

## Índice

- Ejercicio 1: familiarización con la aplicación Avidemux. Contenido estático
  - 1.1 Identifica el tipo de codificación de vídeo del clip original mediante ARCHIVO-INFORMACIÓN.
  - 1.2 Mira las características del vídeo: ¿qué definición en píxeles tiene? ¿Cuántos cuadros/segundo tiene? ¿Cuántos segundos dura? Con ellas, calcula cuál sería el peso en bytes de un fichero de vídeo que tuviera el mismo contenido y duración, pero sin comprimir.
  - 1.3 Tomando como referencia el fichero de vídeo sin comprimir, ¿cuál es, entonces, el factor de compresión que ya posee asset-01?
  - 1.4 Identifica el tipo de contenedor. Confirma si cuadra o no con la tabla de contenedores del apartado 3.3 del módulo.
  - 1.5 ¿De qué tipo es el primer fotograma? ¿Y el segundo?
  - 1.6 ¿Cuántos cuadros de este tipo hay en el clip entero? ¿Qué relación hay entre el contenido de la imagen y la existencia de cuadros tipo I?
  - 1.7 En resumen, ¿qué tipo de estructuras GOP posee este clip? ¿Y por qué?
  - 1.8 ¿Hay que tener en cuenta algo sobre GOPs cuando se edita un vídeo?
  - 1.9 Acabado este primer punto de la PEC, aprovecho para presentarte una herramienta muy sencilla, independiente de Avidemux y que sólo sirve para conocer en detalle la estructura y codificación de ficheros multimedia: MedialInfo.
- Ejercicio 2: contenido dinámico
  - 2.1 Mira las características de este nuevo clip y vuelve a responder: ¿qué definición en píxeles tiene? ¿Cuántos cuadros/segundo posee? ¿Cuántos segundos dura? Con ellas, calcula cuál sería el peso en bytes de un fichero de vídeo que tuviese el mismo contenido y duración, pero sin comprimir.
  - 2.2 Contrasta esta información con la dada por MedialInfo
  - 2.3 Teniendo como referencia el fichero de vídeo ficticio sin compresión, ¿cuál es, entonces, el factor de compresión que ya posee asset-02?
  - 2.4 Repite las tareas 1.5, 1.6 y 1.7 del ejercicio 1 pero ahora aplicadas a este segundo clip de vídeo.
  - 2.5 Comenta las diferencias encontradas entre el asset-01 y asset-02, y su explicación si tienen.
- Ejercicio 3: codificación en baja calidad
  - 3.1 ¿Qué formato de codificación de vídeo aceptan los DVD? Si el cliente hubiera pedido Blu-Ray en vez de DVD, ¿cuál habría sido el formato de codificación más adecuada?
  - 3.2 ¿Cuál de los dos filtros crees que sería más adecuado si tu clip fuese de 30 fps?
  - 3.3 ¿Cuál es el factor de compresión conseguido con el nuevo fichero pec2\_dvd respecto al clip ficticio no comprimido de la misma duración y

definición calculado en el apartado 2.1? Compáralo al resultante en el apartado 2.3

- 3.4 ¿Qué valores tenemos que poner en los campos Número de fotogramas B y Tamaño del GOP para obtener este formato de GOP?
- 3.5 ¿Qué factor de compresión obtenemos? ¿Por qué?
- 3.6 ¿Cómo afecta a los vídeos resultantes el cambio de los parámetros del GOP? ¿Qué cambia entre los vídeos? ¿Por qué?
- Ejercicio 4: codificación Blu Ray y codificación 4K
  - 4.1 ¿Qué significa HEVC? ¿Qué novedades incorpora H.265/HEVC respecto al anterior H.264/MPEG-4 AVC?
  - 4.2 ¿Cuáles son los niveles y los perfiles de H.265/HEVC? Compáralos con los de H.264/MPEG-4 AVC
  - 4.3 ¿Dónde se indica el nivel de codificación en esta ventana?
  - 4.4 ¿Qué perfiles pueden ser elegidos en Avidemux para H.264 y en H.265?
  - 4.5 Calcula el factor de compresión conseguido respecto el fichero asset-02.
  - 4.6 Calcula también el factor de compresión respecto a un hipotético clip de la misma duración y definición (sin comprimir, evidentemente).
  - 4.7 Calcula otra vez el factor de compresión en ambos casos. ¿Ha habido una variación importante de compresión entre los dos clips generados? ¿Y de calidad visual? ¿Por qué crees que ha sido así?
  - 4.8 ¿Qué efecto visual produce la pérdida de libertad de elección de su medida? ¿Y a la compresión del fichero? ¿Por qué?
  - 4.9 Comparando los tres casos, ¿cómo afecta a la calidad visual la variación del GOP? ¿Y a la compresión del fichero? ¿Por qué?
- Ejercicio 5: codificación de vídeo mediante un CDN
  - AWS MediaConvert:
  - AWS CloudFront:
  - Costes
    - MediaConvert:
    - CloudFront:
  - Ventajas:
  - Limitaciones:
  - Comparación con las otras alternativas propuestas:
    - Azure Media Services:
    - Google Cloud Media Services:
  - Conclusión

## 2. WEBGRAFÍA

# PAC 2. Plataformas de publicación y distribución

---

*Website con los clips y las respuestas a los apartados:*

<https://maximofernandezriera.github.io/PPD-pec2/>

---

Ejercicio 1: familiarización con la aplicación Avidemux. Contenido estático

**1.1 Identifica el tipo de codificación de vídeo del clip original mediante ARCHIVO-INFORMACIÓN (no tomaremos nunca en cuenta el audio en ningún apartado de toda la PEC). Te lo dará un identificador abreviado de 3 o 4 caracteres, haz una búsqueda en Internet para saber qué codificador es. Investiga si es una codificación con pérdidas o sin pérdidas.**

El video utiliza el códec H.264/AVC (MPEG-4), identificado como AVC1 [1]. Este estándar de compresión de video, parte del estándar MPEG-4, utiliza compresión con pérdidas.

[1] [https://es.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4\\_AVC](https://es.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4_AVC)

**1.2 Mira las características del vídeo: ¿qué definición en píxeles tiene? ¿Cuántos cuadros/segundo tiene? ¿Cuántos segundos dura? Con ellas, calcula cuál sería el peso en bytes de un fichero de vídeo que tuviera el mismo contenido y duración, pero sin comprimir. Recuerda: un píxel de color son 3 bytes (24 bits) en un vídeo no comprimido.**

- Resolución: **1920 × 1080 píxeles**

- Fotogramas por segundo: **30 fps**
- Duración: **10,633333 s**
- **Cálculo del peso sin comprimir en Bytes:**
- Bytes = (1920 px × 1080 px × 3 bytes/px × 30 fps × 10,633333 s) = **1984435200 bytes**
- **Peso en megabytes** (sabiendo que 1 MB = 10<sup>6</sup> bytes):
- 1 984 435 200 bytes 10<sup>6</sup> = **1984,44 MB**

### 1.3 Tomando como referencia el fichero de vídeo sin comprimir, ¿cuál es, entonces, el factor de compresión que ya posee asset-01?

Sabemos que el archivo comprimido ocupa 20 443 151 bytes y podemos realizar el cálculo de acuerdo a la velocidad de datos del vídeo y los segundos totales:

$F_c = \text{Peso sin comprimir} / \text{Peso asset-01}$

$F_c = 1\,984\,435\,200 \text{ bytes} / 20\,443\,151 \text{ bytes} \approx \mathbf{97,06 \%}$

### 1.4 Identifica el tipo de contenedor. Confirma si cuadra o no con la tabla de contenedores del apartado 3.3 del módulo. Si no existiese en el cuadro, haz una búsqueda por Internet (Google, Wikipedia, etc.)

El códec MPEG-4 AVC (H.264) es compatible con el formato contenedor MP4, tal como se indica en la quinta columna de la tabla que aparece en la sección 3.3 del módulo 3 (tabla 3).

Formato	Tipo	Licencia	MKV	MP4	QTFF	ASF	AVI	MXF	PS, TS	M2TS	VOB	EVO	3GP, 3GP2	F4V	FLV	Ogg	WebM
MPEG-H HEVC	Con o sin pérdida	Patente gravada	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí	No	No	No	No
MPEG-4 AVC	Con o sin pérdida	Patente gravada	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No estándar	No	No

### 1.5 ¿De qué tipo es el primer fotograma? ¿Y el segundo?

El fotograma inicial debe ser obligatoriamente de tipo I, lo que significa que es una imagen completa, similar a un archivo JPG o BMP. Esto se debe a que al ser el primer fotograma, no hay un fotograma anterior del cual se pueda obtener información.

El segundo fotograma es de tipo P, por lo que solo almacena los cambios respecto a la imagen anterior.

### **1.6 ¿Cuántos cuadros de este tipo hay en el clip entero? ¿Qué relación hay entre el contenido de la imagen y la existencia de cuadros tipo I?**

Tenemos 11 cuadros de tipo I y sabemos que son fundamentales en la compresión de video. Al ser independientes y contener información completa de la imagen, sirven como referencia y permiten una representación precisa de los detalles. Esto influye en la tasa de bits debido a su necesidad de más bits para codificar.

### **1.7 En resumen, ¿qué tipo de estructuras GOP posee este clip? ¿Y por qué?**

Según los apuntes de la asignatura: en la compresión de video, las estructuras GOP (Group of Pictures o Grupo de Imágenes) son una secuencia de cuadros consecutivos que comienzan con un cuadro tipo I seguido de una serie de cuadros tipo P y B y que  $s$  imágenes de tipo I son fundamentales y de gran calidad. Las imágenes P, por otro lado, son predictivas (se calculan basándose en la imagen I precedente) y tienen una calidad inferior.

Nuestro primer clip contiene pocas imágenes P debido a su naturaleza estática y sus valores de  $M = 1$  y  $N = 30$ .

### **1.8 ¿Hay que tener en cuenta algo sobre GOPs cuando se edita un vídeo? Indaga en los forúms de Avidemux para encontrar información sobre qué hace esta aplicación (y cualquier otra aplicación de edición) cuando corta un clip para ensamblarlo a otro.**

Según el foro, al cortar y ensamblar clips, el "Modo Copia" requiere cortes en fotogramas clave para evitar errores al copiar datos sin recodificar. El "Modo Recompresión" recodifica el video, permitiendo cortes en cualquier punto si los formatos difieren o se necesita edición más precisa, por lo tanto esto puede afectar la calidad y aumentar el tiempo de procesamiento. Además, se comenta que al unir clips, Avidemux puede causar congelaciones por fotogramas B introducidos antes del primer fotograma clave del segundo clip. Por lo que se recomienda eliminar los últimos fotogramas del primer clip o asegurar que el segundo comienza con un fotograma clave.

1.9 Acabado este primer punto de la PEC, aprovecho para presentarte una herramienta muy sencilla, independiente de Avidemux y que sólo sirve para conocer en detalle la estructura y codificación de ficheros multimedia: MediaInfo. Descárgala desde el siguiente enlace <https://mediaarea.net/es/MediaInfo>, elige el idioma de trabajo que desees mediante OPCIONES-PREFERENCIAS y con ARCHIVO-ABRIR ARCHIVO elige asset-01. Con el menú VER-ARBOL tienes ítem por ítem la descripción tanto de la codificación de vídeo como la del audio, con más detalle que el propio Avidemux. En la rama FORMATO tienes el contenedor, en la rama VIDEO el códec. ¿Qué información coincide con la que da Avidemux? ¿Qué información adicional da? Recuerda obviar todo lo referente al audio.

Según vemos en la exportación a HTML de **MediaInfo**:

General	
Nombre completo :	asset-01.MOV
Formato :	MPEG-4
Formato del perfil :	QuickTime
Tamaño de archivo :	19,5 MiB
Duración :	10 s 633 ms
Modo de tasa de bits :	Variable
Tasa de bits general :	15,4 Mb/s
Velocidad de fotogramas :	30,000 FPS
Fecha de grabación :	2025-04-22T12:24:23+0200
Fecha de codificación :	2025-04-22 10:25:11 UTC
Fecha de etiquetado :	2025-04-22 10:25:13 UTC
Librería de codificación :	Apple QuickTime
Writing operating system :	Apple iOS 16.3.1
Writing hardware :	Apple iPhone 12 Pro Max
com_apple_quicktime_location_accuracy_horizontal :	4,606353
com_apple_quicktime_location_ISO6709 :	+39.6061+002.7267+053.626/
com_apple_photos_originating_signature :	AR25CZT4euLIPdyxI9xHYMlvj97

Vídeo	
ID :	2
Formato :	AVC
Formato/Info :	Advanced Video Codec
Formato del perfil :	High
Format level :	4
Ajustes del formato, CABAC :	SI
Ajustes del formato, RefFrames :	2 fotogramas
ID códec :	avc1
Duración :	10 s 633 ms
Tasa de bits :	15,2 Mb/s
Ancho :	1 920 píxeles
Alto :	1 080 píxeles
Relación de aspecto :	16:9
Modo velocidad fotogramas :	Constante
Velocidad de fotogramas :	30,000 FPS
Espacio de color :	YUV
Submuestreo croma :	4:2:0
Profundidad bits :	8 bits
Tipo barrido :	Progresivo
Bits/(píxel*fotograma) :	0,244
Tamaño de pista :	19,2 MiB (99%)
Título :	Core Media Video
Librería de codificación :	H.264
Fecha de codificación :	2025-04-22 10:25:11 UTC
Fecha de etiquetado :	2025-04-22 10:25:13 UTC
Rango de color :	Limited
Colores primarios :	BT.709
Características transferencia :	BT.709
Coefficientes matriz :	BT.709
Metas :	3,4,5
Codec configuration box :	avcC

Vemos la estructura, el tipo de codificación, la resolución, los fotogramas por segundo, la duración, la tasa de bits, el contenedor y otros aspectos relevantes. Lo que confirma nuestras respuestas anteriores.

## Ejercicio 2: contenido dinámico

2.1 Mira las características de este nuevo clip y vuelve a responder: ¿qué definición en píxeles tiene? ¿Cuántos cuadros/segundo posee? ¿Cuántos segundos dura? Con ellas, calcula cuál sería el peso en bytes de un fichero de vídeo que tuviese el mismo contenido y duración, pero sin comprimir. Recuerda: un píxel de color son 3 bytes (24 bits) en un vídeo no comprimido.

- **Resolución:** 1920 × 1080 píxeles
- **Fotogramas por segundo:** 30 fps
- **Duración:** 11,1 s
- **Cálculo del peso sin comprimir**

Bytes =  $1920 \times 1080 \times 3 \times 30 \times 11.1 = 2071526400$  bytes

- **Peso en megabytes** (1 MB =  $10^6$  bytes):

2 071 526 400 bytes = **2071,53 MB**

## 2.2 Contrasta esta información con la dada por MediaInfo

MediaInfo proporciona información detallada que coincide con Avidemux, incluyendo códec, ajustes del formato (ancho, alto), relación de aspecto, rotación, y FPS (variable, con velocidades mínima, máxima y real).

También nos da que el vídeo sigue el estándar NTSC, utiliza el espacio de color YUV con muestreo 4:2:0 y una profundidad de color de 8 bits. Es de tipo progresivo e informa sobre los bits por píxel, el rango de colores y los coeficientes de matriz.

Tal como anticipábamos, MediaInfo proporciona la misma información que Avidemux, aunque con un grado de detalle notablemente superior tal y como podemos ver en la imagen siguiente:



## General

Nombre completo :	asset-02.MOV
Formato :	MPEG-4
Formato del perfil :	QuickTime
Tamaño de archivo :	20,4 MiB
Duración :	11 s 100 ms
Modo de tasa de bits :	Variable
Tasa de bits general :	15,4 Mb/s
Velocidad de fotogramas :	30,000 FPS
Fecha de grabación :	2025-04-22T12:17:33+0200
Fecha de codificación :	2025-04-22 10:25:38 UTC
Fecha de etiquetado :	2025-04-22 10:25:40 UTC
Librería de codificación :	Apple QuickTime
Writing operating system :	Apple iOS 16.3.1
Writing hardware :	Apple iPhone 12 Pro Max
com_apple_quicktime_location_accuracy_horizontal :	4.746372
com_apple_quicktime_location_ISO6709 :	+39.6065+002.7268+055.736/
com_apple_photos_originating_signature :	AVAv5Qj5rCNzZohYkdGNqaHhXif2

## Vídeo

ID :	2
Formato :	AVC
Formato/Info :	Advanced Video Codec
Formato del perfil :	High
Format level :	4
Ajustes del formato, CABAC :	Sí
Ajustes del formato, RefFrames :	2 fotogramas
ID códec :	avc1
Duración :	11 s 100 ms
Tasa de bits :	15,2 Mb/s
Ancho :	1 920 píxeles
Alto :	1 080 píxeles
Relación de aspecto :	16:9
Modo velocidad fotogramas :	Constante
Velocidad de fotogramas :	30,000 FPS
Espacio de color :	YUV
Submuestreo croma :	4:2:0
Profundidad bits :	8 bits
Tipo barrido :	Progresivo
Bits/(píxel*fotograma) :	0.244
Tamaño de pista :	20,1 MiB (99%)
Título :	Core Media Video
Librería de codificación :	H.264
Fecha de codificación :	2025-04-22 10:25:38 UTC
Fecha de etiquetado :	2025-04-22 10:25:40 UTC
Rango de color :	Limited
Colores primarios :	BT.709
Características transferencia :	BT.709
Coeeficientes matriz :	BT.709
Metas :	3,4,5
Codec configuration box :	avcC

## 2.3 Teniendo como referencia el fichero de vídeo ficticio sin compresión, ¿cuál es, entonces, el factor de compresión que ya posee asset-02?

Aplicando las mismas fórmulas que en el ejercicio 1, vemos que:

- Tamaño sin comprimir: 2.053.747.200 bytes
- Tamaño comprimido: 20,4 MiB = 21.390.336 bytes
- Factor de compresión =  $2.053.747.200 / 21.390.336 \approx 96,0$

## **2.4 Repite las tareas 1.5, 1.6 y 1.7 del ejercicio 1 pero ahora aplicadas a este segundo clip de vídeo.**

Aplicando las mismas fórmulas que en el ejercicio 1, resulta que:

- El primer fotograma seguiría siendo de tipo I.
- El segundo fotograma probablemente sería de tipo P.

Por tanto, confirmamos que en un clip con movimiento, habría más fotogramas tipo I en comparación con el clip estático, pues son necesarios para mantener la calidad cuando hay cambios significativos en la escena y que la estructura GOP más corta, con intervalos de 15-30 frames entre keyframes, es ideal para el contenido dinámico.

## **2.5 Comenta las diferencias encontradas entre el asset-01 y asset-02, y su explicación si tienen.**

Los factores de compresión de ambos clips resultan muy parecidos, lo que denota una optimización de la estructura GOP por parte del codificador, adaptándose a cada tipo de escena.

En relación al contenido dinámico (asset-02), tenemos las siguientes características:

- Mayor número de fotogramas de tipo I, necesarios para gestionar el movimiento.
- GOPs más cortos, con el fin de preservar la calidad.
- Mayor densidad de información en los fotogramas P y B.

Por otro lado, el contenido estático (asset-01) tenemos:

- Menor cantidad de fotogramas de tipo I.
- GOPs de mayor duración.
- Fotogramas P y B con menor información relativa al movimiento.

La similitud en las tasas de bits de ambos archivos (15,2 Mb/s) indica que el codificador ha distribuido una mayor cantidad de bits a las zonas con movimiento de asset-02, logrando mantener un nivel de calidad perceptiblemente similar en ambos vídeos.

## Ejercicio 3: codificación en baja calidad

### 3.1 ¿Qué formato de codificación de vídeo aceptan los DVD? Si el cliente hubiera pedido Blu-Ray en vez de DVD, ¿cuál habría sido el formato de codificación más adecuada?

Tal y como indican los apuntes de la asignatura, el formato DVD-Vídeo, basado en MPEG-2, está en desuso y los Blu-Ray usan principalmente H.264/MPEG-4 AVC y los Blu-Ray UHD utilizan H.265/HEVC para contenido 4K.

Por lo tanto, para satisfacer al cliente, debemos usar un Blu-Ray estándar H.264/MPEG-4 AVC, y para un Blu-Ray UHD, H.265/HEVC.

### 3.2 ¿Cuál de los dos filtros crees que sería más adecuado si tu clip fuese de 30 fps?

La recodificación no puede afectar a la experiencia final del espectador, para no alterar la experiencia visual, la recodificación debe mantener la velocidad de fotogramas original; por lo tanto, se debe seleccionar la opción "Restablecer FPS".

### 3.3 ¿Cuál es el factor de compresión conseguido con el nuevo fichero pec2\_dvd respecto al clip ficticio no comprimido de la misma duración y definición calculado en el apartado 2.1? Compáralo al resultante en el apartado 2.3

Al codificar vídeo para DVD en formato MPEG-2 con una resolución de 720x576, se logra un factor de compresión de aproximadamente 40-50 veces, inferior al original de 96 veces. Esta diferencia se debe a que MPEG-2 es una tecnología de compresión menos eficiente en comparación con H.264.

### 3.4 ¿Qué valores tenemos que poner en los campos Número de fotogramas B y Tamaño del GOP para obtener este formato de GOP?

La distancia N entre dos imágenes I afecta la calidad y el peso: mayor N implica menor calidad y peso, mientras que menor N resulta en mayor calidad y peso.

La distancia M entre una imagen I y otra I o P influye en la compresión y los errores: mayor M conlleva más errores, pero mejor compresión.

Así, se establece un tamaño de GOP de 6 y un número de fotogramas B de 2, como se indica en la tabla siguiente:

Posición	Tipo de fotograma
1	I ▾
2	B ▾
3	B ▾
4	P ▾
5	B ▾
6	B ▾
7	I ▾

Según la misma, se consigue un GOP con valores M=3 y N=6.

### 3.5 ¿Qué factor de compresión obtenemos? ¿Por qué?

Al reducir el tamaño del GOP de los valores, se obtiene un factor de compresión menor debido al aumento en la frecuencia de fotogramas I, que son más grandes pero proporcionan mejor calidad de imagen.

- $F_c = 369826000 \text{ bytes} / 13977000 \text{ bytes} = 26,459$

### **3.6 ¿Cómo afecta a los vídeos resultantes el cambio de los parámetros del GOP? ¿Qué cambia entre los vídeos? ¿Por qué?**

En cuanto al parámetro M, su influencia en la compresión presenta una dinámica bifásica. Inicialmente, con valores de M bajos (0, 1 y 2), se observa una mejora en la tasa de compresión sin que la calidad de imagen se vea comprometida de manera significativa. Esto se debe a que la predicción de movimiento entre fotogramas cercanos resulta más precisa.

Al emplear valores de M superiores, el tamaño del archivo puede empezar a aumentar. Esta inversión en la tendencia de compresión se explica por las limitaciones del algoritmo MPEG-2 en este escenario. A medida que se incrementa la distancia entre los fotogramas de referencia (I o P) utilizados para predecir los fotogramas B, la precisión de la predicción disminuye.

El codificador se ve obligado a asignar más bits a los fotogramas P para intentar corregir las imprecisiones, y los fotogramas B, que interpolan información de fotogramas de referencia más distantes, aumentan su tamaño para compensar los errores acumulados en el proceso de predicción.

Es decir, para valores altos de M, MPEG-2 comienza a generar fotogramas P menos eficientes y fotogramas B de mayor peso para mitigar las deficiencias de la predicción a largo plazo.

## Ejercicio 4: codificación Blu Ray y codificación 4K

### 4.1 ¿Qué significa HEVC? ¿Qué novedades incorpora H.265/HEVC respecto al anterior H.264/MPEG-4 AVC? Consulta Internet para encontrar estas informaciones.

HEVC significa High Efficiency Video Coding, también conocido como H.265. Es un estándar de compresión de vídeo desarrollado como sucesor de H.264/AVC.

Las principales mejoras que H.265/HEVC incorpora respecto a H.264/AVC son:

- Mayor eficiencia de compresión: aproximadamente 50% mejor ratio de compresión para la misma calidad visual
- Soporte para resoluciones más altas: diseñado para manejar eficientemente vídeo 4K y 8K
- Mejor particionamiento: unidades de codificación más grandes (hasta 64×64 píxeles frente a los 16×16 de H.264)
- Predicción intra mejorada: 33 modos de predicción direccionales (frente a los 9 de H.264)
- Transformaciones adaptativas más sofisticadas
- Mejor compensación de movimiento
- Filtrado en bucle mejorado para reducir artefactos
- Mayor soporte para procesamiento paralelo
- Mejor manejo de contenido con alta profundidad de color (10-bit)
- Mayor precisión en la predicción de movimiento (1/4 píxel)

### 4.2 ¿Cuáles son los niveles y los perfiles de H.265/HEVC? Compáralos con los de H.264/MPEG-4 AVC

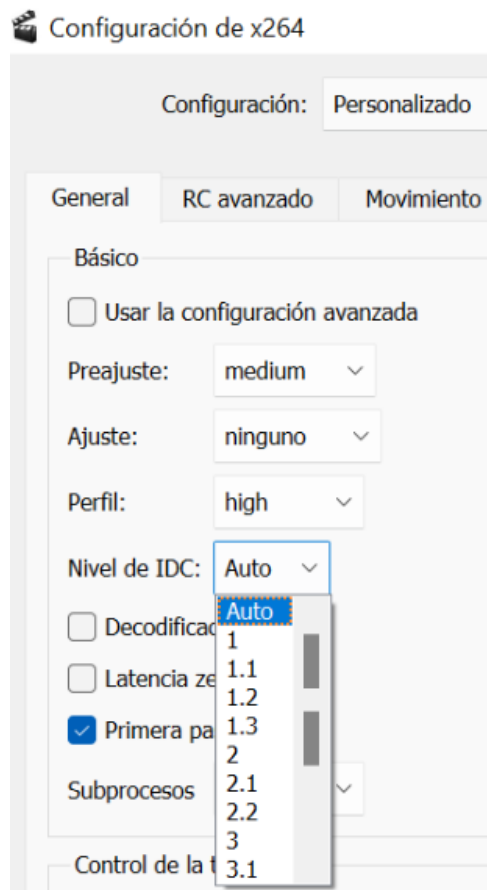
Los niveles de H.265/HEVC definen valores máximos para propiedades como frecuencia de muestreo luma, tamaño de imagen luma, velocidad de bit, resolución, tamaño de búfer (DPB), relación de compresión, número de cortes y mosaicos. La velocidad máxima de cuadros es 300 fps. El tamaño máximo de DPB puede aumentar si el tamaño de la imagen es menor que el máximo del nivel. Los niveles varían de 1 a 6.2.

Los perfiles de H.265/HEVC determinan las características soportadas, incluyendo Main, Main 10 y otros. Las características varían por perfil e incluyen profundidad de color (8-16 bits), submuestreo de crominancia (4:2:0, 4:2:2, 4:4:4, 4:0:0) y herramientas avanzadas. Algunos perfiles como Main 10 y Main tienen soporte en software y hardware.

H.265/HEVC es el sucesor de H.264/AVC, desarrollado para una codificación de alta eficiencia. Una diferencia clave es que HEVC usa Unidades de Codificación en Árbol (CTU) de hasta 64x64 píxeles en lugar de los macrobloques de H.264 (típicamente 16x16), lo que mejora la eficiencia.

### 4.3 ¿Dónde se indica el nivel de codificación en esta ventana?

En Avidemux podemos encontrar H.264 y H.265, en la pestaña “General”, y pulsando después el desplegable "IDC Level" tal y como vemos en la imagen siguiente:



#### 4.4 ¿Qué perfiles pueden ser elegidos en Avidemux para H.264 y en H.265?

Códec	Perfiles disponibles en Avidemux
H.264	Baseline, Main, High, High10, High422, High444
H.265	Main, Main10 y mainstillpicture

#### 4.5 Calcula el factor de compresión conseguido respecto el fichero asset-02.

##### 1. Bitrate:

Se calcula el bitrate del archivo original mediante la siguiente fórmula:

$$\text{bitrate} = (\text{tamaño del archivo en bytes} \times 8) / \text{duración en segundos}$$

Sustituyendo los valores:

$$\text{bitrate} = (30.457.697 \text{ B} \times 8) / 11,1 \text{ s} \approx 20492984 \text{ bps}$$

Por lo tanto, el bitrate del archivo original es de aproximadamente 20492984 bps.

##### 2. Bitrate al 80 %:

Calculamos el 80 % del bitrate original:

$$0,8 \times 20492984 \text{ bps} \approx 16394387 \text{ bps} \approx 16394 \text{ kbps}$$

El bitrate al 80 % equivale a aproximadamente 16394 kbps.

##### 3. Factor de compresión:

El resultante tras la compresión HEVC tiene un tamaño de 23902152 bytes. El factor de compresión se calcula como:

$$\text{factor de compresión} = \text{tamaño del archivo original} / \text{tamaño del archivo comprimido}$$

$$\text{Factor de compresión (Fc)} = 30457697 / 23902152 \approx \mathbf{1,27}$$



#### 4.6 Calcula también el factor de compresión respecto a un hipotético clip de la misma duración y definición (sin comprimir, evidentemente).

Factor de compresión =  $2,226,947,613,696 / 23,902,152 \approx 93,169$

Esto implica que HEVC consigue una reducción de tamaño de aproximadamente 93,2 veces, lo cual supera significativamente la reducción de  $\approx 73,1$  veces obtenida con H.264.

#### 4.7 Calcula otra vez el factor de compresión en ambos casos. ¿Ha habido una variación importante de compresión entre los dos clips generados? ¿Y de calidad visual? ¿Por qué crees que ha sido así?

Con una tasa de bits de 10 246 kbps, el archivo HEVC resultante tiene un tamaño de 15 404 371 bytes. A partir de estos datos, se realizaron los siguientes cálculos de compresión:

##### 1. Compresión en relación con el asset original (-02):

- El factor de compresión es aproximadamente 1,978.
- Esto representa una mejora del 49,42 % en comparación con el archivo original.

##### 2. Compresión en relación con el clip sin comprimir:

- El factor de compresión es aproximadamente 144,566.
- Esto implica casi un 50 % más de compresión que el 73,116 obtenido con H.264.

La calidad visual se mantiene aceptable debido al uso de dos pasadas, que permite una mejor distribución de bits en las áreas que más lo necesitan

La variación visual entre los dos clips no es dramática gracias a la mayor eficiencia de HEVC, que puede mantener mejor calidad con menos bits.

#### **4.8 ¿Qué efecto visual produce la pérdida de libertad de elección de su medida? ¿Y a la compresión del fichero? ¿Por qué?**

Al fijar el GOP a 30, se limita la libertad del codificador para elegir la estructura óptima según el contenido. Esto:

- Reduce la eficiencia de compresión, especialmente en escenas complejas
- Puede causar fluctuaciones en la calidad visual, especialmente en transiciones o movimientos rápidos
- Afecta al tamaño del archivo, haciéndolo ligeramente más grande porque se fuerzan fotogramas I en intervalos regulares
- El efecto es menor compresión pero mayor uniformidad en los puntos de acceso aleatorio del vídeo.

#### **4.9 Comparando los tres casos, ¿cómo afecta a la calidad visual la variación del GOP? ¿Y a la compresión del fichero? ¿Por qué?**

La disminución de la tasa de bits de codificación invariablemente produce un impacto visual y en el factor de conversión más significativo que la manipulación de la longitud del GOP, ya que este parámetro ejerce una restricción sobre la totalidad del proceso.

Esto puede verse en la pixelación de la imagen, la reducción de la gama cromática, la pérdida de nitidez de los objetos en movimiento y la aparición de transiciones abruptas entre planos consecutivos.

## **Ejercicio 5: codificación de vídeo mediante un CDN**

Para esta investigación consideramos interesante la combinación AWS MediaConvert y CloudFront,

AWS MediaConvert es un servicio de conversión de video basado en archivos, ideal para la emisión y distribución multipantalla a gran escala. CloudFront, por su parte, es la CDN que facilita la entrega global de este contenido procesado.

### **AWS MediaConvert:**

- **Formatos Versátiles:** Admite una amplia gama de formatos de entrada y salida, incluyendo H.264/AVC, H.265/HEVC, VP8, VP9 y AV1.
- **Procesamiento Avanzado:** Ofrece funciones sofisticadas como desentrelazado, reducción de ruido y escalado.
- **Soporte HDR:** Compatible con los estándares HDR10, HDR10+, HLG y Dolby Vision para contenido de alto rango dinámico.
- **Packaging Adaptativo:** Facilita la entrega en múltiples formatos de streaming adaptativo como HLS, DASH, CMAF y MSS.
- **Protección de Contenido:** Permite la integración de sistemas DRM para proteger los derechos de autor.
- **Codificación Acelerada:** Optimizado para un procesamiento de video más rápido.

### **AWS CloudFront:**

- **Red Global:** Dispone de una extensa red de puntos de presencia (PoPs) para minimizar la latencia en la distribución.
- **Escalabilidad Automática:** Se adapta automáticamente a los picos de demanda de tráfico.

- Seguridad Robusta: Incluye protección contra ataques DDoS y soporte para certificados SSL/TLS.
- Integración AWS: Se integra fluidamente con otros servicios del ecosistema de Amazon Web Services.
- Streaming Optimizado: Especialmente diseñado para streaming adaptativo con baja latencia.

## **Costes**

### **MediaConvert:**

- Pago por Uso: El costo se basa en los minutos de contenido de salida procesado.
- Tarifas Base: La codificación básica en H.264 tiene un precio inicial de \$0.0075 por minuto normalizado.
- Multiplicadores: Los costos varían según la resolución (SD, HD, UHD) y el códec utilizado (HEVC puede ser hasta 8 veces más caro).
- Descuentos por Volumen: Se ofrecen tarifas reducidas para grandes cantidades de procesamiento.

### **CloudFront:**

- Transferencia de Datos: El costo principal es de aproximadamente \$0.085 por GB transferido.
- Costos Adicionales: Se aplican cargos por el número de solicitudes y el uso de funciones opcionales.
- Variaciones Regionales: Los precios pueden variar según la región geográfica de distribución.

### **Ventajas:**

- Elimina la necesidad de invertir en infraestructura de codificación.

- Ofrece escalabilidad instantánea para manejar grandes volúmenes de contenido.
- Implementa un modelo de pago por uso, evitando costos fijos.
- Proporciona acceso a algoritmos de codificación de nivel profesional.
- Garantiza actualizaciones automáticas con las últimas tecnologías.
- Permite una distribución global optimizada del contenido.
- Se integra completamente con el amplio ecosistema de AWS.
- Ofrece herramientas detalladas para el monitoreo del rendimiento.

#### **Limitaciones:**

- Los costos variables pueden aumentar rápidamente con grandes volúmenes de procesamiento y distribución.
- Implica una dependencia del ecosistema de servicios de AWS.
- La configuración puede ser compleja para usuarios sin experiencia.
- Existe una latencia inicial durante la carga y el procesamiento del contenido.
- Los costos pueden ser desproporcionados para la codificación exclusiva de audio.
- Requiere una buena conexión a internet para la carga del contenido original.

## **Comparación con las otras alternativas propuestas:**

### **Azure Media Services:**

- MediaConvert ofrece más funcionalidades enfocadas en la codificación profesional.
- Los precios suelen ser más altos, pero con mayor flexibilidad en las opciones.
- La integración con otros servicios de AWS es más robusta.

### **Google Cloud Media Services:**

- AWS cuenta con más características orientadas a la industria del broadcast profesional.
- Google ofrece una mejor integración con YouTube y otros servicios de Google.
- AWS posee una red de distribución global más extensa.

## **Conclusión**

La combinación de AWS MediaConvert y CloudFront representa una solución integral y altamente escalable para la publicación profesional de video. A pesar de que los costos pueden ser significativos para volúmenes extensos de contenido, el modelo de pago por uso y la ausencia de inversión inicial la convierten en una alternativa atractiva en muchos escenarios. La decisión de adoptar esta solución debe basarse en un análisis exhaustivo del volumen de contenido, los requisitos de calidad y distribución, y una comparación con los costos asociados al mantenimiento de una infraestructura propia.

## 6. WEBGRAFÍA

- Amazon Web Services, Inc. (s.f.-a). Amazon CloudFront. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://aws.amazon.com/cloudfront/>
- Amazon Web Services, Inc. (s.f.-b). Amazon S3. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://aws.amazon.com/s3/>
- Amazon Web Services, Inc. (s.f.-e). AWS Elemental MediaConvert. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://aws.amazon.com/mediaconvert/>
- Amazon Web Services, Inc. (s.f.-g). AWS Elemental MediaLive. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://aws.amazon.com/medialive/>
- Amazon Web Services, Inc. (s.f.-h). Características de AWS Elemental MediaLive. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://aws.amazon.com/medialive/features/>
- Amazon Web Services, Inc. (2025, 26 de febrero). Guía del desarrollador de Amazon CloudFront – Usar cookies firmadas. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://docs.aws.amazon.com/AmazonCloudFront/latest/DeveloperGuide/private-content-signed-cookies.html>
- Amazon Web Services, Inc. (2025, 26 de febrero). Guía del usuario de AWS Elemental MediaConvert – Formatos de salida compatibles. Recuperado el 25 de abril de 2025, de [https://docs.aws.amazon.com/en\\_us/mediaconvert/latest/ug/reference-codecs-containers.html](https://docs.aws.amazon.com/en_us/mediaconvert/latest/ug/reference-codecs-containers.html)
- DVD-Video. (s.f.). En Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://es.wikipedia.org/wiki/DVD-Video>
- Google Cloud. (s.f.-a). Precios de Live Stream API. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://cloud.google.com/livestream/pricing>
- Google Cloud. (s.f.-b). Precios de Transcoder API. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://cloud.google.com/transcoder/pricing>
- H.264/MPEG-4 AVC. (s.f.). En Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado el 25 de abril de 2025, de [https://es.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4\\_AVC](https://es.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4_AVC)
- High Efficiency Video Coding. (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 25 de abril de 2025, de [https://en.wikipedia.org/wiki/High\\_Efficiency\\_Video\\_Coding](https://en.wikipedia.org/wiki/High_Efficiency_Video_Coding)

- Microsoft Azure. (s.f.-a). Precios de Azure Media Services. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/details/media-services/>
- Ribelles García, A. (2022). Codificación y distribución. Fundación UOC.