas, la salida de la CCU, tal como se ha visto, únicamente presenta la opción de trabajar con señales de 4k formadas por 4 cables de 3G.

La CCU HDCU-5500 de Sony que se muestra en la Figura 37 es la más apropiada para la cámara propuesta.



Figura 37. HDCU-5500

Parte delantera	
1. Interfaz de menú	2. Interfaz de intercom

Tabla 24. Parte delantera HDCU-5500

Parte trasera	
1. Entradas 3G SDI	2. Entradas/salidas 3G SDI
3. Retornos 3G SDI	4. Referencias
5. Prompter SDI	6. Salidas 12G SDI
7. Conector de cámara	8. Salidas audio
9. Puertos de red	10. Puerto intercom/tally

Tabla 25. Parte trasera HDCU-5500

Esta CCU, tal como en el estado inicial, se conecta a la cámara mediante cable híbrido. Tiene una interfaz de salida de 12G SDI, y además ofrece la posibilidad de IP con cámaras de esta misma gama. Esta CCU, permite dos líneas de señal 4k de transmisión simultáneas mediante fibra óptica.

La CCU tiene varias un par de salidas de audio y 4 salidas SDI de hasta 12GB.

Tal como lo hacía la HXCU-FB80, el conjunto CCU-cámara permite señalización tally, para indicar la cámara que esta en el aire, señal de prompter accesible desde el cuerpo de cámara, intercom y todas las demás funcionalidades descritas en la Tabla X(la de características de la CCU).

5.3.1.3 Switch PoE

El switch mostrado en la Figura 11 es suficiente para conectar la CCU, RCP y MSU que se propone utilizar. En el caso del switch no se necesitan unas características especiales para trabajar con UHD-4k.

5.3.1.4 RCP

El RCP-1500 que se ha analizado anteriormente, es totalmente compatible tanto con la cámara como con la CCU que se han propuesto. Por lo tanto, se propone no sustituir y mantener este dispositivo para la producción en UHD-4k. Además, presenta una configuración llamada “4k Detail” en la que da la opción de trabajar con parámetros asociados a UHD-4k.

5.3.1.5 MSU

La MSU - 1500, es compatible y funciona de la misma manera que lo hace en las producciones HD. Este dispositivo, al igual que el RCP, tiene la posibilidad de configurar el modo 4k, de modo que nos da opciones de trabajar con los parámetros pertinentes.

5.3.2 Monitorización

En este apartado, partiendo lo analizado en los apartados anteriores, se propondrá mantener o sustituir los dispositivos actuales que se han analizado anteriormente para poder monitorizar las señales UHD-4k.

5.3.2.1 Pantallas

Las pantallas que se encuentran en los estudios como previo y directo, tal como se ha analizado en el apartado 5.1.2.1, no tiene la capacidad de trabajar y analizar señales UHD-4k. En el caso de control de cámaras es muy importante que se pueda monitorizar la señal real captada en 4k, ya que es aquí donde se ajustan los parámetros que irán a emisión.

Por ello, se propone sustituir el actual Craltech CM429SL-3G por el monitor Craltech CM320b-4k. Este monitor contiene 2 entradas SDI-12G, 2 entradas SDI-3G, 4 puertos HDMI 2.1 y un módulo SFP, para poder trabajar con fibra. Este monitor tiene la capacidad de trabajar con una profundidad de 12 bits. Adicionalmente, tiene 4 entradas 3G-SDI de entrada para visualizar 4 señales a la vez. Permite visualizar señales con HDR, y trabaja con las recomendaciones de gama de color de la ITU BT.709 y BT.2020.

De este monitor, al igual que en la situación de partida, mediante un cable HDMI se puede extraer la señal e introducirla en el monitor que incluye como segunda pantalla. Este segundo monitor, es capaz de trabajar de la misma forma que el Craltech cm320b-4k, ya que uno está pensado para trabajar con el otro.

Tal como se muestra en la Figura 38, el monitor de directo estaría alimentado por una salida HDMI del monitor principal que es el de previo.

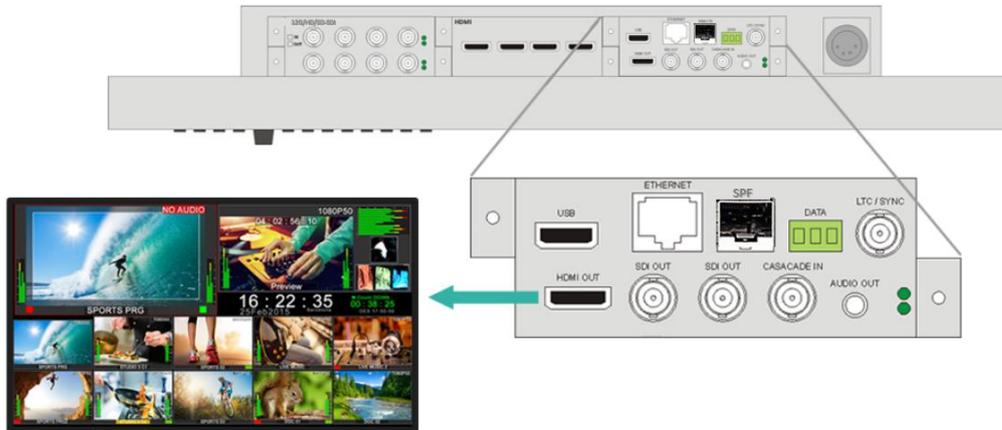


Figura 38. Monitor Craltech CM 320B-4k

5.3.2.2 Panel auxiliar de control de calidad

El panel auxiliar de Videotek actual, no soporta trabajar con señales UHD-4k, por lo que se propone sustituir este equipo por el monitor LV5490 de Leader mostrado en la Figura 39. En la Tabla 26 contigua, se describen las funcionalidades de este monitor.



Figura 39. Panel auxiliar de control de calidad LV5490

Parte delantera	
1. Selector de fuente	2. Selector menú
3. Selectores	4. Puerto para ratón

Parte trasera	
1. Conectores de red	2. Salidas SDI y DVI
3. Conector red	4. Salida para remoto
5. Salidas audio digital	6. Entradas SDI
7. Entradas/salidas SDI	8. Entrada/salida de referencia

Tabla 26. Funcionalidades panel auxiliar LV5490

Este monitor soporta resoluciones de 4096 x 2160 y 3840 x 2160. Contiene entradas 12G-SDI, aunque también se puede componer la señal combinando 2 señales 6G-SDI o cuatro señales 3G-SDI. Este dispositivo permite visualizar 4 señales 3G-SDI simultáneamente. De este panel/monitor de Leader es posible extraer señales mediante los puertos 3G-SDI o DVI integrados. Al igual que lo hacía el panel de Videotek, este panel también incluye las funcionalidades de vectorcopio, audímetro de 8 canales, forma de onda o ganancia.

5.3.3 Conexionado

En este apartado se presentan los dispositivos que se propone sustituir y los que se propone mantener del sistema conexionado.

5.3.3.1 Cableado coaxial

El cable actual VK Silver+ 60 trabajando con señales 12G alcanza 40m, pero no es suficiente dado que la distancia entre los departamentos más lejanos es de 70m. Por ello, se propone sustituir el cable coaxial por el cable VK 80 Silver+ de percon, que alcanza los 70 metros trabajando con velocidades de 12Gpbs. El aspecto del cable es prácticamente el mismo mostrado en la Figura 21.

5.3.3.2 Mesa de video

La mesa de video analizada en el apartado 5.1.3.2, es compatible para realizar una producción en UHD-4k. Esto puede realizarse bien utilizando 4 entradas 3G-SDI actuales como entrada de señal 4k, en cuyo caso haría falta dividir dicha señal de entrada de 12G en cuatro señales 3G mediante un

conversor, o bien, intercambiando la tarjeta de entrada de 3G-SDI por la tarjeta XKS-S8112, que incluye entradas 12G-SDI, pudiendo de esta manera disponer de todas las entradas de la mesa. Para la tarjeta de salida, se propone la misma opción, intercambiar la tarjeta actual incorporada de 3G-SDI por la tarjeta de salida XKS-S8167 que dispone de salidas 12G-SDI.

A pesar de poder trabajar con menos entradas, y poder realizar una producción con señales de 4k compuestas por 4 señales de 3G, para la forma de trabajar que hay, son necesarias las 112 entradas, y no 28 como se dispondrían en el caso de trabajar con señales compuestas.

5.3.3.3 Patch

El panel de patch 32MD-ST de Canare permite realizar conexiones 3G-SDI, por lo que no sería suficiente para una producción UHH-4k. Por ello, se propone sustituir dichos patch-es por los 32MCK-ST de la misma marca. Este modelo de patch tiene el mismo funcionamiento que el anterior, solo que el 32MCK-ST permite conexiones SDI de 12G, tal como lo especifica UHD-4k.

5.3.3.4 Matriz

La matriz de control central es el núcleo de todas las señales de la sede, por lo que es importante que esta sea robusta. Por ello, en el caso de esta matriz se plantea mantener la matriz de Imagine Communications analizada anteriormente como backup por si fallase la que se va a plantear. Es cierto que esta matriz no es directamente compatible con señales 12G-SDI, pero sí permite utilizar cuatro entradas para generar una señal 4k. Para ello es necesario el dispositivo que se muestra en la Figura 40 para dividir esta señal.

La matriz principal que se plantea es la matriz Smart Videohub 12G de Blackmagic. Esta matriz tiene 40 entradas y 40 salidas 12G-SDI, con las que se permite enrutar señales desde SD a UHD-4k. Además, en cuanto a profundidad de bit, esta matriz es capaz de trabajar hasta con 10 bits de profundidad. Esta matriz de Blackmagic mostrada en la Figura 40, contiene una pantalla para monitorizar la señal seleccionada mediante la botonera y el mando giratorio incorporado.



Figura 40. Smart Videohub 12G de Blackmagic

5.3.3.5 Embededor

El embebedor de audio utilizado en la situación de partida, no es válido para trabajar con señales UHD-4k, por lo que el embebedor propuesto para sustituirlo es el que se ve en la Figura 41.



Figura 41. Embebedor AJA 12G-AMA

Este embebedor de AJA dispone de una entrada y una salida 12G-SDI, y 4 canales de audio analógico de entrada y 4 de salida. Además, este dispositivo presenta la opción de trabajar con el módulo óptico de entrada y salida.

5.3.3.6 Desembebedor

El desembebedor presentado en la situación inicial, no está diseñado para trabajar con señales UHD-4k, por lo que el dispositivo que se propone para sustituir el desembebedor de Albalá es el mostrado en la Figura 41. Este dispositivo es capaz tanto de trabajar en modo embebedor de audio como en modo desembebedor. Tal como se ha mencionado en el apartado 5.3.3.5, este embebedor/desembebedor tiene 4 canales de salida de audio analógico, y una entrada y una salida de video 12G-SDI.

5.3.3.7 Distribuidor

El distribuidor de Albalá Ingenieros presente en la situación inicial, es capaz de trabajar hasta con señales 3G, por lo que no esta preparado para trabajar con señales UHD-4k. El distribuidor que se propone es el distribuidor mostrado en la Figura 42 12GDA de AJA, el cual distribuye una señal de hasta 12G-SDI a 6 salidas de hasta 12G-SDI, permitiendo trabajar con audio embebido.



Figura 42. Distribuidor 12GDA

6 Planificación

En este apartado se describen las tareas planificadas de este TFM, especificando en lo que consiste cada una y la duración de ella.

6.1 Descripción de tareas

A continuación, se describen las tareas y subtareas que forman el TFM.

T0. Gestión del proyecto

T0.1 Reuniones de seguimiento y control

Comienzo: semana 1 Duración: 29 semanas

En el transcurso de búsqueda de información, iniciación al proyecto, ejecución del mismo y documentación, se realizarán varias reuniones con el director del proyecto para la supervisión del trabajo.

T0.2 Documentación del proyecto

Comienzo: semana 4 Duración: 24 semanas

Se documentará y se redactará el proyecto a medida que se van realizando las diferentes tareas.

T1. Análisis del Sistema de partida

T1.1 Sistema de captación:

Comienzo: semana 1 Duración: 4 semanas

Se analizará el conjunto de elementos que forman parte del sistema de captación, analizando las características relacionadas de cada uno. Se analizarán independientemente cada uno de los elementos que forman el sistema desde las cámaras hasta la matriz de control central.

T1.2 Sistema de monitoreado:

Comienzo: semana 6 Duración: 3 semanas

Se analizará el sistema de monitorado actual de la empresa, estudiando las características más importantes que se consideren para el proyecto.

T1.3 Sistema de conexionado:

Comienzo: semana 9 Duración: 2 semanas

Se analizará el sistema de conexionado actual que hay entre los diferentes elementos de toda la cadena de emisión.

T2. Estudio de características mínimas a cumplir

T2.1 Resolución espacial:

Comienzo: semana 11 Duración: 2 semanas

Se estudiarán las normas y recomendaciones actuales y las propuestas para el UHD-4k propuestas por las entidades y organizaciones como ITU, EBU, etc.

T2.2 Profundidad de bit:

Comienzo: semana 13 Duración: 2 semanas

Se estudiará la importancia y el significado de la profundidad de bit, analizando los valores propuestos tanto hasta HD como en UHD-4k.

T2.3 Espacio de color:

Comienzo: semana 15 Duración: 2 semanas

Se analizarán el espacio de color tanto en el sentido de las normas y recomendaciones propuestas por las entidades y organizaciones como en un aspecto práctico y en lo que influye.

T2.4 Resolución temporal:

Comienzo: semana 17 Duración: 2 semanas

Se estudiarán las normas y recomendaciones en torno a la resolución temporal propuesta para el UHD-4k, y se analizará en que aspectos afecta este parámetro.

T2.5 Normas y recomendaciones:

Comienzo: semana 19 Duración: 2 semanas

Se resumirán las entidades más significativas que actúan sobre las recomendaciones y las normas de UHD-4k, y se especificará que norma o recomendación propone cada una de ellas.

T3. Propuesta de modificación

T3.1 Sistema de captación:

Comienzo: semana 21 Duración: 4 semanas

Se propondrá un nuevo sistema de captación de imagen que cumpla con los requisitos mínimos, además de buscar la compatibilidad con el sistema actual. También se describirán las principales funcionalidades de cada dispositivo propuesto. Para ello se acudirá a formaciones de diferentes fabricantes.

T3.2 Sistema de monitorización:

Comienzo: semana 25 Duración: 3 semanas

Se tendrán en cuenta las condiciones mínimas estudiadas anteriormente, y en base a eso se escogerán monitores para poder reproducir señales UHD-4k. Se presentarán las interfaces de entradas y salidas de interés.

T3.3 Sistema de conexionado:

Comienzo: semana 28 Duración: 2 semanas

Se propondrá un nuevo sistema de conexionado de imagen entre áreas que cumpla con los requisitos mínimos. Esta elección estará basada en los fabricantes con los que actualmente se está trabajando.

6.2 Diagrama de Gantt

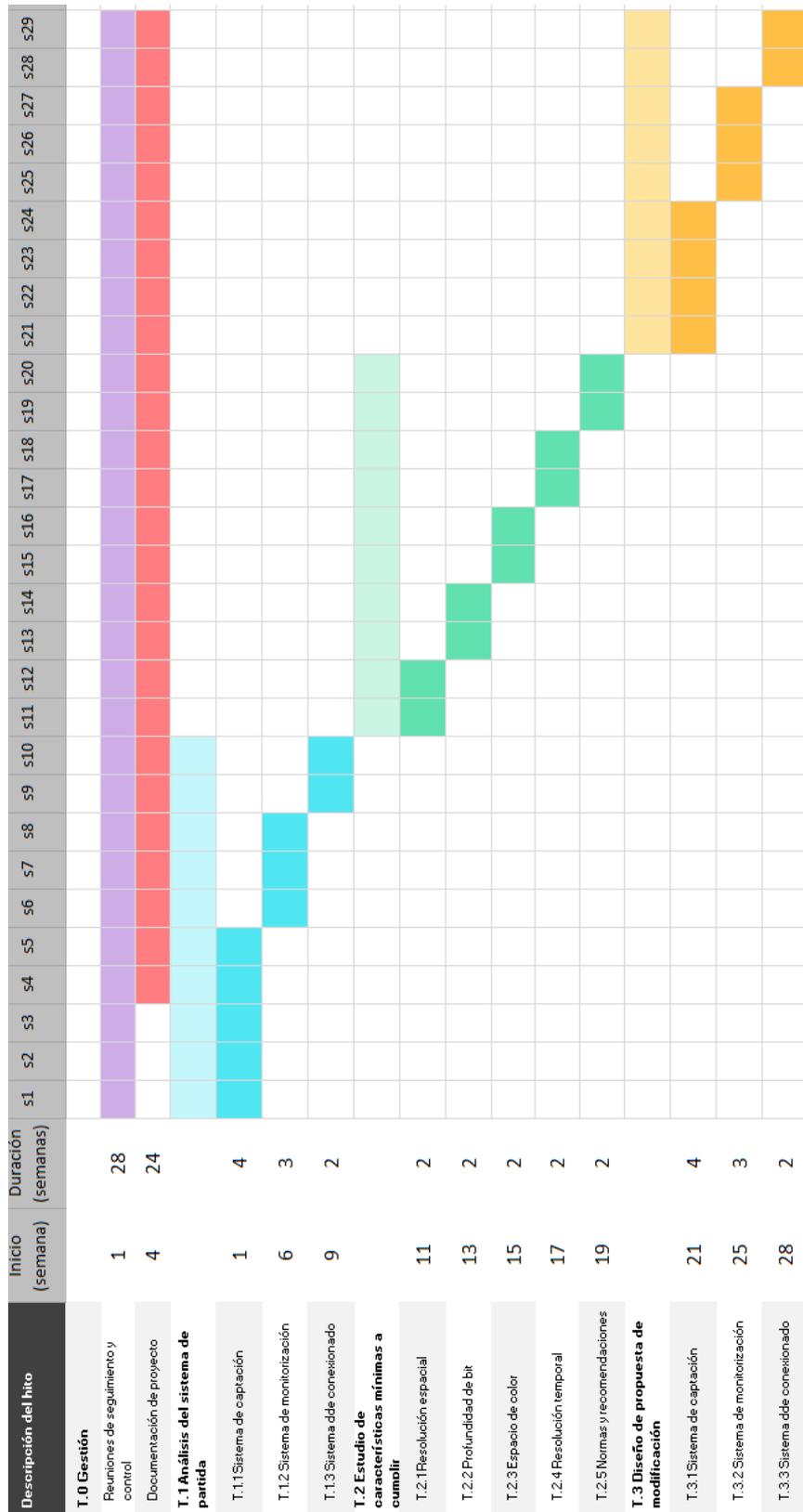


Figura 43. Diagrama de Gantt

7 Presupuesto

A continuación, se calcula el presupuesto para la realización del proyecto. Además, se presenta un desglose de los costes de recursos humanos y recursos materiales utilizados.

7.1 Recursos humanos

Entre los recursos humanos utilizados en el proceso de análisis y propuesta del proyecto, se pueden identificar cuatro tipos de trabajadores involucrados diferentes:

- **Ingeniera Junior:** la alumna que ha realizado las tareas expuestas en el documento. Además de la realización del proyecto, se ha compaginado con las tareas del día a día del puesto desempeñado en la empresa por lo que el cómputo total de horas invertido en el proyecto ha sido solo una parte de las horas totales dedicadas a la empresa.
- **Ingeniero Sénior A:** director del TFM. La labor del Ingeniero sénior A ha sido supervisar desde la universidad el trabajo llevado a cabo en la empresa.
- **Ingeniero Sénior B:** contacto directo de la empresa EITB, que se ha encargado tanto de proveer formaciones relativas al proyecto como de resolver dudas relacionadas a este.
- **Personal de operación:** trabajadores responsables de la operación en cada departamento, que mediante su implicación y disposición ha facilitado el análisis de la situación actual.

En la Tabla 27 se muestra el resumen de los gastos mencionados.

Trabajador/a	Coste horario(€/h)	Horas (h)	Coste (€)
Ingeniero Junior	30	600	18.000,00
Ingeniero Senior A	60	25	1.500,00
Ingeniero Senior B	60	20	1.200,00
Personal de operación	30	20	600,00
		SUBTOTAL	21.300,00

Tabla 27. Gastos en recursos humanos

El subtotal de los gastos por recursos humanos es de **veintiún mil trescientos euros**.

7.2 Recursos materiales

En este apartado se desglosan los costes referentes a los materiales utilizados para el desempeño del proyecto. Se pueden distinguir dos tipos de recursos materiales según su posibilidad de amortiguación:

- **Recursos amortizables:** se trata de los recursos que ya tenía la empresa en su propiedad o se han adquirido en el desarrollo del proyecto, pero con vida útil mayor que la duración del proyecto.
- **Recursos fungibles:** son los recursos utilizados exclusivamente para la realización del proyecto.

Recursos amortizables

En la Tabla 28 se muestra el desglose de los costes de los recursos amortizables mencionados anteriormente:

Recurso	Valor inicial (€)	Uso (meses)	Vida útil (meses)	Total (€)
Ordenador	1.500	8	36	333,34
MS Windows 10	259	8	36	57,56
MS Office	126	8	36	28,00
			SUBTOTAL	418,90

Tabla 28. Gastos en recursos amortizables

Recursos fungibles

En la Tabla 29 se muestran los costes referidos a recursos fungibles. Estos se refieren a cosas de carácter mueble que puede ser reemplazable, cuyo uso implica deterioro.

Recurso	Total (€)
Material de oficina	100,00

Tabla 29. Gastos en recursos fungibles

7.3 Resumen del presupuesto

En Tabla 30 se muestra un resumen del presupuesto completo del proyecto. Se incluyen los resultados de los desgloses de los apartados anteriormente presentados.

Concepto	Total (€)
Recursos humanos	21.300,00
Recursos amortizables	418,90
Recursos fungibles	100,00
SUBTOTAL	21.818,90
COSTES INDIRECTOS 5%	1.090,95
TOTAL	22.909,85

Tabla 30. Resumen de presupuesto

El total del presupuesto utilizado para la realización del presente proyecto asciende a veintidós mil novecientos nueve y ochenta y cinco euros.

8 Conclusiones y líneas futuras

8.1 Conclusiones

Tras la realización del proyecto descrito en el documento, se han obtenido las siguientes conclusiones:

Con la realización de este TFM se ha conseguido realizar un estudio del sistema de explotación, y proponer los cambios que sean necesarios para poder hacer una producción en UHD-4k.

En primer lugar, este TFM se ha conseguido analizar en profundidad el sistema actual de explotación de EITB en Bilbao. Se ha analizado en tres diferentes partes: captación, monitorización y Conexionado. En segundo lugar, una vez se conoce el sistema sobre el que se va a trabajar se han estudiado las características más significativas del UHD-4k. En tercer lugar, una vez se ha analizado y especificado las necesidades del sistema, se han propuesto una serie de cambios, con lo que teóricamente se puede realizar una producción en UHD-4k.

En el ámbito personal, me ha ayudado a profundizar conocimientos relacionados tanto con la tecnología UHD 4k, como con la infraestructura actual de explotación de la empresa.

Cabe destacar la ayuda del equipo de trabajo de diferentes departamentos a la hora de manipular los dispositivos para el estudio de ellos. Esto ha ayudado a conocer y establecer contacto con dichas personas, lo cual es de gran utilidad para el desempeño de trabajo del puesto de ingeniera de producción en la empresa.

Para realizar este TFM ha sido necesario emplear mucho tiempo leyendo documentación de los estándares, propuestas, etc. actuales y pasados, además de investigar cada elemento actual como los elementos propuestos de todo el sistema presentado. A pesar de que ese trabajo no quede reflejado, este TFM solo es la cara visible de ese trabajo realizado.

Como conclusión, se puede decir que este proyecto además de ser de gran ayuda en cuanto a formación personal, también ayuda a la empresa poniendo la vista en el momento que haya que cambiar dispositivos analizados en este TFM.

8.2 Líneas futuras

En este apartado se proponen posibilidades para dar continuación u otra visión al trabajo realizado.

Este trabajo es puramente teórico sin ninguna prueba práctica. A partir de este trabajo, y en caso de tener los recursos y materiales necesarios, se debe realizar una prueba básica para verificar si realmente el sistema planteado es viable, o de lo contrario, analizar los errores.

Por otro lado, un aspecto interesante para dar continuidad a este TFM es el análisis del software necesario para la postproducción, como por ejemplo software de edición de contenidos, así como los equipos con los que se trabaja, ya que estas señales UHD-4k necesitan más recursos.

9 Bibliografía

- [1] ETSI. (2022). Digital Video Broadcasting (DVB). Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcast and Broadband Applications. Disponible en:
https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/101100_101199/101154/02.07.01_60/ts_101154v020701p.pdf
- [2] ATSC. (2013, agosto). ATSC Digital Television Standard, Part 1 – Digital Television System (A/53).
- [3] ARIB STD. (2005). B31 Version 1.6, Transmission system for digital terrestrial television. Broadcasting.
- [4] BOE (Boletín oficial del estado). (2010, abril). “Ley 7/2010, de 31 de marzo, General de la Comunicación Audiovisual”.
- [5] Harold Bergin. (2009, abril). “DVB-T2 ultima preparativos para su lanzamiento comercial”. Comunicado de prensa.
- [6] SMPTE ST. (2014).” SMTE. 2036-1. Image Parameter Values for Program Production”.
- [7] ITU-R. (2018, julio). Recommendation BT.2100: "Image parameter values for high dynamic range television for use in production and international programme exchange".
- [8] ITU-R. (2015, septiembre). Recommendation BT.2020: "Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange".
- [9] ITU-R. (2015, junio). “BT.709-6 Valores de los parámetros de la norma de TVAD para la producción y el intercambio internacional de programas”.
- [10] ISO/IEC 23008-2 y ITU-T H.264. (2017, abril). “Codificación de vídeo muy eficiente”.
- [11] Utray, F. & Ochoa, L. (2016) “Alto Rango Dinámico en vídeo digital”, 709MediaRoom.
- [12] Utray, F. & Ochoa, L. (2019). “Guía 4k HDR” pag. 42-48. Creative Commons.
- [13] Cisco. (2016). “Cisco 350X Series Stackable Managed Switches Data Sheet”.
<https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/switches/350x-series-stackable-managed-switches/350x-stackable-managed-switches-ds-es.pdf>
- [14] Imagine Communications. (2017, mayo). Videotek CMVS-DVI & CMVS-SDI.
<https://www.markertek.com/Attachments/Specifications/Imagine/CMVS-DVI-Specifications.pdf>

- [15] Percon. Percon VK. Disponible en: <https://percon.es/es/cable-video-silver-plus-alta-precision-digital-coaxial-75-ohms-4k-8kuhd/113-2055-cable-video-percon-vk-50-silver-plus.html#/14-color-azul>
- [16] TM Broadcast. (2018, septiembre). “UHD, mucho más que 4K (III). El HDR y los Estándares.” Disponible en: <https://tmbroadcast.es/index.php/uhd-4k-hdr-estandares/>
- [17] UHD Spain. (2021, enero). “Las emisiones de UHD SPAIN también llegan a la televisión híbrida” Disponible en: <https://www.uhdspain.com/las-emisiones-de-uhd-spain-tambien-llegan-a-la-television-hibrida/>
- [18] EBU. (2021). “UHDTV”. Disponible en: <https://tech.ebu.ch/uhdtv>
- [19] EBU. (2021). “UHDTV Glossary”. Disponible en: <https://tech.ebu.ch/uhdtv/glossary>
- [20] El País. (1978, septiembre). España adopta el sistema de color PAL. Disponible en: https://elpais.com/diario/1978/09/27/sociedad/275695205_850215.html
- [21] Constantino Pérez Vega. (2006). “Introducción a la televisión”. Universidad de Cantabria. Disponible en: <https://personales.unican.es/perezvr/pdf/Introduccion%20a%20los%20sistemas%20de%20TV.pdf>
- [22] Sony. (2020). “Mezclador de vídeo 4K/3G/HD para producciones de rango medio para IP y SDI”. XVS-7000. Disponible en: https://pro.sony/es_ES/products/video-switchers/xvs-7000#ProductOverviewBlock-xvs-7000
- [23] TM Broadcast. (2019, octubre). “UHD: en continua evolución”. Disponible en: <https://tmbroadcast.es/index.php/uhd-en-continua-evolucion/>
- [24] Ever Arrieta. (2019, abril). “HD, Full HD, Ultra HD, 4K, 8K y otras resoluciones de pantalla”. Diferenciador. Disponible en: <https://www.diferenciador.com/hd-full-hd-ultra-hd-4k-8k-y-otras-resoluciones-de-pantalla/>
- [25] ARIB (Association of Radio Industries and Businesses). (2005, noviembre). “ARIB STD-B31 Version 1.6 Transmission system for digital terrestrial television broadcasting”