



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL FORMATO DE COMPRESIÓN DE VIDEO H.265/HEVC EN SISTEMAS DE VIDEO VIGILANCIA IP”

MILLER PATRICIO BAYAS REMACHE

Trabajo de Titulación modalidad: Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de

MAGÍSTER EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

RIOBAMBA – ECUADOR

Enero 2020

@ 2020, Ing. Miller Patricio Bayas Remache

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

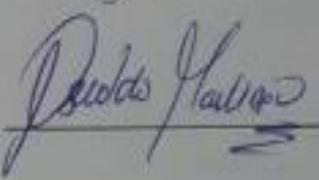
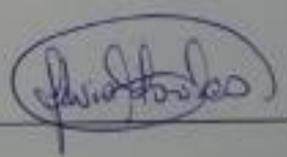
CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado “ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL FORMATO DE COMPRENSIÓN DE VIDEO H.265/HEVC EN SISTEMAS DE VIDEO VIGILANCIA IP”, de responsabilidad del Sr. Miller Patricio Bayas Remache, ha sido minuciosamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

Tribunal:

DR. JUAN VARGAS GUAMBO; MSc. PRESIDENTE	 _____
ING. OSWALDO MARTÍNEZ GUASHIMA; MSc. DIRECTOR	 _____
ING. SILVIA MORALES NORIEGA; MSc. MIEMBRO	 _____
ING. DANILO BARRENO NARANJO; MSc. MIEMBRO	 _____

Riobamba, Enero de 2020

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Miller Patricio Bayas Remache, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, y el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Miller Patricio Bayas Remache

N.º de Cédula: 1803668316

Yo, Miller Patricio Bayas Remache, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que proviene de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.

Miller Patricio Bayas Remache

N.º de Cédula: 1803668316

DEDICATORIA

A mis padres Milton Bayas y Marlene Remache por el apoyo brindado durante toda mi vida e incentivar en mí el deseo de superación.

A mis hijos Martin y Samantha porque son la razón por la que me levanto cada día para esforzarme por el presente y el mañana; porque dediqué gran parte de su tiempo al desarrollo y culminación de este proyecto. A mi sobrina Britney Hermayony, quien siempre me ha regalado una sonrisa y me ha dado fuerza para continuar.

A mi esposa Victoria Paredes por la paciencia, motivación y ayuda.

Miller Patricio Bayas Remache

AGRADECIMIENTO

Al finalizar este trabajo quiero Agradecer en primer lugar a **DIOS** todo poderoso por todas sus bendiciones porque me ha dado fortaleza en los momentos de dificultad y debilidad.

A MIS PADRES: Milton Bayas y Marlene Remache, por ser los principales promotores de mis sueños, por creer en mí, por los consejos brindados y los valores inculcados. A toda mi familia que de una u otra manera siempre me han apoyado.

A MI TÍO: Ángel Remache, por sus palabras de superación que me brindado durante toda mi vida, porque él confió en mí en todo momento.

A MI ESPOSA: Victoria Paredes, por la paciencia y apoyo brindado para alcanzar este objetivo de estudio.

A MIS PROFESORES: A los Ingenieros de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) en especial a la Ing. Oswaldo Martínez tutor de mi proyecto, por la guía y apoyo brindados para la culminación de mi trabajo de titulación.

CONTENIDO

RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xix

CAPÍTULO I

1.	MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1.	Introducción.....	1
1.2.	Problema de la Investigación.....	2
1.2.1.	<i>Planteamiento del Problema</i>	2
1.2.2.	<i>Formulación del Problema</i>	4
1.2.3.	<i>Sistematización del Problema</i>	4
1.3.	Justificación.....	4
1.4.	Objetivo.....	5
1.4.1.	<i>Objetivo General</i>	5
1.4.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	5
1.5.	Hipótesis.....	6
1.5.1.	<i>Hipótesis General</i>	6
1.5.2.	<i>Hipótesis Especifica</i>	6

CAPÍTULO II

2.	MARCO DE REFERENCIA.....	7
2.1.	Codificación de video y Estándares H.265/ HEVC.....	7
2.1.1.	<i>Concepto de Video</i>	7
2.1.2.	<i>Representación del Video Digital</i>	7
2.1.2.1.	<i>Definición de Video Digital</i>	7
2.1.2.2.	<i>Video Progresivo y Entrelazada</i>	8

2.1.2.3.	<i>Espacios de Color</i>	9
2.1.2.3.1.	<i>Espacio de color RGB</i>	9
2.1.2.3.2.	<i>Color CMYK</i>	10
2.1.2.3.3.	<i>Color YCbCr o YUV</i>	11
2.1.3.	<i>Comprensión de Video</i>	12
2.1.4.	<i>Estándares de Comprensión de Video</i>	13
2.1.5.	<i>Formatos de Video</i>	15
2.1.6.	<i>Modelo para la codificación de video</i>	16
2.2.	Estándar H.264/AVC	18
2.2.1.	<i>Características y Técnicas</i>	19
2.2.2.	<i>Estructura básica del decodificador de H.264</i>	23
2.2.3.	<i>Sintaxis del tren de bits H.264</i>	26
2.3.	Estándar H.265/HEVC	27
2.3.1.	<i>Definición</i>	27
2.3.2.	<i>Características</i>	30
2.3.3.	<i>Estructura</i>	31
2.3.3.1.	<i>Estructura del Codificador de HEVC</i>	31
2.3.3.1.1.	<i>Codificación de video</i>	32
2.3.3.2.	<i>Estructura del decodificador de HEVC</i>	33
2.3.4.	<i>Detalles de los bloques de Construcción del Codificador</i>	34
2.3.4.1.	<i>Video de entrada y muestreo</i>	34
2.3.4.2.	<i>Unidades de árbol Codificadas (CTUs), Unidades de Codificación (CUs) y Unidades de Predicción (PU)</i>	35
2.3.4.3.	<i>Bloques de Transformación (TBs)</i>	37
2.3.4.4.	<i>Slice y Tiles</i>	37
2.3.5.	<i>Herramientas de Codificación</i>	38
2.3.5.1.	<i>Predicción Intra</i>	38
2.3.5.2.	<i>Predicción Inter</i>	39

2.3.5.3.	<i>Filtros</i>	39
2.3.5.4.	<i>Paralelización</i>	40
2.3.5.4.1.	<i>Tiles</i>	40
2.3.5.4.2.	<i>Proceso Paralelo de Onda (WPP)</i>	40
2.3.6.	<i>Pasos para la Codificación y Decodificación</i>	41
2.3.6.1.	<i>Pasos para la Codificación</i>	41
2.3.6.2.	<i>Pasos para la Decodificación</i>	41
2.3.7.	<i>Mejoras del estándar H.265/HEVC</i>	42
2.4	Diferencias entre H.264/AVC y H.265/HEVC	43

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	46
3.1.	Introducción	46
3.2.	Métodos de Investigación	46
3.3.	Características del Sistema	47
3.4.	Componentes de un Sistema de CCTV	47
3.5.	Parámetros de Simulación	48
3.6.	Dispositivos Conectados	51

CAPÍTULO IV

4.	SIMULACIONES Y RESULTADOS	53
4.1.	Simulaciones	53
4.1.1.	<i>Simulación (15 cuadros por segundo)</i>	53
4.1.2.	<i>Simulación (20 cuadros por segundo)</i>	55
4.1.3.	<i>Simulación (25 cuadros por segundo)</i>	57
4.1.4.	<i>Simulación (30 cuadros por segundo)</i>	59
4.1.5.	<i>Simulación (60 cuadros por segundo)</i>	61

4.2.	Almacenamiento y Ancho de Banda con el total de Canales en Transmisión, Grabación y visualización	64
4.2.1.	<i>Simulación con 15 (cuadros por segundo)</i>	64
4.2.1.1.	<i>Simulación A 15 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.265/HEVC</i>	64
4.2.1.2.	<i>Simulación A 15 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.264/AVC...</i>	66
4.2.2.	<i>Simulación con 20 cuadros por segundo</i>	68
4.2.2.1.	<i>Simulación A 20 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.265/HEVC</i>	68
4.2.2.2.	<i>Simulación A 20 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.264/AVC ..</i>	70
4.2.3.	<i>Simulación con 25 cuadros por segundo</i>	72
4.2.3.1.	<i>Simulación A 25 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.265/HEVC</i>	72
4.2.3.2.	<i>Simulación A 25 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.264/AVC ..</i>	74
4.2.4.	<i>Simulación con 30 cuadros por segundo</i>	76
4.2.4.1.	<i>Simulación A 30 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.265/HEVC</i>	76
4.2.4.2.	<i>Simulación A 30 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.264/AVC...</i>	78
4.2.5.	<i>Simulación con 60 cuadros por segundo</i>	80
4.2.5.1.	<i>Simulación A 60 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.265/HEVC</i>	80
4.2.5.2.	<i>Simulación A 60 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.264/AVC ...</i>	82
	CONCLUSIONES.....	85
	RECOMENDACIONES.....	86
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Diferentes estándares para la comprensión de video.....	13
Tabla 2-2: Diferentes formatos de Video.....	15
Tabla 3-2: Mejoras en la predicción del estándar H.264/AVC.....	19
Tabla 4-2: Tipos de Codificación del estándar H.264/AVC	24
Tabla 5-2: Funciones del estándar H.265/HEVC	28
Tabla 6-2: Diferencias entre H.264/AVC y H.265/HEVC	43
Tabla 1-3: Configuración de red del Grabador de Video (NVR).....	50
Tabla 2-3: Configuración de direcciones IP de las Cámaras de video vigilancia IP.....	50
Tabla 1-4: Resultados del almacenamiento y ancho de banda en (15 fps)	53
Tabla 2-4: Resultados de la tasa de bits y ancho de banda en (20 fps)	55
Tabla 3-4: Resultados de la tasa de bits y ancho de banda en (25 fps)	57
Tabla 4-4: Resultados de la tasa de bits y ancho de banda en (30 fps)	59
Tabla 5-4: Resultados de la tasa de bits y ancho de banda en (60 fps)	61
Tabla 6-4: Resumen De Resultados Obtenidos De Las Simulaciones.....	63
Tabla 7-4: Resultados del almacenamiento y ancho de banda en (15 fps)	67
Tabla 8-4: Resultados del almacenamiento y ancho de banda en (20 fps)	71
Tabla 9-4: Resultados del almacenamiento y ancho de banda en (25 fps)	75
Tabla 10-4: Resultados del almacenamiento y ancho de banda en (30 fps)	79
Tabla 11-4: Resultados del almacenamiento y ancho de banda en (60 fps)	83
Tabla 12-4: Resumen De Resultados Obtenidos De Las Simulaciones Con 8 Cámaras Conectas al NVR	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Representación de una secuencia de video	8
Figura 2-2: Exhibición progresiva y entrelazada (campos superior e inferior)	9
Figura 3-2: Cubo de color RGB.....	10
Figura 4-2: Cubo de relación entre los modelos de color RGB y YUV	11
Figura 5-2: Diagrama de bloques del decodificador de video MPEG-1	15
Figura 6-2: Modelo genérico de codificación de video en el codificador	17
Figura 7-2: Modelo Genérico de codificación de video en el decodificador	17
Figura 8-2: Modos de predicción Intra 4*4 4n H.264	23
Figura 9-2: Modos de predicción Intra 16*16 H.264	23
Figura 10-2: Partición de macrobloques 16 *16 para predicción Inter.....	24
Figura 11-2: Estructura básica del codificador H.264/AVC.....	25
Figura 12-2: Organización jerárquica de los flujos de bits de H.264/AVC.....	26
Figura 13-2: Direcciones en la predicción de HEVC y AVC	28
Figura 14-2: Estructura de H.265	31
Figura 15-2: Diagrama de bloques de un codificador HEVC genérico	32
Figura 16-2: Diagrama de bloques del decodificador HEVC	33
Figura 17-2: Decodificador HEVC.....	34
Figura 18-2: Componentes de luma y croma del estándar HEVC.....	34
Figura 19-2: CTB y sus particiones	35
Figura 20-2: Estructura del árbol Cuádruple	35
Figura 21-2: Los PB se dividen de CB donde $N \times N$ y $N \times (N / 2)$ solo son compatibles con la predicción inter.	36
Figura 22-2: Representaciones pictóricas de varias divisiones y subdivisiones de bloques.....	36
Figura 23-2: Tamaños de TB	37
Figura 24-2: Direcciones de la Predicción Intra	39

Figura 25-2:	Codificación y Decodificación del Estándar H.265/HEVC.....	41
Figura 26-2:	Bloques del H.264/AVC con respecto a H.265/HEVC.....	45
Figura 27-2:	Predicción en H.264/AVC con respecto a H.265/HEVC.....	45
Figura 1-3:	Esquema de un Sistema de videovigilancia IP.....	48
Figura 2-3:	Diagrama del sistema de video vigilancia IP utilizado para la simulación.....	49
Figura 3-3:	Diagrama de Bloques del sistema de Video Vigilancia.....	49
Figura 4-3:	Lista de dispositivos conectados al NVR.....	51
Figura 5-3:	Parámetros de grabación.....	52
Figura 1-4:	Parámetros utilizados y resultados de un canal en la primera simulación.....	53
Figura 2-4:	Espacio de almacenamiento del canal 1 utilizando H.265/HEVC y canal 2 utiliza H.264/AVC a 15 fps.....	54
Figura 3-4:	Parámetros utilizados y resultados de un canal en la segunda simulación.....	55
Figura 4-4:	Espacio de almacenamiento del canal 1 utilizando H.265/HEVC y canal 2 utilizando H.264/AVC a 20 fps.....	56
Figura 5-4:	Parámetros utilizados y resultados de un canal en la tercera simulación.....	57
Figura 6-4:	Espacio de almacenamiento del canal 1 utilizando H.265/HEVC y canal 2 utilizando H.264/AVC a 25 fps.....	58
Figura 7-4:	Parámetros utilizados y resultados de un canal en la cuarta simulación.....	59
Figura 8-4:	Espacio de almacenamiento del canal 1 utilizando H.265/HEVC y canal 2 utilizando H.264/AVC a 30 fps.....	60
Figura 9-4:	Parámetros utilizados y resultados de un canal en la simulación 60 (fps).....	61
Figura 10-4:	Espacio de almacenamiento del canal 1 utilizando H.265/HEVC y canal 2 utilizando H.264/AVC a 60 fps.....	62
Figura 11-4:	Ancho de banda utilizado por H.265/HEVC a 15 fps.....	64
Figura 12-4:	Espacio de almacenamiento necesario con el formato de compresión H.265/HEVC a 15 fps.....	65
Figura 13-4:	Ancho de banda utilizado por H.264/AVC a 15 fps.....	66

Figura 14-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.264/AVC a 15 fps.....	67
Figura 15-4: Ancho de banda utilizado por H.265/HEVC a 20 fps.....	68
Figura 16-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.265/HEVC a 20 fps	69
Figura 17-4: Ancho de banda utilizado por H.264/AVC a 20 fps	70
Figura 18-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.264/AVC a 20 fps.....	71
Figura 19-4: Ancho de banda utilizado por H.265/HEVC a 25 fps.....	72
Figura 20-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.265/HEVC a 25 fps	73
Figura 21-4: Ancho de banda utilizado por H.264/AVC a 25 fps	74
Figura 22-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.264/AVC a 25 fps.....	75
Figura 23-4: Ancho de banda utilizado por H.265/HEVC a 30 fps.....	76
Figura 24-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.265/HEVC a 30 fps	77
Figura 25-4: Ancho de banda utilizado por H.264/AVC a 30 fps	78
Figura 26-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.264/AVC a 30 fps.....	79
Figura 27-4: Ancho de banda utilizado por H.265/HEVC a 60 fps.....	80
Figura 28-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.265/HEVC a 60 fps	81
Figura 29-4: Ancho de banda utilizado por H.264/AVC a 60 fps	82
Figura 30-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.264/AVC a 60 fps.....	83

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Ficha Técnica Del Grabador De Video Ds-7608ni-K2/8p Utilizado En La Simulación	90
ANEXO B: Ficha Técnica De La Cámara De Video Vigilancia Ip Ds-2cd2125fhwd-Is Utilizado En La Simulación.....	93
ANEXO C: Cálculo Del Ancho De Banda Y Almacenamiento	97

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ACRÓNICO	DESCRIPCIÓN
3GPP	Third Generation Partnership Project.
ADT	Active Download Time.
CDF	Cumulative Distribution Function.
CSI	Channel State Information.
CVS	Coded Video Sequence.
H.264/AVC	Advanced Video Coding.
H.265/HEVC	High Efficiency Video Coding.
IP	Internet Protocol.
ITU-R	International Telecommunications Union Radiocommunications tor.
LDU	Logical Data Unit.
LTE	Long Term Evolution.
LTE-A	LTE Advanced.
MANE	Media Aware Network Element.
MIESM	Mutual Information Effective SNR Metric.
MIMO	Multiple Input Multiple Output.
MPEG	Moving Picture Experts Group.
NAL	Network Abstraction Layer.

NGMN	Next Generation Mobile Networks.
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access.
OSI	Open Systems Interconnection.
PB	Prediction Block.
QAM	Quadrature Amplitude Modulation.
QoE	Quality of Experience.
QoS	Quality of Service.
QPSK	Quaternary Phase Shift Keying.
RBSP	Raw Byte Sequence Payload.
RI	Rank Indication.
RTP	Real Time Protocol.
RU	Resource Utilization.
TCP	Transmission Control Protocol.
UDP	User Datagram Protocol.
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System.
VCL	Video Coding Layer.

RESUMEN

El trabajo de titulación tuvo como objetivo el análisis y evaluación del formato de compresión H.265/HEVC en un sistema de videovigilancia IP; los problemas que se presentan en estos sistemas son de almacenamiento y ancho de banda; para reducir estos problemas se utilizó el formato de compresión de video H.265/HEVC, se recurrió a un simulador de una marca desarrolladora de sistemas de seguridad electrónica Hikvision, donde se elaboró un sistema de video vigilancia IP, utilizando 8 cámaras de seguridad modelo: DS-2CD2125FHWD-IS, con una resolución de 2 megapíxeles y que tiene la característica de codificación de video con los formatos H.264/AVC y H.265/HEVC y un Grabador de Video en Red NVR modelo: DS-7608NI-K2/8P, que soporta las ocho cámaras. La conexión entre las cámaras y el NVR se realizó con cable UTP que soporta un ancho de banda de hasta 100 Mbps. Para el análisis y evaluación se ha tomado como referencia los resultados obtenidos con los dos formatos de compresión variando los cuadros por segundo FPS entre 15 y 60 fps. En la simulación se cambian los parámetros de configuración de las cámaras para establecer la variación en lo referente a ancho de banda, espacio de almacenamiento y tasa de bits. Se concluye que el estándar de compresión de video H.265/HEVC ha logrado reducir el 50% de espacio de almacenamiento con respecto a su predecesor H.264/AVC en un sistema de video vigilancia IP, además ha conseguido reducir el 50% el ancho de banda utilizado por cada cámara de vigilancia. También se debe considerar que H.265/HEVC requiere mayores recursos computacionales para decodificación en el NVR tanto para visualización en tiempo real, como para reproducción de grabación. Se recomienda que para diseño e implementación de proyectos de infraestructura se utilice sistemas de video vigilancia IP que soporten el formato de compresión H.265/HEVC.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE INGENIERÍA>, <TELECOMUNICACIONES>, <SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA IP>, <SEGURIDAD ELECTRÓNICA>, <GRABADOR DE VIDEO EN RED (NVR)>, <COMPRESIÓN DE VIDEO DE ALTA EFICIENCIA (HEVC)>, < CODIFICACIÓN DE VIDEO AVANZADO (AVC)>, <NORMA ISO/ IEC 9126-3>.



ABSTRACT

The degree work has as objective the analysis and evaluation of the H.265 / HEVC compression format in an IP video surveillance system; the problems that arise in these systems are storage and bandwidth; to reduce these problems, the H.265 / HEVC video compression format was used, a simulator of a developer brand of electronic security systems Hikvision is used, where an IP video surveillance system was developed, using 8 security cameras model: DS-2CD2125FHWD-IS, with a resolution of 2 megapixels and that has the video encoding feature with the H.264 / AVC and H.265 / HEVC formats and an NVR Network Video Recorder Model: DS-7608NI-K2 / 8P, which supports all eight cameras. The connection between the cameras and the NVR was made with a UTP cable that supports a bandwidth of up to 100 Mbps. For the analysis and evaluation, the results obtained with the two compression formats have been taken, varying the frames per second FPS between 15 and 60 fps. In the simulation, the configuration parameters of the cameras are changed to establish the variation in bandwidth, storage space and bit rate. It is concluded that the H.265 / HEVC video compression standard has managed to reduce 50% of storage space compared to its H.264 / AVC predecessor in an IP video surveillance system, and has also managed to reduce the bandwidth used by each surveillance camera. It should also be considered that H.265 / HEVC requires greater computational resources for decoding in the NVR for both real-time viewing and recording playback. It is recommended that IP video surveillance systems that support the H.265 / HEVC compression format be used for the design and implementation of infrastructure projects.

Key words: <TECHNOLOGY AND SCIENCES ENGINEERING >, <TECECOMMUNICATIONS>, <IP VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM>, <ELECTRONIC SECURITY>, <NETWORK VIDEO RECORDER (NVR)> <HIGH EFFICIENCY VIDEO COMPRESSION (HEVC)>, < ADVANCED VIDEO CODIFICATION (AVC)>, <ISO/IEC 9126-3 STANDARD>.



CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Introducción

Actualmente, el contenido multimedia es generado por una gran cantidad de dispositivos como, por ejemplo: televisores inteligentes, teléfonos inteligentes, celulares, computadoras, tabletas y terminales diferentes que consumen una gran cantidad de ancho de banda de los diferentes enlaces como proveedor- usuario. Esto ha permitido el desarrollo y surgimiento en los últimos años de tecnologías de compresión digital; brindando una alta eficiencia que ha permitido revolucionar el concepto de entrega, almacenamiento e intercambio de contenido. En la actualidad el uso de servicios de video tales como VoD, transmisión de video y comunicaciones de video personales, se está volviendo común entre los usuarios a nivel mundial, que responde las necesidades del mundo, generando una interconexión entre líneas directas e indirectas de hoy en día.

En la última década se ha producido un crecimiento exponencial de los servicios de video proporcionado por las cámaras de video, cámaras de teléfonos inteligentes, cámaras de vigilancia e incluso cámaras deportivas; estos dispositivos admiten resoluciones de formato de definición estándar (SD) que comprende 0.5 megapíxeles por imagen, a través del formato de alta definición (HD) con 2 megapíxeles, hasta el formato actual de ultra alta definición (UHD) con más de 8 megapíxeles, que pronto será superado por el próximo formato 8k, que cuadruplica la resolución anterior del formato UHD.

Los servicios de video constituyen la mayor parte del tráfico de red en todo el mundo, especialmente a través de redes inalámbricas y celulares; este volumen seguirá creciendo o aumentando a un ritmo acelerado que es impulsado por el incremento de usuarios que acceden a estos servicios.

El último servicio que apareció fue Long Term Evolution (LTE) después de la Tercera Generación (3GPP), los servicios de video se están convirtiendo rápidamente en los servicios de datos dominantes en redes móviles 4G y se proyecta que el tráfico de video móvil represente el 72% del tráfico total de datos móviles para 2019. La transmisión de servicios de video a través de redes celulares es desafiante debido al gran requerimiento de ancho de banda, la baja latencia requerida

debido a la interoperabilidad de la pila de protocolos y el efecto de propagación de error dentro de la secuencia de video en caso de pérdidas de paquetes. El estándar dominante actual para la codificación de video es la codificación avanzada de video (H.265 / AVC) y se utiliza para ofrecer una amplia gama de servicios de video. Sin embargo, H.264 / AVC requiere un ancho de banda extremadamente alto, hacer que la entrega de servicios de video de alta definición (HD) sea poco práctica. Su sucesor, posee alta eficiencia de codificación de vídeo (H.265 / HEVC), fue estandarizado por el Moving Picture Experts Group (MPEG) en 2012 y se espera que reduzca la tasa de bits en comparación con H.264 y esa reducción sea aproximadamente el 50% manteniendo una calidad subjetiva comparable. Por lo tanto, H.265 / HEVC es una opción más práctica para entregar contenido de video HD y de muy alta definición (UHD) a los consumidores que utilizan redes alámbricas e inalámbricas.

La evolución de los formatos exige redes de mayor ancho de banda, lo que ha llevado al rápido desarrollo de una nueva generación de redes inalámbricas y celulares como 3G y 4G, pero también a una nueva generación de tecnologías de transmisión para satélites terrestres, y redes de cable, conocidas como DVB-X2. Al mismo tiempo esta evolución de la red, los avances en las tecnologías de codificación de video han desempeñado un papel fundamental en la revolución de los medios. El estándar de codificación de video MPEG-2 fue el impulsor para el desarrollo de la TV digital y el intercambio de medios en DVD en la década de los 90. Este estándar permitió la entrega de servicios de TV usando el formato SD a una tasa de bits de 4Mbps. Por otro lado, el estándar de codificación de video H.264 / AVC, aprobado en 2003, se ha convertido en el principal impulsor para soportar el formato HD en una amplia gama de redes y servicios con tasas de bits promedio en el rango de 4Mbps a 10Mbps. El éxito del estándar H.264 / AVC es indudable, y se ha convertido en el códec de mercado masivo, que brinda soporte a los servicios actuales de transmisión, difusión e IPTV, y se utiliza en todo el mundo en miles de millones de dispositivos móviles.

1.2. Problema de la Investigación

1.2.1. Planteamiento del Problema

Hace unos años atrás hablar de seguridad representaba implicaciones como personal para realizar trabajos de vigilancia, también implicaba tener que recorrer las instalaciones de un inmueble para garantizar que todo estuviera en orden. Con el paso de los años se ha dado pasos agigantados en avances tecnológicos, con lo cual se ha conseguido que actividades de vigilancia que necesitaban

personal, se reduzca simplemente a equipos dentro de los cuales se encuentran grabadores de video digital (Digital Video Recorder, DVR), grabadores de video en red (Network Video Recorder, NVR), cámaras IP. (AXIS Communications, 2003)

Los desastres naturales, los ataques terroristas y la necesidad de implementar nuevas tecnologías que aporten a reducción de consumo de recursos han hecho tomar conciencia a los gobiernos y empresas de la necesidad de contar con sistemas de video vigilancia (Luis Delgado, gerente de seguridad Anixter para Colombia y Ecuador). El ECU 911 a través de su página web oficial señala que a la fecha se tienen instaladas 3700 cámaras operativas a nivel nacional. (ECU-911, 2018) .

La Plataforma Gubernamental Financiera Centro Norte Iñaquito, ubicada al norte de Quito, fue diseñada para la instalación de 394 cámaras IP para video vigilancia, con una demanda de almacenamiento de 213,77 TB considerando 30 días de grabación y un ancho de banda de 2114,69 Mbit/s (Diseño Plataforma Gubernamental Financiera Centro Norte Iñaquito, Servicio de Contratación de Obras SECOB). Con la creciente demanda de sistemas de video vigilancia IP para la seguridad física de bienes y personas, también crece la demanda de almacenamiento, ancho de banda, calidad de video, análisis y gestión de video, por lo cual es necesario utilizar técnicas de compresión de video que puedan reducir y eliminar datos redundantes del video para que el archivo pueda ser enviado por la red, almacenada en un disco duro y analizado mediante software especializado. (ECU-911, 2018) .

Actualmente los sistemas de video vigilancia IP para las instituciones públicas a nivel nacional (Hospitales, Escuelas del Milenio, Plataformas Gubernamentales, entre otros) se diseñan e implementan con equipos que soportan los estándares de compresión de video H.264/MPEG-4-AVC.

El presente proyecto pretende realizar el análisis y evaluación de los principales parámetros como retardo de codificación, complejidad de codificación, eficiencia de decodificación del códec de compresión de video HEVC/H.265 (High Efficiency Video Coding) que ayudan a los Sistemas de Video Vigilancia IP en lo referente a espacio de almacenamiento, ancho de banda requerido, calidad de video, con respecto a su predecesor H.264/AVC (Código de Video Avanzado), analizando estos parámetros en el sistema compuesto por la/las cámaras de video IP transportado por una red Ethernet cableada hasta el centro de grabación local y gestión situado en el NVR; con lo cual se podría recomendar que los sistemas de video vigilancia en el sector público y privado exijan sistemas con compresión de video basado en HEVC/H.265. También se analizará la relación de procesamiento y retardo que se tiene con cada estándar de codificación.

De acuerdo al Plan Nacional del Buen Vivir, en el objetivo 11 señala que: “el país debe gestionar sus recursos estratégicos en el marco de una inserción internacional, que permita que el ciclo tecnológico actual basado en la automatización, la robótica y la microelectrónica, contribuya al incremento generalizado del bienestar para sus habitantes”, además se debe “Fortalecer la seguridad integral usando las TIC”, por esta razón este proyecto está alineado con el Plan Nacional del Buen vivir.(SENPLADES , 2017)

1.2.2. Formulación del Problema

El formato de compresión de video HEVC/H.265 disminuirá el requerimiento de ancho de banda, espacio de almacenamiento; manteniendo o incrementando la calidad del video con respecto al códec AVC/H.264. ¿El nivel de procesamiento requerido y capacidad del canal será válido para sistemas de video vigilancia IP que requieren reproducir la información con mínimos retardos?

1.2.3. Sistematización del Problema

- a) ¿Qué porcentaje en almacenamiento y ancho de banda se logrará reducir al utilizar el códec de compresión de video HEVC/H.265 en sistemas de video vigilancia IP?
- b) ¿Se logrará mejorar la calidad de video con el uso de HEVC/H.265 en la compresión de video en referencia al requerimiento de procesamiento?
- c) ¿Qué técnicas utiliza HEVC/H.265 para la compresión de video?
- d) ¿En que influye la utilización de H.265 en la compresión de video?

1.3. Justificación

A medida que se incrementa la cantidad de dispositivos de video vigilancia, existe mayor demanda de ancho de banda, espacio de almacenamiento, lo cual puede llegar a saturar la red de un inmueble. Además, para realizar el análisis de eventos de una escena o de un siniestro (robo, asalto), es indispensable buena calidad de video, para detectar objetos, reconocimiento de rostros,

visión nocturna, entre otros detalles. La presente investigación propone como objetivo principal analizar el formato de compresión de video HEVC/H.265 (Compresión de Video de Alta Eficiencia) aplicado a un Sistemas de video vigilancia IP.

De acuerdo al Plan Nacional del Buen Vivir, señala que: “el país debe gestionar sus recursos estratégicos en el marco de una inserción internacional, que permita que el ciclo tecnológico actual basado en la automatización, la robótica y la microelectrónica, contribuya al incremento generalizado del bienestar para sus habitantes”, además de debe “Fortalecer la seguridad integral usando las TIC”, (SEMPLADES 2013), por esta razón este proyecto propone utilizar una tecnología basado en los avances tecnológicos en sistemas de video vigilancia IP de manera que se contribuya a la seguridad integral de las personas y bienes y además podría disminuir costos con lo cual se puede mejorar el bienestar de la sociedad.

1.4. Objetivo

1.4.1. Objetivo General

- Analizar y Evaluar el formato de compresión HEVC/H.265 (Compresión de Video de Alta Eficiencia) aplicado en sistemas de Video Vigilancia IP.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar los componentes principales de un sistema de video vigilancia IP.
- Evaluar las técnicas de compresión de video utilizado por HEVC/H.265 con respecto a su predecesor AVC/H.264 para determinar las diferencias en lo referente a eficiencia y complejidad de codificación.
- Realizar la simulación de un sistema de video vigilancia IP utilizando HEVC/H.265 y AVC/H.264 en una red Ethernet, utilizando los mismos parámetros (resolución, relación de aspecto, número de cuadros por segundo, tiempo de grabación).

- Analizar los resultados de la simulación determinar el espacio de almacenamiento que demanda un sistema de video vigilancia IP utilizando HEVC/H.265 con respecto a AVC/H.264 y establecer su relación de compresión, utilizando software especializado.
- Analizar los resultados de la simulación para determinar el ancho de banda que consume un sistema de video vigilancia IP utilizando HEVC/H.265 con respecto a AVC/H.264.
- Determinar la calidad de video que se obtiene con los códec de compresión de video.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

El análisis y evaluación del estándar de compresión de video H.265/HEVC, permitirá determinar el consumo de espacio de almacenamiento, determinar el ancho de banda y la calidad de video que se tiene en sistemas de video vigilancia IP, realizar una comparación con respecto al formato de compresión de video H.264/AVC.

1.5.2. Hipótesis Especifica

- La simulación de un sistema de video vigilancia IP con el formato de compresión H.265/HEVC, permitirá determinar el espacio de almacenamiento y ancho de banda que se requiere y determinar la diferencia con respecto a H.264/AVC.
- La elaboración del marco teórico mediante las técnicas de compresión de video utilizadas por H.265/HEVC y H.264/AVC, permitirá determinar cuál es el formato de compresión más eficiente para sistemas de video vigilancia IP.
- El análisis de resultados, permitirá determinar si la calidad de video obtenida con la compresión de H.265/HEVC es la misma que la obtenida con H.264/HEVC.

CAPÍTULO II

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Codificación de video y Estándares H.265/ HEVC

2.1.1. *Concepto de Video*

Video es una secuencia de cuadros o imágenes de información visual de manera natural, que están asociados a las bandas de frecuencias del espectro electromagnético; esta secuencia de imágenes infrarrojas corresponde a una banda fuera de la parte visible del espectro. La secuencia de imágenes tiene un alcance más amplio que el video y cuando se trata de la banda visible, ambos términos son intercambiables. En los sistemas de codificación, el término video puede significar un solo cuadro o una secuencia de cuadros. (Mora, 2008, p. 10)

2.1.2. *Representación del Video Digital*

2.1.2.1. *Definición de Video Digital*

La imagen digital se obtiene por la cuantización espacial y amplitud de una imagen continua; el muestreo de la imagen se realiza con la digitalización de las coordenadas espaciales, y la cuantización del nivel de grises se lo realiza con la digitalización de la amplitud, partiendo de la imagen continua denota por $g(x, y)$, donde la amplitud de g en el punto (x, y) es la intensidad o brillo de la imagen en ese punto. (Mora, 2008, p. 11)

Para la transformación de la imagen continua en imagen digital se expresa como $f(m, n)$, donde Q es un operador de cuantización, x_0 y y_0 son las coordenadas del origen del plano de la imagen, m y n son los valores discretos $0, 1, 2, \dots$. Δx y Δy son los intervalos de muestreo en las direcciones horizontales y verticales respectivamente. (Mora, 2008, p. 11)

$$f(m, n) = Q[g(x_0 + m\Delta x, y_0 + n\Delta y)]$$

Si el proceso de muestreo se extiende a una tercera dirección temporal, se obtiene la secuencia $f(m, n, t)$; donde t toma los valores $0, 1, 2, \dots$ y Δt es el intervalo de tiempo:

$$f(m, n, t) = Q[g(x_0 + m\Delta x, y_0 + n\Delta y, t_0 + t\Delta t)]$$

La muestra espacial y cada punto de la imagen representa un píxel y cada imagen individual especifica un cuadro (Figura 1-2). Los cuadros son normalmente exhibidos en un intervalo de tiempo regular para que el ojo perciba un movimiento fluido. (Mora, 2008, p. 11)

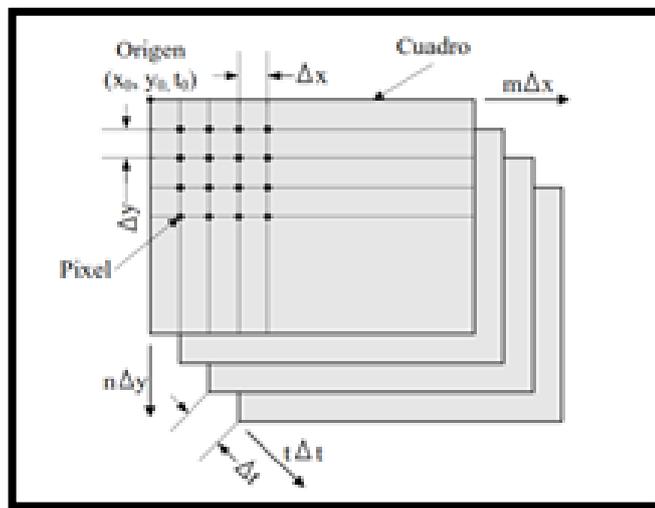


Figura 1-2: Representación de una secuencia de video
Fuente: (Mora Campos Armando, 2008)

2.1.2.2. Video Progresivo y Entrelazada

Video Progresivo

- Es la señal muestreada en una secuencia de cuadros completos.

Video Entrelazado

- Es la señal muestreada en una secuencia de campos entrelazados que fueron utilizados por la televisión para reducir la cantidad de información de cada imagen.

- Este consiste en muestrear la mitad de los datos de cada cuadro en un intervalo de muestreo temporal donde el campo superior se forma por las líneas impares y el campo inferior se forman por las líneas pares de un cuadro.
- Es una serie de campos superior- inferior-superior..., cada una representando la mitad de la información del cuadro de video.
- Permite transmitir y exhibir el doble de campos por segundo, con respecto a la transferencia de cuadros completos. (Mora, 2008, p. 11)

Actualmente la mayoría de las señales broadcast son transmitidas como entrelazadas.

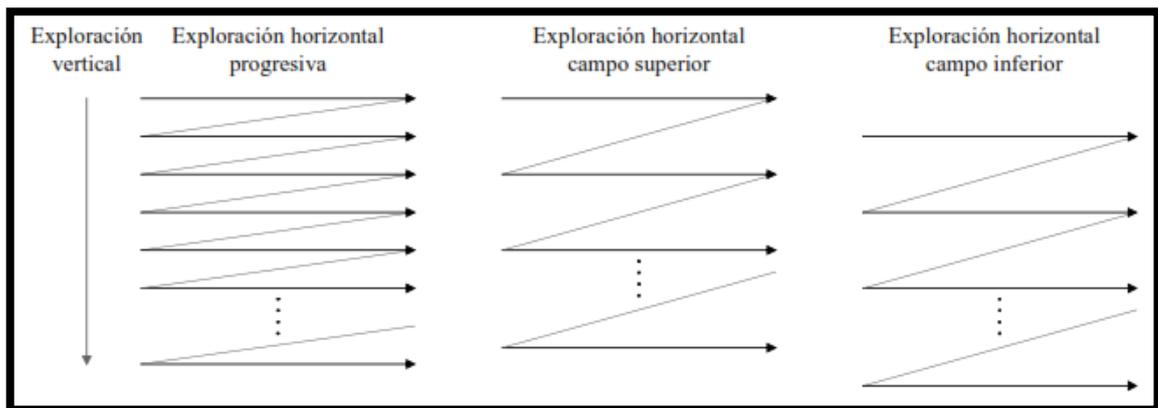


Figura 2-2: Exhibición progresiva y entrelazada (campos superior e inferior)

Fuente: (Mora Campos Armando, 2008)

2.1.2.3. Espacios de Color

Los sistemas de video digital para representar la información de color utilizan modelos matemáticos llamados espacios de color: RGB (red, Green, blue) y el YCbCr (luma, croma, blue, croma red); y las imágenes monocromáticas utilizan un número para indicar la brillantez o luminancia de cada pixel. (Mora, 2008, p. 12)

2.1.2.3.1. Espacio de color RGB

El espacio de color RGB posee tres componentes de color rojo, verde y azul, que son colores primarios de los cuales se puede crear cualquier color o colores secundarios más luminosos. Este color se lo relaciona con un cubo de coordenadas cartesianas (3D) como se muestra en la figura,

donde la línea diagonal define los niveles de gris; para el filtrado de los componentes es rojo, verde y azul usando un sensor matricial para cada color. (Sánchez, 2016, p.28) y (Mora, 2008, p. 11)

Para la representación digital del estándar RGB, cada uno de los componentes se codifican con 8 bits (sus valores van desde 0 hasta 255), teniendo un total de 24 bits. (Sánchez, 2016, p.28)

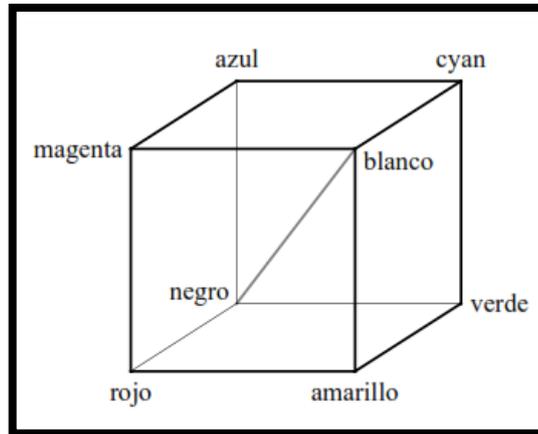


Figura 3-2: Cubo de color RGB
Fuente: (Mora Campos Armando, 2008)

2.1.2.3.2. Color CMYK

Los colores cian, magenta y amarillo son los colores primarios de los pigmentos, estos reflejan las longitudes de onda que no se han absorbido de la luz del entorno. Los pigmentos no poseen un color real, sus moléculas lo absorben de las ondas electromagnéticas de la luz y reflejar las restantes. Cuando una sustancia refleja todo el espectro visible de la luz, su apariencia es blanca. Se procede a mostrar la fórmula de conversión del modelo RGB al CMY. (Sánchez, 2016, p.28)

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

En la formula anterior se puede observar el pigmento amarillo puro dado por ($Y = 1$, $C = 0$, $M = 0$) donde no contiene azul por lo que B es igual a 0 mientras R y G están en 1.

Este modelo es el más usado en la generación e impresión de color, como por ejemplo en las impresoras el color negro es independiente de los otros colores, siendo similar al modelo CMY lo diferente es que este modelo tiene un cuarto componente K que representa el color negro; para pasar de un modelo a otro se utiliza las siguientes formulas. (Sánchez, 2016, p.30)

$$K = \min(C, M, Y)$$

$$C = CK$$

$$M = MK$$

$$Y = Y - K$$

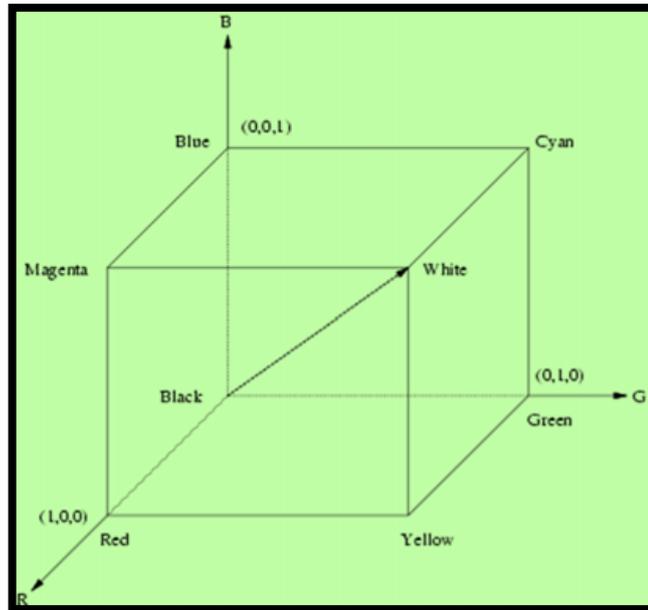


Figura 4-2: Cubo de relación entre los modelos de color RGB y YUV
Fuente: (Sánchez Pastor Fernando, 2016)

2.1.2.3.3. Color YCbCr o YUV

La vista del ser humano es sensible a la brillantez (iluminación) que, al color, por lo cual es más eficiente representar el color separando la iluminación (luma) de la información de color (croma), sus componentes luma se le da mayor resolución que a los componentes croma, sin tener una contracción evidente de la calidad visual. (Mora, 2008, p.13)

A la imagen se lo describe por el componente luma Y y los componentes croma Cb , Cr y Cg , donde Y se puede calcular como la suma pesada de las intensidades de color R , G y B , siendo kr , kg y kb los factores de peso, donde $kr + kg + kb = 1$; Cr , Cg y Cb se definen como la diferencia entre R , G y B y Y respectivamente. (Mora, 2008, p.13)

$$Y = kr R + kg G + kb B$$

$$Cr = R - Y$$

$$Cg = G - Y$$

$$Cb = B - Y$$

La suma $Cr + Cg + Cb$ es una constante, que solo almacena o transmite dos de los tres valores de croma, siendo los componentes Cb y Cr los seleccionados en el espacio de color YCbCr; el espectador no observa una diferencia clara entre una secuencia de imágenes RGB y su par YCbCr con resolución croma reducida. Cuando se usa YCbCr es un método natural de compresión de video. (Mora, 2008, p.13)

Los sistemas RGB prevalecen en los procesos de captura y exhibición de video, permitiendo simplificar la arquitectura y diseño del sistema, una imagen RGB puede ser convertida a YCbCr para su procesamiento, almacenamiento, transmisión y regresada al espacio de color original para su exhibición. De acuerdo a la ITU-R BT.601 define $kb = 0.114$ y $kr = 0.299$, por lo que las expresiones (2.5) y (2.6) muestran las ecuaciones de conversión correspondientes. (Mora, 2008, p.13)

$$Y = 0.299R + 0.587 G + 0.114 B$$

$$Cb = 0.564 (B - Y)$$

$$Cr = 0.713 (R - Y)$$

$$R = Y + 1.402 Cr$$

$$G = Y - 0.344 Cb - 0.714 Cr$$

$$B = Y + 1.772 Cb$$

2.1.3. Compresión de Video

Compresión sin Pérdida. - Es el método de compresión en los que la calidad de la señal decodificada es igual a la calidad de la señal de la fuente.

Compresión con Pérdida. - En los sistemas de compresión con pérdida es admisible la pérdida de ciertas cantidades de información que no es relevante para usuario final, en esta condición la señal debe tener la máxima calidad subjetiva, es decir que resulte aceptable al observable o para el usuario final. (Pérez, s. f. p. 2)

2.1.4. Estándares de Compresión de Video

Tabla 1-2: Diferentes estándares para la compresión de video

Estándar	Definición	Velocidad de Transmisión
H.261 DEL CCITT	Se aplica en videoconferencia, en que las imágenes tienen escaso movimiento.	64 Kbit/s 384 Kbit/s 1.5 Mbit/s
JPEG	Se encarga de la codificación de imágenes fijas para almacenamiento de CD-ROM o medios magnéticos. Permite elevados niveles de compresión. Al tratar imágenes fijas no necesita la compensación de movimiento y audio.	
JPEG-2000	Permite la decodificación para convertir datos de imágenes comprimidas en datos de imágenes reconstruidas. Codifica los datos de imágenes fuente en datos de imágenes comprimidas con la técnica de Wavelet.	
CCIR-723	Transmite a larga distancia la señal de video en componentes digitalizadas en el formato 4:2:2.	34 Mbit/s 45 Mbit/s 140 Mbit/s
MPEG-1	Estándar empleado para imágenes de movimiento y la información asociada de audio. Orientado al almacenamiento de imágenes CD-ROM. La calidad es equivalente al sistema VHS analógico. Permite la compresión de audio.	1.2 Mbit/s Audio 128 Kbit/s 334 Kbit/s
	Permite el barrido entrelazado de imágenes, orientado a aplicaciones de televisión con fines de distribución. Mayor tasa de datos y mejor oposición al error.	3 Mbit/s 8 Mbit/s Audio 128 Kbit/s

MPEG-2	<p>Señal de video entrelazada y progresiva.</p> <p>Su impacto en la industria electrónica de consumo, ya que el DVD y la TDT lo han adoptado como tecnología de comprensión.</p>	334 Kbit/s
MPEG-4	<p>Permite estandarizar los algoritmos de codificación audiovisual en aplicaciones multimedia.</p> <p>Tiene accesibilidad universal y robustez en ambientes propensos a errores, interactividad, codificación de datos naturales y sintéticos.</p>	
H.120	<p>Primer estándar internacional de codificación de video digital.</p> <p>Originalmente era un codificador de reconstrucción condicional.</p> <p>Utiliza técnicas DPCM cuantización escalar y codificación de entropía VLC.</p> <p>Permite la compensación de movimiento y predicción de fondo de los cuadros.</p>	
H.261	<p>Se utilizaba en comunicaciones bidireccionales con bajo retardo de codificación.</p> <p>Diseñado para transmisiones sobre líneas de la red digital de servicios integrados (ISDN).</p>	<p>Tazas bajas</p> <p>64 Kbps</p> <p>1920 Kbps</p>
H.262	<p>Diseñado para la transmisión de video sobre redes ATM.</p>	<p>Taza</p> <p>2 Mbps</p> <p>4 Mbps</p>
H.263	<p>Agrega estimación de movimiento con resolución half y el tamaño del bloque varia.</p> <p>Fue diseñado para comunicaciones de baja velocidad (menor 64 Kbps) sobre la línea telefónica normal.</p> <p>La versión 2, posee características que mejoran la eficiencia de codificación (formato de video flexible, robustez contra pérdida de datos en el canal de transmisión, escalabilidad, etc.).</p> <p>La versión 3, especifican modos avanzados de selección del cuadro de referencia, partición de datos y especificación de información, así como la definición de perfiles y niveles.</p>	

H.264	Codificación de video digital, desarrollado conjuntamente por los grupos MPEG y VCEG, con un contenido idéntico al MPEG-4.	
--------------	--	--

Realizado por: (Patricio Bayas, 2020)

Ejemplo del diagrama de bloques de un estándar MPEG-1

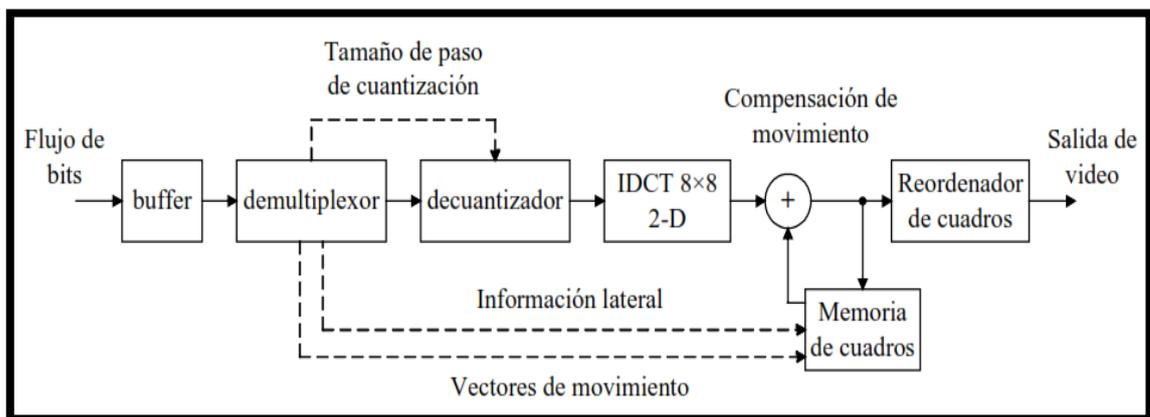


Figura 5-2: Diagrama de bloques del decodificador de video MPEG-1

Fuente: (Mora, 2008,)

2.1.5. Formatos de Video

En el sistema NTSC (National Television System Committee) o PAL (Phase Alternate Line) existe una variedad de formatos de cuadros de video, en función de su tamaño (ancho y alto) en píxeles. La relación depende de la necesidad de la aplicación, disponibilidad de capacidad de almacenamiento, procesamiento y transmisión del sistema que los utiliza. La relación del número de píxeles por línea vs. El número de líneas/cuadro es conocida como la razón de aspecto. (Mora, 2008, p.13)

Tabla 2-2: Diferentes formatos de Video

Formato	Ancho de Luma (píxeles * línea)	Altura d luma (líneas/ cuadro)	# muestra luma
SQCIF	128	96	12288
QCIF	176	144	25344
QVGA	320	240	76800
525 SIF	352	240	84480

CIF	352	288	101376
525 HHR	352	480	168960
625 HHR	352	576	202752
VGA	640	480	307200
525 4SIF	704	480	337920
525 SD	720	480	345600
4CIF (DI)	704	576	405504
625 SD	720	576	414720
SVGA	800	600	486400
XGA	1024	768	786432
720p HD	1280	720	921600
4VGA	1280	960	1228800
SXGA	1280	1024	1310720
525 16SIF	1408	960	1351680
16 CIF	1408	1152	1622016
4SVGA	1600	1200	1920000
1080 HD	1920	1088	2088960
2K x 1K	2048	1024	2097152
4XGA	2048	1536	3145728
16VGA	2560	1920	4915200
3616x1536(2.35:1)	3616	1536	5554176
3672x1563 (2.39:1)	3680	1536	5652480
4Kx2K	4096	2048	8388608
4096 x 2304 (16:9)	4096	2304	9437184
4Kx4K	4096	4096	16777216
UHDV	7680	4320	33177600

Fuente: (Mora Campos Armando, 2008, p.13)

2.1.6. Modelo para la codificación de video

Los estándares actuales de codificación de video poseen un modelo genérico de procesamiento establecido por bloques, incorporando funciones de estimación (ME) y compensación de

movimiento (MC), transformación (T), cuantización (Q), reordenamiento con una operación híbrida apoyada en los principios de reducción de las redundancias espaciales, temporales y codificación; elimina la información de poca importancia en el decodificador y la reconstrucción de la información original en el decodificador. (Mora, 2008)

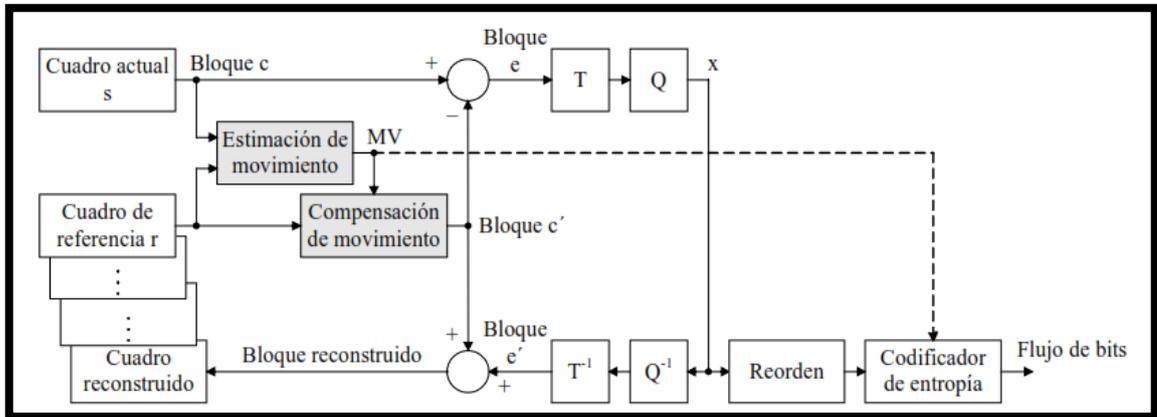


Figura 6-2: Modelo genérico de codificación de video en el codificador
Fuente: (Mora Campos Armando, 2008)

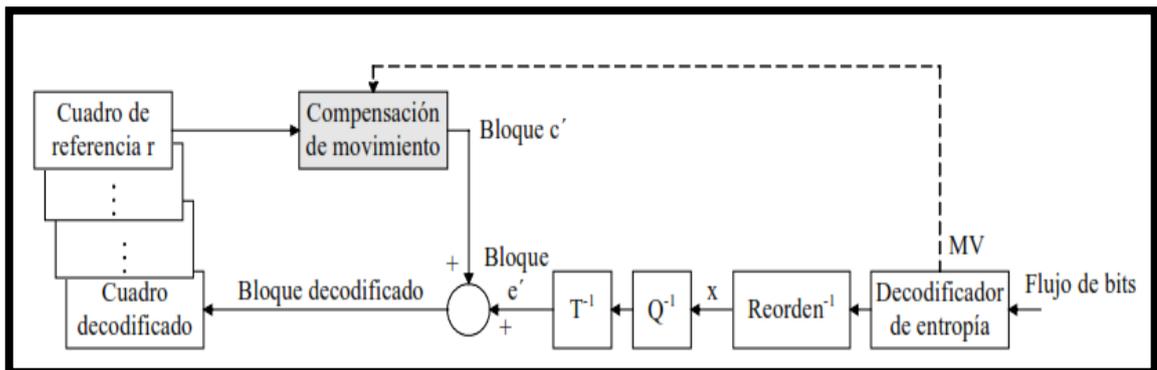


Figura 7-2: Modelo Genérico de codificación de video en el decodificador
Fuente: (Mora Campos Armando, 2008)

Se puede observar en la primera etapa las técnicas de estimación y compensación de movimiento (ME/MC) y la transformación 2-D, para tomar ventaja de la correlación temporal y espacial de la secuencia de video permitiendo optimizar el rendimiento R/D como son la cuantización y codificación de entropía. (Mora, 2008, p.36)

El codificador recibe un cuadro de video a la vez (s), que es dividido y procesado en unidades de bloques c , para su comparación con los cuadros previamente decodificados (r). Por cada bloque c , se explora una región del cuadro r , para determinar el bloque del mismo tamaño que lo iguala. La diferencia de posición entre el bloque actual y el bloque estimado (vector de movimiento, MV), se envía como información lateral al decodificador; esta información de movimiento se utiliza

para obtener el bloque compensado c' , el cual se resta del cuadro actual para obtener el bloque de diferencias, lo cual es propiamente el error de predicción e . El bloque de diferencias es transformado y cuantizado (x) y los coeficientes son reordenados para su codificación de entropía, junto con los vectores de movimiento y la información auxiliar, para generar el flujo de bits codificado. (Mora, 2008, p.36)

Para la realización de la predicción de la compensación de movimiento se lo hace con los mismos cuadros de referencia que se tenía en el decodificador, los datos x son cuantizados y transformados inversamente para producir un bloque decodificado \acute{e} , el cual es sumado al bloque compensado c' para producir un bloque reconstruido. El conjunto de los bloques reconstruidos de un mismo cuadro actual forma el cuadro reconstruido, el que se almacena como cuadro de referencia. El decodificador recibe el flujo de bits que representa al video codificado y realiza un proceso inverso al codificador, para extraer la información auxiliar y de movimiento después de la decodificación de entropía, el cuadro de diferencias transformado y cuantizado x después del reordenamiento inverso, el bloque decodificado \acute{e} después de la transformación inversa y el bloque reconstruido después de la suma de \acute{e} con el bloque compensado c' , obtenido con el vector de movimiento decodificado MV y el cuadro de referencia r . Los bloques decodificados de un mismo cuadro actual forman el cuadro decodificado, el cual está listo para ser exhibido y almacenado para servir como referencia en la decodificación de los cuadros siguientes. (Mora, 2008, p.37)

2.2. Estándar H.264/AVC

Este estándar especifica el flujo codificado de video y el proceso para su codificación, pero solo se define el codificador y decodificador con sus estructuras y elementos funcionales básicos como son la predicción, transformación, cuantización, codificación de entropía, etc. (Mora, 2008, p.41)

- El objetivo del estándar H.264 fue de comprimir video al doble de la tasa de compresión de los estándares anteriores, manteniendo la misma calidad de imagen.
- Con las mejoras en la calidad y compresión de video se convirtió en el estándar dominante, siendo adoptado por gran cantidad de fabricantes, estándares y aplicaciones.
- Las aplicaciones que adaptaron este sistema estaban orientadas a entornos móviles que usaban BASELINE, con resoluciones SD.
- Las aplicaciones de alto nivel en sus codificaciones utilizaban el perfil MAIN y HIGH, que llegaban hasta resoluciones de HD. (Usach, 2015, p. 40)

Mejoras del estándar H.264/AVC

- El algoritmo DCT funciona a 4*4 pixeles en lugar de 8*8, pero también es compatible con los de 8*8.
- DCT se superpone usando transformada de Hadamard
- El muestreo de color es compatible con 4:2:2 y 4:4:4.
- Hasta 12 bits por pixeles son posibles
- Los bloques de compensación de movimiento son de tamaño variable.
- La codificación aritmética de longitud variable.
- Posee un mecanismo incorporado de desbloqueo de filtrado. (Uhrina, 2014)

2.2.1. Características y Técnicas

El estándar H.264/AVC utiliza las siguientes técnicas como son la resolución de un cuarto de pixel en MPEG-4 parte 2 y los vectores de movimiento sobre los límites de la imagen H.263 y MPEG-4 parte 2.

Tabla 3-2: Mejoras en la predicción del estándar H.264/AVC

Técnica	Característica	Definición
Codificación Preventiva	Compensación de movimiento con tamaño variable de bloque.	Proporciona una alta flexibilidad en la selección de tamaño de bloques tan grandes como 16*16 pixeles y pequeños como 4*4, generando una segmentación precisa de las regiones en movimiento.
	Resolución de un cuarto de pixel para la compensación de movimiento	Su componente principal es la luma y 1/8 de la croma, lo que genera una descripción precisa del desplazamiento de las áreas en movimiento, aplicando procesos de interpolación de baja complejidad.
	Compensación de movimiento con múltiples imágenes de referencia	Utiliza 32 cuadros de referencia para predicción y bi-predicción, lo que mejora la eficiencia de comprensión en escenas de rápido parpadeo repetitivo.
	Vectores de movimiento sobre límites de la imagen	Se aplica una técnica de extrapolación en los límites de los cuadros. Los bordes de las imágenes decodificadas previamente se extrapolan para permitir a los vectores de movimiento apuntar fuera de los límites reales de las imágenes

	Separación del orden de referencia y el orden de representación	En este estándar se eliminan casi todas las restricciones de manera que el codificador pueda recoger con mayor libertad la ordenación de imágenes para la codificación.
	Separación de los métodos de representación de imagen de las capacidades de referencia de imágenes	Se puede utilizar todas las imágenes como referencia, eliminando restricciones anteriores que impidan utilizar imágenes B como referencia.
	Predicción Pesada	Permite que el codificador especifique el uso de escalado y desplazamiento en la compensación de movimiento. Mejora el rendimiento en escenas de desvanecimiento
	Predicción Intra	Con los procesos de predicción INTRA 4*4, INTRA-8*8, INTRA -16*16 usado en las muestras luma y proceso de predicción intra para muestras croma aplicado por separado a cada bloque Cb y Cr.
	Predicción Inter con particiones múltiples	Permite el uso de un tamaño adaptativo de bloque, proporcionando una gran versatilidad a la hora de maximizar la compresión de la señal. Se pueden aplicar distintas particiones al macrobloque según varios patrones para generar la mejor predicción posible del macrobloque objetivo. Esto se consigue mediante particiones mixtas de 16x16, 16x8, 8x16, 8x8, 8x4, 4x8 y 4x4.
	Desacoplamiento del orden de los cuadros de referencia del orden de exhibición	El codificador selecciona el orden del cuadro para hacer una referencia y exhibición proporcionando un grado muy alto de flexibilidad, una desventaja que presenta es la poca capacidad de memoria para la decodificación.
	Desacoplamiento de los métodos de representación de imágenes de la capacidad de referencia de imágenes	Facilita que los cuadros codificados como bi-predictivos puedan ser usados como referencia para predicción de otros cuadros en la secuencia de video.
	Mejora la interferencia de movimiento "skipped" y "direct"	Permite deducir el movimiento en áreas "skipped", una vez codificado el video conteniendo movimiento global y permite optimizar la compensación de movimiento "direct" en áreas codificadas con bi-predicción.
Transformación	Transformada entera del coseno (ICT) de bloques 4*4	Tiene una relación exacta entre la transformación directa e inversa. La aritmética es de 16 bits con operaciones de suma y desplazamiento binario.
	Transformada entera del coseno de bloques de 8*8	Las regiones altamente correlacionadas pueden ser comprimidas de manera más eficientemente que con la transformada de 4*4.

	Transformada de Hadamard	Para el procesamiento de los coeficientes DC de la primera transformada espacial, aplicada a los coeficientes de croma DC y a los de luma en casos espaciales. Con este uso se obtiene una mayor comprensión en regiones suaves.
Cuantización	Control logarítmico del tamaño de paso	Facilita la administración de la tasa de bits en el codificador y simplificar el re-escalado de cuantización inverso
	Particularización en frecuencia de las matrices de escalado	Es seleccionada por el decodificador para la optimización de la cuantización basada en percepción.
Codificación de Entropía	Codificación aritmética binaria adaptable al contexto (CABAC)	Se aplica para la comprensión sin pérdidas de los elementos de sintaxis en el flujo de video. Se debe conocer sus probabilidades en un contexto específico. Este método es más eficiente pero su coste computacional es elevado para la decodificación.
	Codificación de longitud variable adaptable al contexto (CAVLC)	Se usa en baja complejidad con respecto al CABAC, usado en la codificación de los coeficientes transformados cuantizados.
	Codificación de longitud variable (VLC)	Se usa en la codificación de sintaxis.
Codificación de macro-bloque sin pérdida	Modo de representación de macro-bloques PCM sin pérdida	Los datos de las muestras de video son representados directamente admitiendo una representación perfecta de las regiones específicas, posee un límite estricto de la cantidad de datos codificados por cada MB.
	Modo avanzado de representación de macro-bloques sin pérdida	Existe una representación perfecta de regiones específicas con menos bits que el nodo PCM.
Codificación de Video Entrelazado	Codificación cuadro-campo adaptable al MB (MBAFF)	Utiliza un par de estructuras MBs para imágenes codificadas como cuadros y permite que los MBs 16 *16 en video entrelazado
	Codificación cuadro-campo adaptable a la imagen (PAFF)	Permite hacer una mezcla en la selección de imágenes codificadas como campos únicos individuales de video entrelazados.
Robustez a errores y pérdidas de datos sobre una variedad de redes	Estructura del conjunto de parámetros	Separa la información de la cabecera del flujo codificado para un manejo más flexible y especializado, ya que las pérdidas producen un impacto negativo en el proceso de decodificación.
	Estructura de la sintaxis en unidades de NAL	Son paquetes de datos que permite una mayor particularización del método de transporte del contenido de video de una manera más apropiada para cada red.
	Ordenación flexible de MBs (FMO)	Permite particional la imagen en regiones (grupo de sectores), la que contiene uno o más sectores donde cada sector es decodificable independientemente.

	Sectores I, P y B	Estos definen una región de la imagen que está compuesta por un número entero de MBs o pares donde están ordenados consecutivamente. El sector I contiene solo Mbs codificados intra; el sector P incluye MBs codificados intra, inter o skipped y el sector B incluye MBs codificados intra o inter con dos cuadros de referencia.
	Tamaño flexible de sectores	Permite aumentar la eficiencia de codificación al reducir la cantidad de datos de la cabecera y mejora la eficiencia de predicción.
	Ordenación arbitraria de sectores (ASO)	Para la habilitación de la recepción y envío de los sectores de la imagen en cualquier orden, reduciendo el retardo de extremo a extremo en aplicaciones de tiempo real en especial sobre redes de comportamiento de entrega fuera de orden, con las redes de internet.
	Sectores redundantes (RS)	Posee robustez al error permitiendo al codificador enviar una representación extra de una región de la imagen que puede ser usada cuando la representación primaria se corrompe o pierde.
	Partición de datos (DP)	Separa los elementos de sintaxis en diferentes paquetes de datos de acuerdo al grado de importancia dando lugar a generar varios niveles de protección al error.
	Sectores de Conmutación SP/SI	Codifica la transmisión entre dos flujos de video, cambios de tasa de bits, recuperación cuando se tiene errores o pérdidas de datos y habilitación de nodos de operación de adelanto y atraso.
Otras características	Filtro antibloqueo en el lazo de predicción	Elimina los artefactos producidos por la codificación de video basado en bloques y mejora la calidad subjetiva y objetiva del video resultante.

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

Fuente: (Usach Molina Pau, 2015, p.41-44)

Ejemplos de Modelos de Predicción en el Estándar H.264/AVC

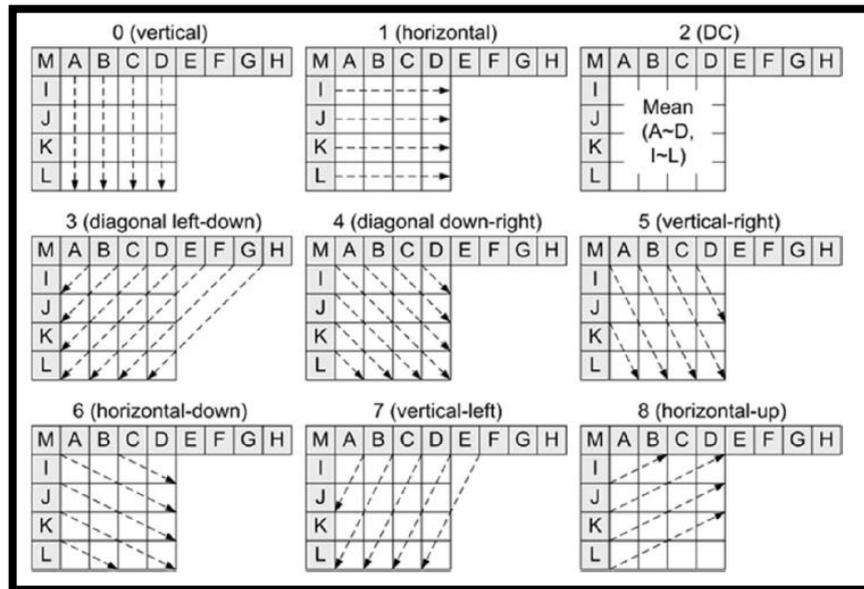


Figura 8-2: Modos de predicción Intra 4*4 4n H.264

Fuente: (Usach Molina Pau, 2015)

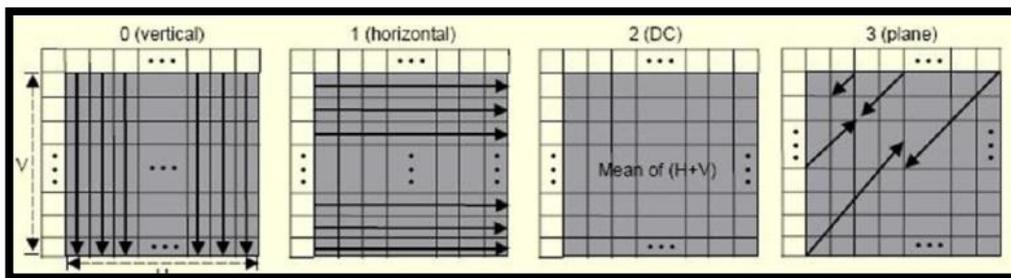


Figura 9-2: Modos de predicción Intra 16*16 H.264

Fuente: (Usach Molina Pau, 2015)

2.2.2. Estructura básica del decodificador de H.264

El estándar H.264 se conoce como estándar de codificación de video basado en bloques; este proceso de codificación se realiza sobre la base de regiones cuadradas de 16x16 píxeles a esto se lo conoce como macro-bloques (MB). Un MB consta 16x16 muestras de luminancia y dos bloques de 8x8 muestras de crominancia, que son procesados por separado. Esta partición basada en bloques permite aplicar diferentes modelos de predicción a diferentes regiones de un marco. Cada bloque se codifica utilizando la técnica de predicción inter o entre imágenes. (Zare Alizare, 2017, p. 21)

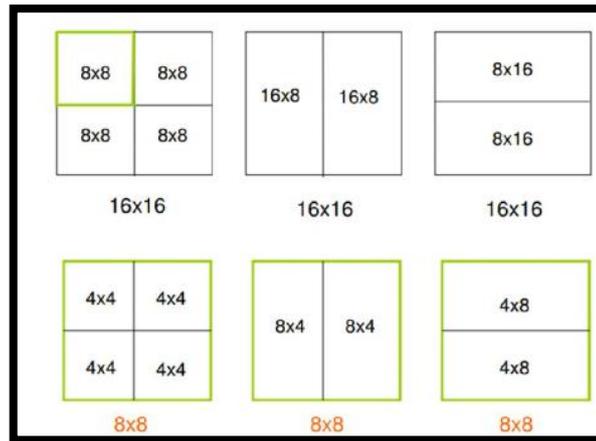


Figura 10-2: Partición de macrobloques 16 *16 para predicción Inter
Fuente: (Usach Molina Pau, 2015)

Las técnicas de predicción se describen en la siguiente subsección.

Un MB se nombra en función de su tipo de codificación. Los tipos de MB definidos por H.264 incluyen I, P, B, SI y SP.

Facilitan la conmutación eficiente entre transmisiones de video.

Tabla 4-2: Tipos de Codificación del estándar H.264/AVC

Técnica	Descripción
I MB	Utilizando predicción intra a partir de muestras espacialmente vecinas dentro de un marco.
P MB	Se predicen haciendo referencia a muestras en un pasado o futuro (en orden de visualización), marco (s) previamente codificado (s). Utilizan exactamente una imagen de referencia
B MB	Se predicen haciendo referencia a muestras en un pasado o futuro (en orden de visualización), marco (s) previamente codificado (s). Pueden ser predicho a partir de una o dos imágenes de referencia.

Fuente: (Zare Alizare, 2017, p. 22)

Se genera un MB de predicción que se resta del MB actual para generar un error de predicción el que es transformado (T) y cuantizado (Q), para obtener una matriz de coeficiente cuantizados y

transformados, luego esta matriz es redondeada a una topología de 1-D para que pueda acceder a una codificación de entropía con la información lateral de control y movimiento. El codificador de entropía genera un flujo de datos codificados que pasa a la capa NAL para su respectiva transmisión o almacenamiento. (Mora, 2008, p. 43)

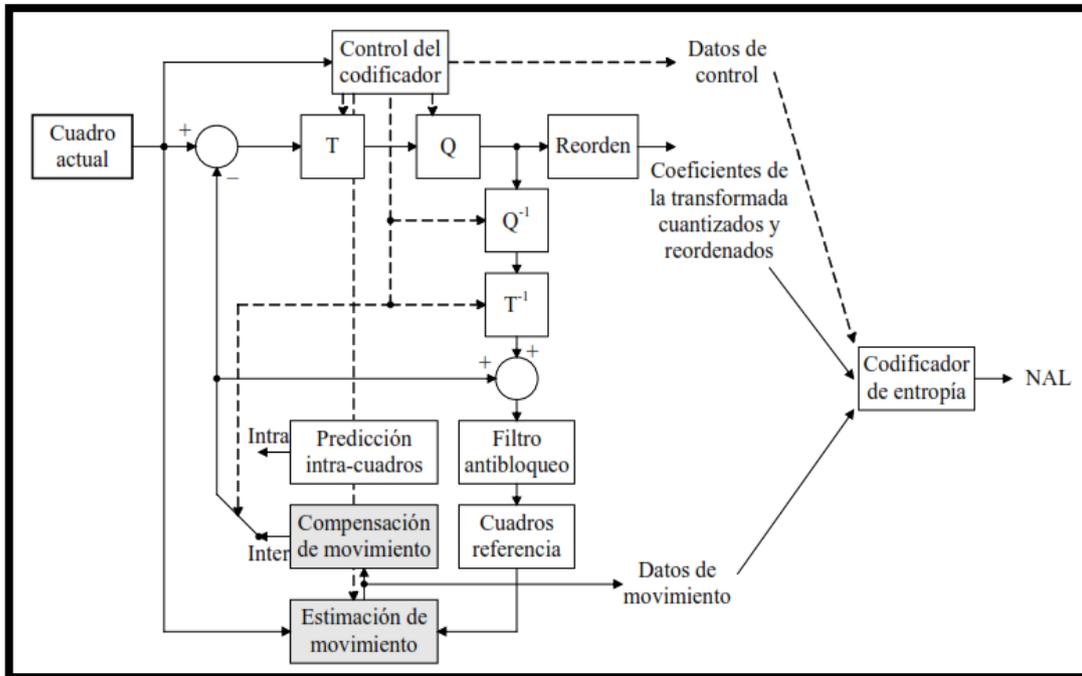


Figura 11-2: Estructura básica del codificador H.264/AVC
Fuente: (Mora Campos Armando, 2008, p. 43)

Para la reconstrucción de los cuadros MBs y predicción sus coeficientes transformados cuantizados son re-escalados (Q^{-1}) y transformados inversamente (T^{-1}), para producir un MB de predicción, para generar un MB decodificado se depura con filtro antibloqueo antes de hacer un respaldo en la memoria de cuadros de diferencia; este proceso se lo realiza cuando el decodificador recibe un flujo de datos de la capa NAL por la vía de transmisión o el módulo de almacenamiento. (Mora, 2008, p. 44)

Los datos de control, movimiento y video son decodificados por entropía y distribuidos entre los diferentes bloques del proceso, estos datos de video son reordenados para generar una matriz de coeficientes cuantizados y transformados que pasa por el proceso inverso de (Q^{-1} y T^{-1}) para generar el MB de residuo. El decodificador utiliza la información de cabecera del flujo de datos para generar un MB de predicción idéntico al generado por el codificador luego esto lo suma al MB de residuo generando el MB decodificado que pasa por el filtro antibloqueo antes de integrarse a los cuadros de referencia y formar la salida del video. (Mora, 2008, p. 44)

2.2.3. Sintaxis del tren de bits H.264

El flujo de bits en el estándar H.264 está representado por una secuencia de unidades de acceso divididas en unidades de capa de abstracción de red (NAL); son paquetes que contienen datos codificados; el flujo de bits posee una estructura jerárquica con tres NAL, MB y segmentos, como se muestra en la figura siguiente:

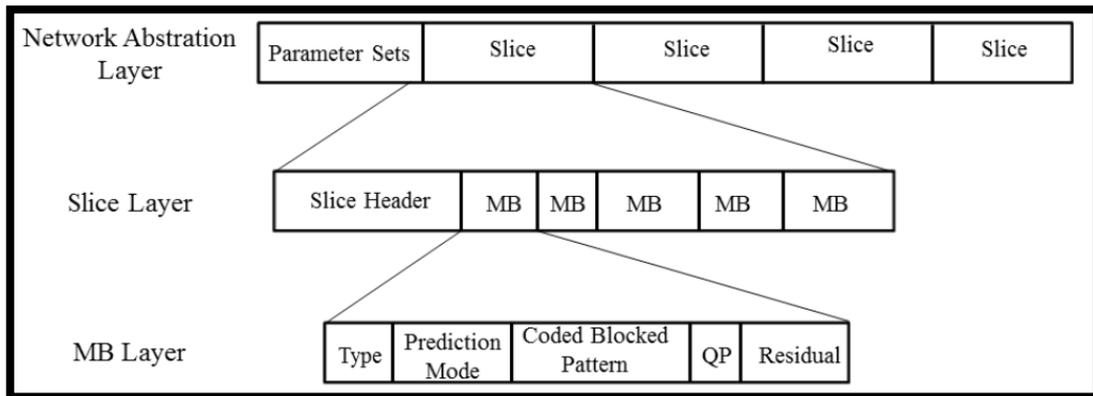


Figura 12-2: Organización jerárquica de los flujos de bits de H.264/AVC

Fuente: (Zare Alizare, 2017)

Se puede observar que, en el nivel más alto, el flujo de bits se ve como una serie de unidades NAL; estas unidades son de dos tipos conceptuales denominados capa de codificación de video (VCL) y unidad NAL no VCL.

- Las unidades VCL contienen datos de video codificados y las unidades NAL que no son VCL incluyen metadatos como conjuntos de parámetros, estos poseen información de mejora suplementaria (SEI) y delimitadores. (Zare Alizare, 2017, p.26)

El flujo de bits comienza con conjuntos de parámetros que contienen dos unidades NAL, es decir conjunto de parámetros de secuencia (SPS) y conjunto de parámetros de imagen (PPS).

- El SPS y el PPS contienen parámetros de control que son necesarios para que el decodificador decodifique correctamente el bitstream. (Zare Alizare, 2017, p.26)

En la capa de división existen sectores codificados que se describen como unidades VCL NAL; que consisten en un encabezado de sector y datos de sector; en la sección de encabezado del

segmento contiene información común aplicable a todos los MB en el sector, como el número del primer MB en el sector, el tipo de sector y el número de cuadro al que pertenece dicho sector.

- Por ejemplo, el tipo de corte "110" determina que cada MB en el corte puede ser de tipo I o P; estos datos de corte consisten en una serie de MB codificados, el tamaño de cada segmento codificado tiende a variar según la cantidad de MB, la cantidad de movimiento y los detalles incluidos en el área espacial del corte.
- Las divisiones I suelen codificarse con un mayor número de bits debido a que la predicción dentro de la imagen tiende a ser menos eficiente que la predicción entre imágenes, seguida de las divisiones P y B. (Zare Alizare, 2017, p.26)

En el último nivel de la estructura jerárquica se puede observar un MB codificado, que contiene todos los elementos como el tipo de MB y el modo de predicción que son necesarios para decodificar un solo MB en un bloque espacial de un cuadro. (Zare Alizare, 2017, p.26)

2.3. Estándar H.265/HEVC

2.3.1. Definición

A inicios del 2013 se implementó la primera fase del estándar H.265/HEVC (High Efficiency Video Coding); este estándar es altamente eficiente en dos sentidos: lograr eficiencia en formatos de muy alta resolución como UHDTV (Ultra High Definition Television), y hacerlo también en entornos de muy baja tasa binaria, como es el caso de los servicios streaming, WebTV y OTT (Over the Top Content). La segunda versión incluye tres extensiones: RExt, SHVC y MV-HEVC en el año 2014 y la última versión incluía la versión para 3D. (Sánchez, 2016, p. 24)

Para la calidad de video idénticas HEVC alcanza un *bitrate* cercano o igual a la mitad del proporcionado por el estándar anterior; para los tamaños de video iguales proporciona una calidad de video significativa superior. (Kalkanof Antonios, 2014)

El estándar H.264 utilizaba hasta 9 direcciones distintas (en la predicción 4*4) para la predicción intra-fotograma, HEVC puede usar 35 direcciones diferentes, con esto se incrementa las posibilidades con respecto al bloque de referencia a utilizar y permite una mayor eficiencia en esta clase de predicción. El coste en el tiempo de codificación aumentará. (Sánchez, 2016, p. 25)

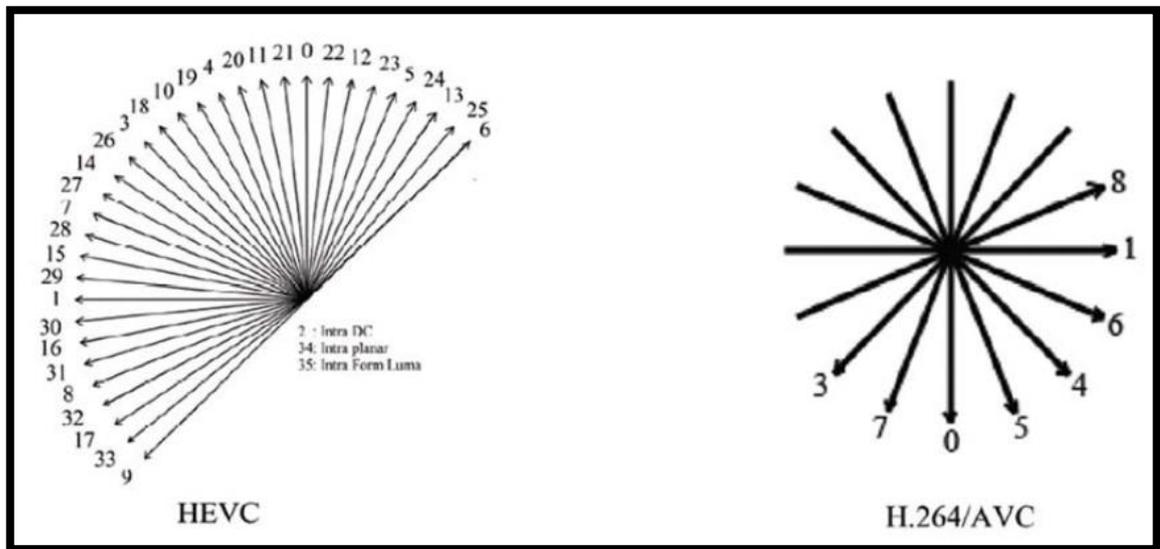


Figura 13-2: Direcciones en la predicción de HEVC y AVC
Fuente: (Kalkanof Antonios, 2014)

Dependiendo de los parámetros utilizados en el códec, los macrobloques tienen diferentes dimensiones (64*64, 32*32, 16*16), parecido al estándar AVC, cada uno de ellos puede dividirse recursivamente, la estructura del árbol es cuaternario y el tamaño mínimo de sub-bloque es 8*8. (Sánchez, 2016, p. 25)

Tabla 5-2: Funciones del estándar H.265/HEVC

<i>Función</i>	<i>Descripción</i>
Conjunto de Parámetros	Posee los siguientes parámetros: Picture Parameter Set, Sequence Parameter Set y Video Parameter Set; proporcionan un mecanismo robusto para compartir datos a lo largo del proceso de decodificación de cada elemento de la secuencia como imágenes o secuencia de video.
Unidades sintácticas NAL	Las estructuras sintácticas se colocan en un paquete lógico de datos llamado NAL (NAL Unit Network Abstraction Layer), mediante las cuales se conoce la cabecera y el propósito del contenido de toda la unidad.

<p style="text-align: center;">Porciones (Slices)</p>	<p>Son estructuras de datos que se decodifican de manera independiente de las otras partes de la imagen; esto puede ser de una parte de la imagen o de la imagen completa, permitiendo la sincronización de los datos en casos de pérdidas.</p>
<p style="text-align: center;">Metadatos SEI (Supplemental Enhancement Information) y VUI (Video Usability Information)</p>	<p>Se incluye información de temporización, interpretación del color, información de empaquetado 3D.</p>
<p style="text-align: center;">Tiles</p>	<p>En esta función las imágenes se dividen en rectángulos para ser procesadas en paralelo, luego se codifican compartiendo la información de las cabeceras para ser utilizadas en el acceso aleatorio en distintas regiones del video.</p>
<p style="text-align: center;">Wavefront Parallel Processing (WPP)</p>	<p>Las porciones se dividen en filas de CTUs, de manera que la primera fila se procesa normalmente, pero la segunda puede empezar a procesarse en cuanto se han procesado dos CTUs de la primera fila. Esto es posible porque la información de contexto para la codificación entrópica es suficiente con sólo dos CTUs de la fila anterior. Esto añade un nivel de granularidad más fino a la paralización (dentro de una porción). Proporciona mejor compresión que los tiles y evita artefactos visuales generados por dichos tiles.</p>
<p style="text-align: center;">Dependent Slice Segments</p>	<p>Permite encapsular parte de una porción o wavefront en una NAL diferente para que dicha información esté disponible lo antes posible. Para la decodificación es necesario que parte de la información de la que</p>

	depende haya sido previamente decodificada.
--	---

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

Fuente: (Usach Molina Pau, 2015, p. 58,59)

2.3.2. *Características*

Este estándar fue diseñado para lograr diferentes objetivos como: facilitar la integración del sistema de transporte, capacidad de recuperación de datos y eficiencia de codificación, a la vez posee un enfoque híbrido (inter / intrapicture predicción y codificación de transformación 2-D) utilizado en todos los videos estándares de compresión desde H.261.

Se puede observar las diferentes características involucradas en la codificación de video híbrida usando H.265 / HEVC: (Hingole Deepak, 2015)

- Unidades de árbol de codificación y estructura de bloque de árbol de codificación (CTB),
- Unidades de codificación (CU) y bloques de codificación (CB),
- Unidades de predicción y bloques de predicción (PB),
- TUs y bloques de transformación,
- Señalización vectorial de movimiento,
- Compensación de movimiento,
- Predicción intra-picture,
- Control de cuantificación
- Codificación de entropía. (Hingole Deepak, 2015)

2.3.3. Estructura

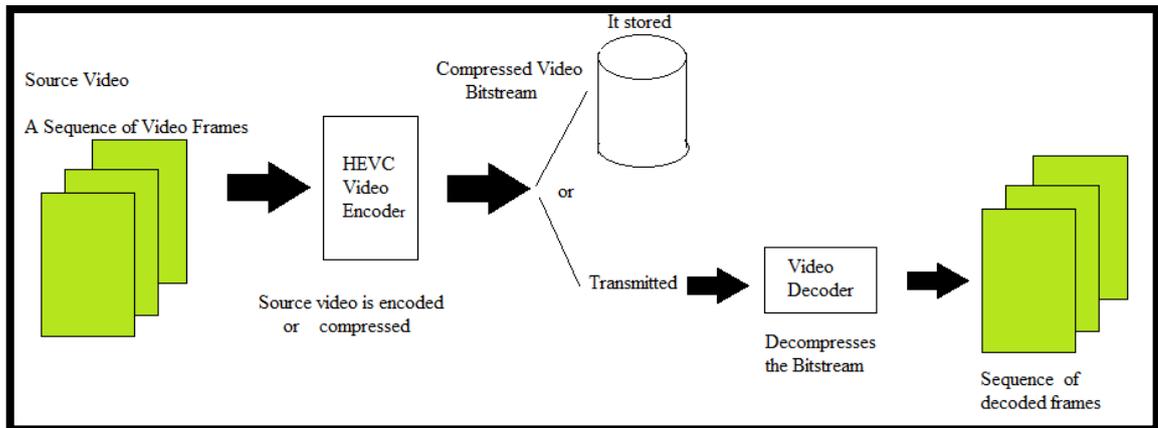


Figura 14-2: Estructura de H.265

Fuente: (Martínez Jenniffer, 2016, p. 67)

El estándar HEVC posee una estructura de división de bloques de codificación cuádruple adaptativa y flexible, permitiendo el uso eficiente de tamaños grandes y múltiples de predicción, codificación y bloques de transformación, empleando la predicción intra mejorada, la predicción del parámetro de movimiento adaptativo, filtro de bucle y codificación aritmética binaria adaptada al contexto mejorado de (CABAC) como método de codificación de la entropía. (Gajula Vinoothna, 2013, p. 6)

En la siguiente figura se puede observar el diagrama de bloques del codificador HECV genérico es el mismo esquema que el estándar H.264, este trabaja con la información residual de la predicción espacial, temporal, donde el decodificador genera las mismas predicciones entre imágenes utilizando compensación de movimiento y decisión del modo de codificación, que se envía junto con el flujo de información del video codificado. (Usach, 2015, p 54)

2.3.3.1. Estructura del Codificador de HEVC

La partición del bloque de árbol cuádruple se basa en la estructura de unidad de árbol de codificación (CTU) que es análogo al macrobloque en estándares anteriores. El video es un paquete o secuencia de cuadros / imágenes y en el estándar HEVC cada fotograma es codificado o dividido en mosaicos y más adelante en las CTUs. Las CTU se subdivide en regiones cuadradas denominadas unidades de codificación (CU), estas unidades son predichas por la predicción intra o inter donde la primera imagen es un marco en cada acceso aleatorio. El punto de secuencia de video se codifica utilizando solo la predicción *intra* para que no dependa de otras imágenes, los

artefactos inducidos por el procesamiento y la cuantificación en bloque. La representación de la imagen final se almacena en un buffer de imagen decodificada que se utiliza para la predicción de las imágenes posteriores. El orden de codificación o decodificación del procesamiento de imágenes a menudo difiere de la orden en que llegan de la fuente; que requiere una distinción entre el orden de decodificación (el orden de flujo de bits) y el orden de salida (el orden de visualización) para un decodificador. (Martínez Pedro, 2016, p. 26-29) y (Usach Pau, 2015, p. 55)

Para codificar el material de vídeo por HEVC, se espera que la entrada sea con imágenes de barrido progresivo; no existe características de codificación explícita que estén presentes en el diseño HEVC para apoyar al uso de la exploración entrelazada. La sintaxis de los metadatos es proporcionada por el estándar HEVC permitiendo a un codificador indicar que el vídeo entrelazado escaneado ha sido enviado por la codificación de cada campo (es decir, las líneas pares o impares de cada fotograma de vídeo) de vídeo entrelazado como una imagen separada o que ha sido enviado por la codificación de cada cuadro entrelazado como una imagen HEVC codificada. Esto proporciona un método eficiente de codificación de vídeo entrelazado sin sobrecargar decodificadores con una necesidad de apoyar un proceso de decodificación especial para ello. (Martínez Pedro, 2016, p. 26-29) y (Usach Pau, 2015, p. 55)

2.3.3.2. Estructura del decodificador de HEVC

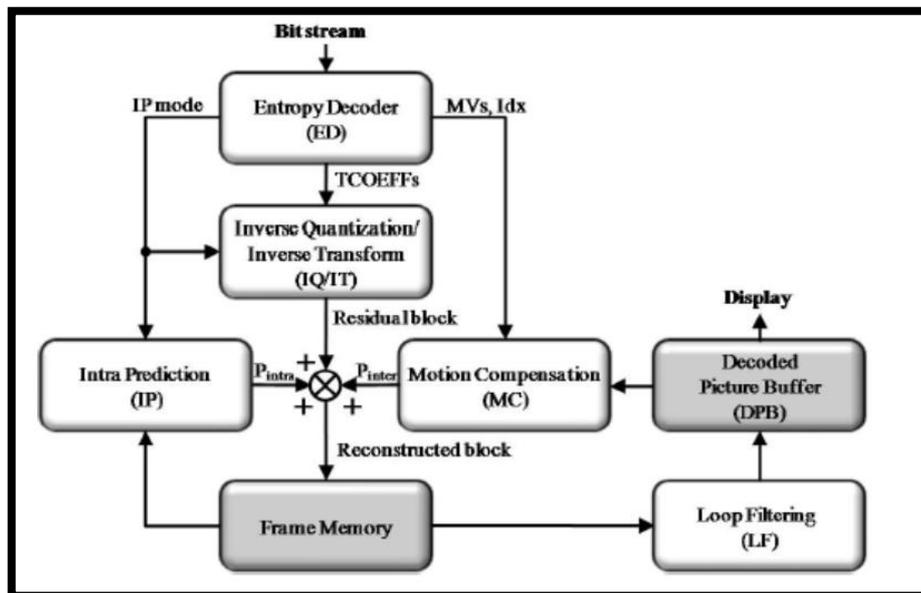


Figura 16-2: Diagrama de bloques del decodificador HEVC
Fuente: (Gajula Vinoothna, 2013, p. 6)

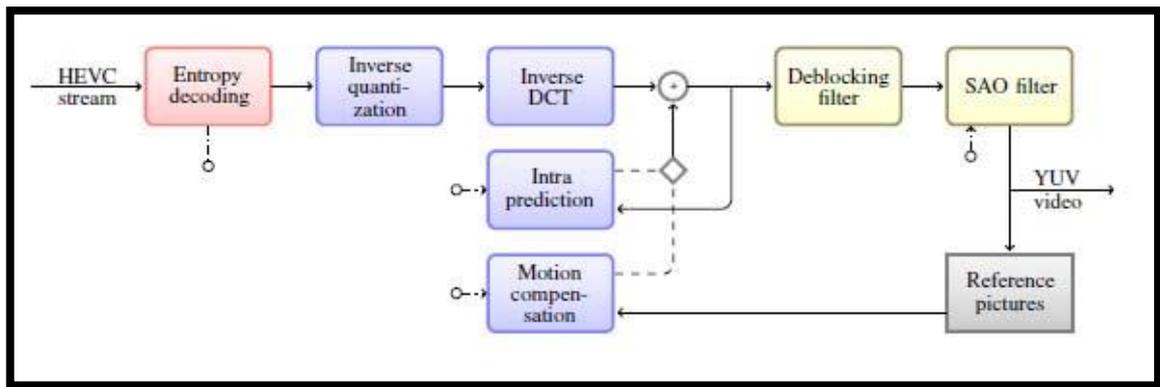


Figura 17-2: Decodificador HEVC

Fuente: (Kalkanof Antonios, 2014, p. 15)

2.3.4. Detalles de los bloques de Construcción del Codificador

Los bloques de construcción básicos del encóder o codificador HEVC se explican a continuación:

2.3.4.1. Video de entrada y muestreo

El codificador admite video progresivo, video entrelazado, estos pueden ser codificados con una sintaxis especial llamada sintaxis de metadatos, junto con la entrada de video. Este a su vez usa YC_bC_r espacio de color con formato de color 4: 2: 0 con 8 bps, Y es un componente de luma, C_b y C_r son componentes de croma y este formato se muestra en la figura siguiente. (Gajula Vinoothna, 2013, p. 7)

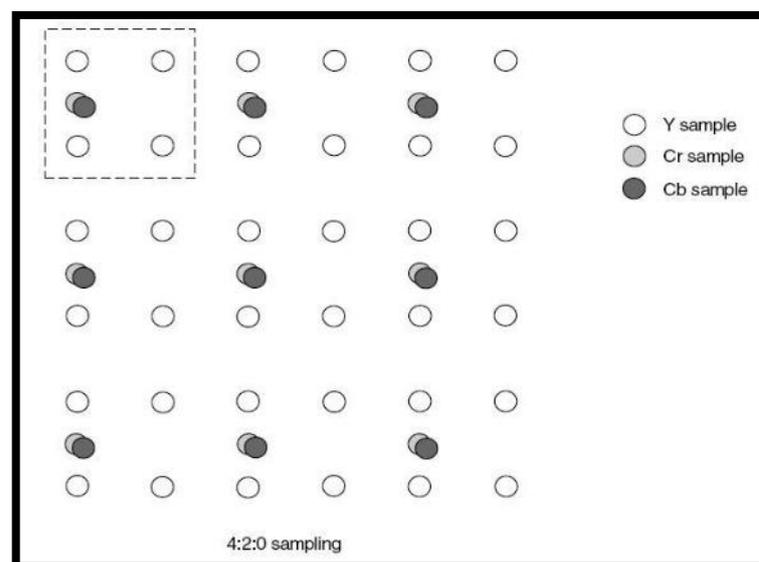


Figura 18-2: Componentes de luma y croma del estándar HEVC

Fuente: (Gajula Vinoothna, 2013, p. 7)

2.3.4.2. *Unidades de árbol Codificadas (CTUs), Unidades de Codificación (CUs) y Unidades de Predicción (PU)*

Para comenzar con el proceso de codificación, se necesita conocer el árbol cuádruple en detalle, primero son las CTU que es la raíz de quad-tree (cuatricromía). CTU se compone de un bloque del árbol de codificación de luma (CTB), dos cromas CTB y la sintaxis correspondiente a la cuatricromía, donde la luma CTB es un bloque de tamaño $N \times N$ y los cromas CTB son de tamaño $(N/2) \times (N/2)$. N se puede elegir dentro del flujo de bits y puede ser 16, 32 o 64. (Gajula Vinoothna, 2013, p. 9, 10)

El tamaño de CTB es el tamaño admitido y más grande que el bloque de codificación (CB). CTB puede contener una o más unidades de codificación (CU). CU tiene una partición asociada en unidades de predicción (PUs) y unidades de transformación (TUs). El modo de codificación para la predicción puede ser intra o inter. (Gajula Vinoothna, 2013, p. 9, 10)

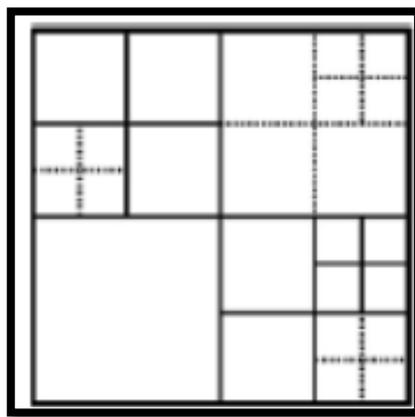


Figura 19-2: CTB y sus particiones
Fuente: (Kalkanof Antonios, 2014)

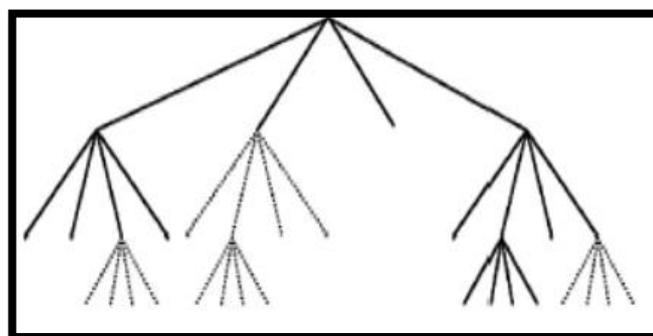


Figura 20-2: Estructura del árbol Cuádruple
Fuente: (Gajula Vinoothna, 2013, p. 9)

Según el tipo de predicción los CBs se dividen y la predicción se la hace para bloques de predicción (PBs); su tamaño varía de 64x64 a 4x4 muestras, los diversos formatos de división de PBs se muestran en la figura siguiente. (Gajula Vinoothna, 2013, p. 9, 10)

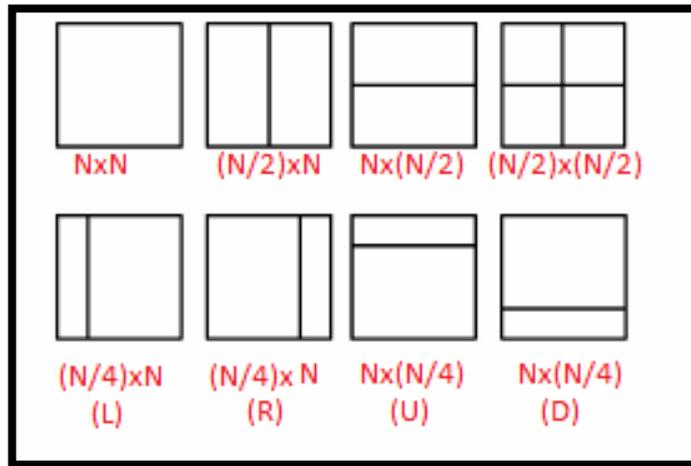


Figura 21-2: Los PB se dividen de CB donde $N \times N$ y $N \times (N / 2)$ solo son compatibles con la predicción inter.
Fuente: (Usach Molina Pau, 2015, p. 56)

La división completa también se puede mostrar claramente en un cuadro en la figura siguiente.

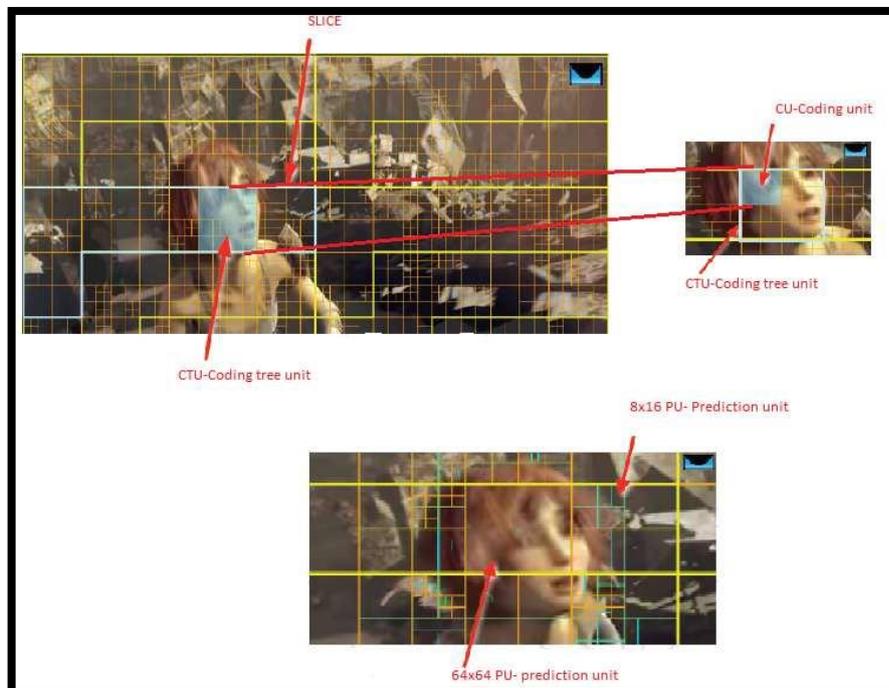


Figura 22-2: Representaciones pictóricas de varias divisiones y subdivisiones de bloques.
Fuente: (Gajula Vinoothna, 2013, p. 10)

2.3.4.3. Bloques de Transformación (TBs)

Los residuos de luminancia y crominancia son idénticos al bloque de transformada (TB) o se dividen en múltiples bloques de luminancia y crominancia (TBs) respectivamente. Las funciones de transformación del estándar HEVC son funciones básicas usadas en los diferentes tamaños de TB (4*4), (8*8), (16*16) y (32*32) como se muestra en la figura siguiente. Cuando el tamaño de bloque TB es de (4*4), la transformada intraluz de luma utilizada es derivada de la transformada sinodal discreta (DST). (Gajula Vinoothna, 2013, p. 11)



Figura 23-2: Tamaños de TB

Fuente: (Gajula Vinoothna, 2013, p. 11)

2.3.4.4. Slice y Tiles

Las divisiones se utilizan en la decodificación de las tramas predichas; un segmento se puede definir como un grupo de CTUs de manera independiente o dependientes. Un segmento puede ser definido como un grupo de CTUs ordenadas consecuentemente en un escaneo de mosaico y contenidas en una unidad NAL. (Gajula Vinoothna, 2013, p. 11)

La sintaxis de segmento de corte del encabezado no es relacionada con la división del segmento anterior, mientras que los componentes del segmento dependiente son relacionados con los segmentos de corte independientes anteriores o los límites del segmento de corte dependiente. Un mosaico se puede definir como una región rectangular que contiene un grupo de CTUs en un escaneo de ráster CTB. (Gajula Vinoothna, 2013, p. 11)

Los diversos tipos de Slice son:

- **Slice (I) Intra.** - Todos los CUs de Slice I se codifican utilizando solo a predicción intra.

- **Slice (P) Predictive.** - Algunas CUs de un segmento P se pueden codificar usando predicción inter con un máximo de uno.
- **Slice (B) Bi-Predicción.** - Algunas CUs de la división B pueden ser codificadas utilizando la predicción inter con un máximo de dos señales de predicción MC (usa imágenes de referencia de una lista 0) pero unas PB y algunas CUs son codificadas de manera similar al slice I. (Gajula Vinoothna, 2013, p. 12)

Las señales de predicción MC (usan la lista de imágenes de referencia 0) por PB y algunas CUs son codificadas de manera similar a slice I. (Gajula Vinoothna, 2013, p. 12)

2.3.5. *Herramientas de Codificación*

El estándar HEVC define dos métodos para descifrar dicha información esto depende del codificador como usa las herramientas.

2.3.5.1. *Predicción Intra*

Esta predicción utiliza datos de las tramas actuales que se está codificando porque el orden de codificación es de arriba a abajo y de izquierda a derecha, solo los bloques superior e izquierdo están disponibles para la predicción. HEVC utiliza 35 modos de predicción Intra diferentes para la predicción de luma, lo que mejora las predicciones disponibles de 9 modos en el estándar AVC al incluir más ángulos intermedios. Los modos de predicción intra (excluyendo el modo DC) se presentan en la figura siguiente; aquí se puede observar la generación de las funciones de predicción de HEVC Intra con patrón de repetición de color (Negro, Rojo, Verde, Azul, Blanco) como píxeles de referencia del borde, permitiendo visualizar la mezcla de valores de píxeles vecinos con diferentes modos de predicción. (Viitanen Marko, 2017, p. 7)

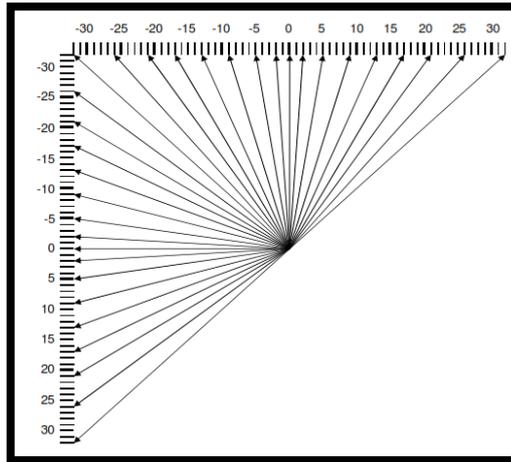


Figura 24-2: Direcciones de la Predicción Intra
Fuente: (Gajula Vinoothna, 2013, p .13)

2.3.5.2. Predicción Inter

La predicción inter utiliza otros marcos como referencias que incluyen señalización de movimiento e información para ser usados por los bloques de igual tamaño de una de las referencias. Los vectores de movimiento (MV) son los que señalan el desplazamiento de posiciones para la extracción de píxeles reconstruidos para formar un marco de referencia. Advanced Motion Vector Prediction (AMVP) es uno de los métodos que permite disminuir el costo de codificación de bits en HEVC. (Viitanen Marko, 2017, p. 6)

AMVP selecciona dos candidatos espaciales de izquierda y superior, así como un candidato temporal, el seleccionado actúa como punto de partida para el MV, y solo el desplazamiento Δ se codifica para el flujo de bits, esta selección de candidatos es un proceso complejo e incluye escalado de MV dependiendo del índice de marco de referencia y otros detalles. (Viitanen Marko, 2017, p. 6)

MVs están codificados en $\frac{1}{4}$ de precisión de píxel utilizando el filtro de 8 toques para el píxel fraccionario, y sus cálculos son operaciones muy computacionalmente intensiva. (Viitanen Marko, 2017, p. 6)

2.3.5.3. Filtros

El estándar HEVC tiene dos algoritmos para el filtrado de manera separada: el filtro de desbloqueo es de los estándares anteriores que filtra los píxeles del borde del CB basados en los tipos de predicción al borde del bloque. Existe un nuevo filtro de Compensación adaptado a la muestra (SAO) mejorando la eficiencia de la codificación al proporcionar una mejor herramienta para

eliminar las distorsiones causadas por el proceso de codificación con pérdida. Esta se lo realiza mediante la aplicación de un valor de compensación para cada muestra en una CTU de acuerdo con el codificador decisiones SAO permite la selección entre dos modos, desplazamiento de borde y desplazamiento de banda. (Viitanen Marko, 2017, p. 7)

2.3.5.4. Paralelización

En el estándar HEVC para su funcionamiento se utiliza video de 4K, dos paralelizaciónes a nivel de datos y sus herramientas han sido incluidas en este estándar:

2.3.5.4.1. Tiles

Los Tiles permiten dividir el marco en pedazos más pequeños de manera rectangulares que son procesados en paralelo; su predicción se lo hace mediante los tiles que manejan un limitado lineamiento de predicciones a partir la baldosa actual (marco), pero este enfoque reduce la codificación eficiencia. (Viitanen Marko, 2017, p. 8)

2.3.5.4.2. Proceso Paralelo de Onda (WPP)

El proceso WPP usa filas separadas de CTU en su codificación, su sincronización de contexto se lo hace a la siguiente fila después de dos CTUs, esto significa que la siguiente fila se puede iniciar cuando dos se han codificado las CTU de la fila anterior. La eficiencia de compresión es mínimamente afectada la codificación y decodificación, esto puede ser paralelizado con bastante eficacia. La sincronización de contexto causa algunas limitaciones en las paralelizaciónes, para el proceso se pueden iniciar en un solo hilo, aumentando a medida que se codifican más filas de CTU. Adicionalmente, se puede aumentar la paralelización. (Viitanen Marko, 2017, p. 8)

2.3.6. Pasos para la Codificación y Decodificación

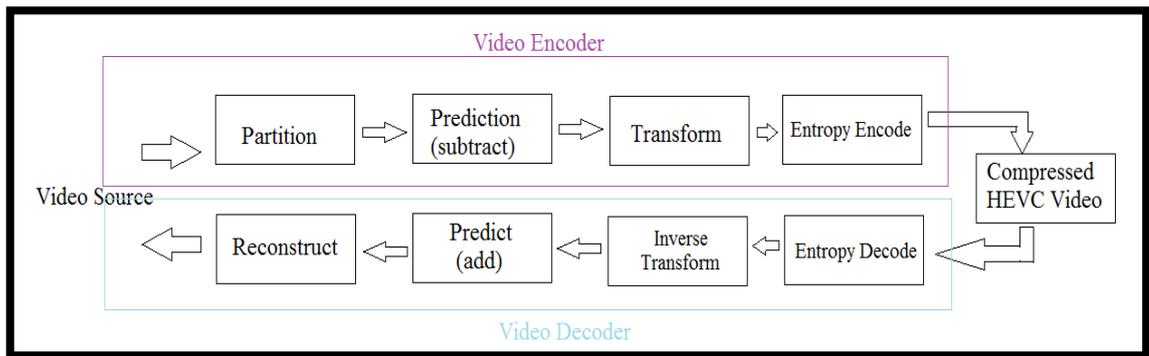


Figura 25-2: Codificación y Decodificación del Estándar H.265/HEVC

Fuente: (Martínez Jennifer, 2016, p. 67)

2.3.6.1. Pasos para la Codificación

- Partición de cada imagen en múltiples unidades
- Predicción de cada unidad utilizando predicción inter o intra, restando la predicción de la unidad.
- Transformación y cuantificación del residual (diferencia entre la unidad de imagen original y de la predicción).
- La entropía codifica la salida, información de predicción, información del modo y las cabeceras. (Martínez Jennifer, 2016, p. 67)

2.3.6.2. Pasos para la Decodificación

- Decodifica la entropía y la extracción de los elementos de la secuencia codificada.
- Re-escala e invierte la etapa de transformación.
- Predicción de cada unidad y la adición de la predicción de la salida de la transformada inversa.
- Reconstrucción de la imagen de video decodificada. (Martínez Jennifer, 2016, p. 68)

2.3.7. Mejoras del estándar H.265/HEVC

- La partición es mucho más flexible, desde tamaños de partición grandes a pequeños.
- Posee una mayor flexibilidad en los modos de predicción y transformación de tamaños de bloques.
- El tamaño y la calidad de la imagen en una secuencia de video HEVC ocupa menos capacidad de almacenamiento que el estándar anterior. (Uhrina Miroslav, 2014)
- **Nueva unidad de codificación.** - Posee una estructura muy diferente a los Macrobloques con dimensiones de $16 * 16$ píxeles; *para* este estándar la unidad de codificación se llama (Coding Tree Block CTB) y sus dimensiones pueden ser de $8 * 8$ hasta $64 * 64$ píxeles. Las medidas son flexibles y muy eficientes con amplias áreas homogéneas que se adaptan a las áreas de la imagen muy complejas. (Uhrina Miroslav, 2014)
- **Unidad de Predicción.** - Tienen una nueva unidad de predicción (PU) con dimensiones de $32 * 32$ hasta $4 * 4$ que representa menos de la mitad de las unidades de codificación; se puede aplicar de modo *intra e inter* utilizando divisiones distintas.
- **Predicción Intra-frame.** - Posee un nuevo método de predicción *intra-frame* el cual tienen 33 predicciones direccionales. (Uhrina Miroslav, 2014)
- **Predicción Inter-frame.** -Posee una precisión de $\frac{1}{4}$ de pixel con filtros interpoladores de 7 y 8 (taps), incorporándose la AMVP (Advanced Motion Vector Prediction) para lograr la señalización de sus vectores de movimiento mediante el cálculo de los vectores de movimiento más probables obtenidos desde los bloques vecinos.
- **Unidades de Transformación.** - Se genera una nueva TU (Transform Unit), el que se aplica al DCT entera con una ligera modificación con respecto al estándar H.264; permite bajo ciertas condiciones la utilización del DST (Discrete Sine Transforme), el tamaño es de $4*4$ y $32*32$. (Uhrina Miroslav, 2014)
- **Sample Adaptive Offset (SAO).** - Esta herramienta se aplica luego del In-loop filter con el objetivo de lograr mejorar la calidad subjetiva de la imagen codificada aplicando

pequeños offset a los píxeles decodificados, en función de la zona que pertenecen. (Martínez Pedro, 2016, p. 28-29)

2.4 Diferencias entre H.264/AVC y H.265/HEVC

El estándar de compresión de video H.265/HEVC es el sucesor del códec de video H.264/AVC. Su objetivo principal es ofrecer un formato de video de alta definición ahorrando espacio de almacenamiento con un menor consumo de ancho de banda, para de esta manera evitar saturar la red LAN por la cual se comunican las cámaras del sistema de video vigilancia IP con el Grabador de Video en Red NVR, además también esto se reduce el ancho de banda utilizado en redes WAN.

A continuación, se presenta una tabla de resumen de las principales diferencias encontradas entre los estándares de compresión de video H.264/AVC y H.265/HEVC.

Tabla 6-2: Diferencias entre H.264/AVC y H.265/HEVC

PARÁMETRO	H.264/AVC	H.265/HEVC
Tamaño del cuadro	Cuadros de hasta 16x 16 píxeles	Cuadros de tamaño desde 8x8 hasta 64x64
Resolución soportada	1920x1080 (HD)	Hasta 8K UHD (8192 × 4320)
Cuadros por segundo (fps)	Hasta 60 fps	hasta 300 fps
División de imagen	Utiliza Macrobloques (16x16) píxeles o (8x8) píxeles, que son tamaño fijo	Cada imagen se divide en unidades de codificación de árbol (CTU) que pueden ser desde 8x8, 16 x 16, 32 x 32 o 64 x 64 píxeles, es decir que el tamaño del cuadro puede ser variable, con lo cual se logra mayor eficiencia de codificación. Una CTU está formada de 3 bloques de árbol de codificación CTB que consiste en 2 muestras de crominancia y una de luminancia

		El tamaño de un CTB puede ser de 16 x 16, 32 x 32 o 64 x 64. El tamaño variable de los CTU y CTB comparado con los macrobloques es lo que mejora la compresión, especialmente en imágenes de alta resolución
Eficiencia de codificación	Menor	mayor, debido a la longitud de las CTU y CTB
Complejidad computacional	Menor	Mayor procesamiento computacional aproximadamente 3 veces más potencia computacional es necesario para procesar videos con este formato de compresión de video. Requiere mayor GPU (Unidad de Procesamiento Gráfico)
Tiempo de codificación y decodificación	Menor	mayor, por los procesos realizados
Algoritmo de predicción	Predicción inter y predicción intra en cuadros de tamaño fijo	Predicción inter y predicción intra en cuadros de tamaño variable. Para cada CTU de tamaño variable se puede elegir el tipo de predicción, de acuerdo a si la imagen cambia o no con respecto a la anterior. De esta manera el error de codificación es menor
Vectores de movimiento	9 direcciones para encontrar la diferencia entre la imagen original y la codificada	34 direcciones para encontrar la diferencia entre la imagen original y la codificada

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

Ejemplos de las diferencias entre los estándares H.264/AVC con respecto H.265/HEVC

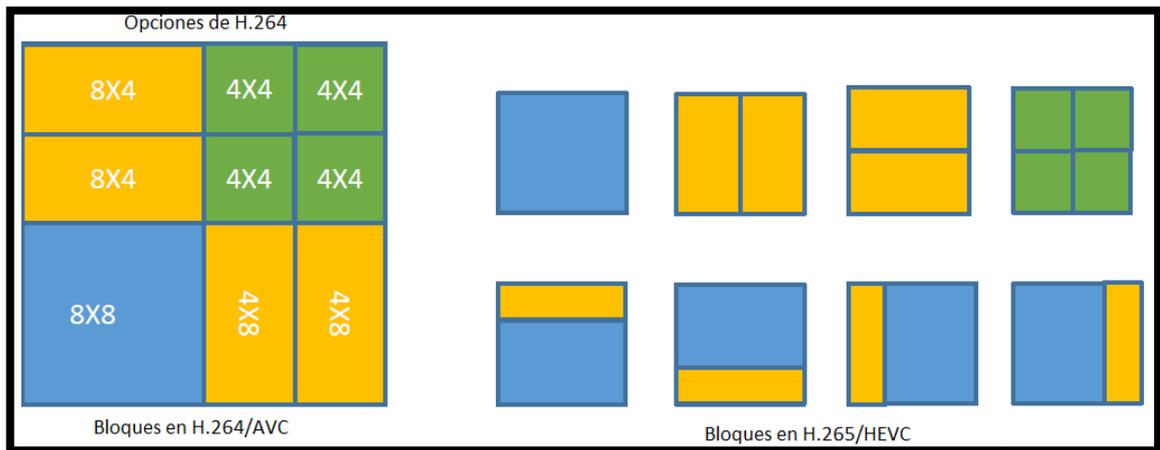


Figura 26-2: Bloques del H.264/AVC con respecto a H.265/HEVC

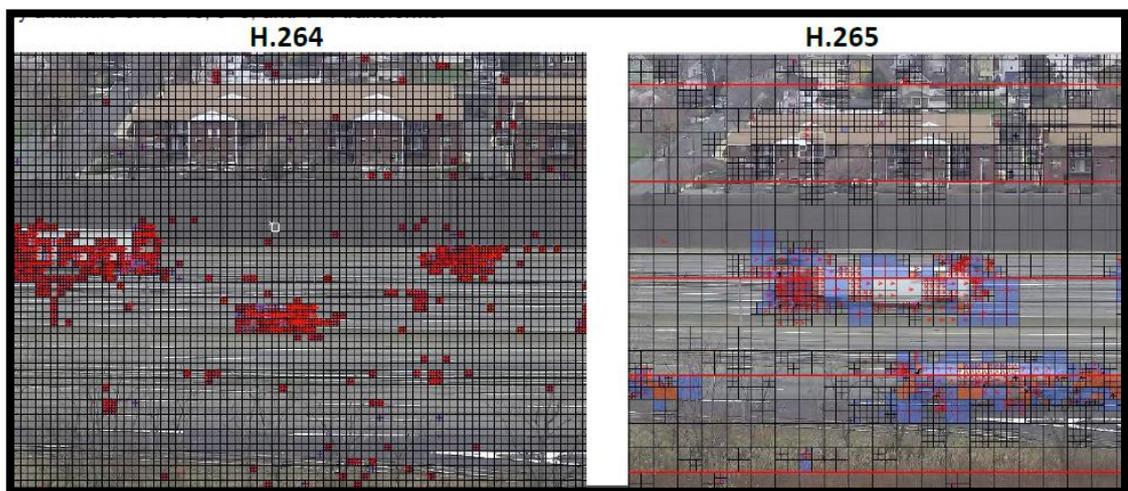


Figura 27-2: Predicción en H.264/AVC con respecto a H.265/HEVC

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Introducción

El trabajo se desarrolla en tres etapas, la primera etapa se realiza un análisis de los parámetros principales que intervienen en los formatos de compresión motivo de este estudio aplicados en un sistema de video vigilancia IP, así como sus principales diferencias. La segunda etapa consiste en una simulación de un sistema de video vigilancia IP, utilizando software especializado propietario de la reconocida marca de desarrollo de sistemas de video vigilancia IP, HIKVISION; en la cual se utilizan los formatos de compresión H.264/AVC y H.265/HEVC variando los parámetros de video y posterior análisis de los datos obtenidos. La tercera etapa consiste en un caso práctico, para lo cual se utilizan cámaras de video vigilancia utilizando compresión H.264/AVC y H.265/HEVC, a fin de analizar y evaluar con dispositivos físicos la información obtenida en la simulación en diferentes escenarios y poder observar la diferencia que existe en la compresión de video por los estandartes H.264/AVC con respecto a H.265/HEVC.

3.2. Métodos de Investigación

Método Inductivo. – En los casos particulares que se han presentado en la comparación de los diferentes estándares de Video, se logrará obtener datos que permitirá optimizar los recursos de la empresa sin afectar a los usuarios.

Método Deductivo. – Esto se aplica en el análisis de conceptos, definiciones, leyes y normas generales de los estandartes H.264/AVC y H.265/HEVC que se encuentran vigentes en el sector de las telecomunicaciones, que van hacer puestos en práctica para esta investigación.

Resultados. - Los datos o resultados obtenidos en las diferentes simulaciones con diferentes valores de cuadros por segundo (fps) en los estándares H.264/AVC y H.265/HEVC propuestos, va a permitir determinar cuál de ellos ocupa menos ancho de banda y almacenamiento en el disco para su implementación a futuro.

3.3. Características del Sistema

En la actualidad se debe considerar los requerimientos del mercado en hardware y software de procesamiento de imágenes y video; sobre todo el precio, facilidad de desarrollo, bajo consumo de energía, flexibilidad, disponibilidad de periféricos, características de rendimiento, estos requerimientos con el criterio del mercado deben utilizarse en funciones específicas.

El rendimiento del producto determina la capacidad, esto se diferencia por algunas características que dependen del rendimiento como la cantidad de funciones, área de cobertura, velocidad en la operación, calidad de comprensión entre otros; este se mide en millones de operaciones por segundo (MIPS).

El precio es un factor muy importante en la lista de materiales y los costos del producto en la producción; entre mayor volumen de producción el consumo es más popular; mientras el producto es especializado y dedicado a una actividad específica del mercado, tiene menor popularidad y menor sensibilidad en el precio, incrementando los costos en derecho de propiedad.

La flexibilidad es la capacidad de modificar o agregar diferentes características para satisfacer los requerimientos solicitados por los usuarios. Los diferentes desarrolladores de productos deben hacer fácil la actualización para que cumpla con los diferentes estándares actuales.

3.4. Componentes de un Sistema de CCTV

Los principales elementos de un sistema de video vigilancia IP son:

- Cámaras IP o cámaras de red
- Grabador de Video en Red (NVR)
- Etapa de gestión y control de video
- Transmisión de información a través de la red de datos (cableado estructurado, switches).
- Monitores para visualización y gestión del sistema.

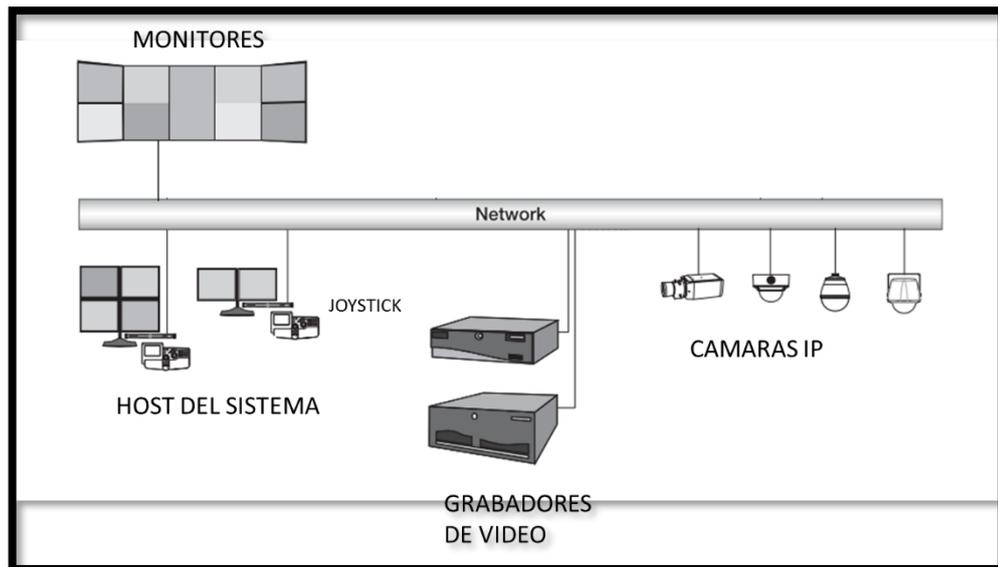


Figura 1-3: Esquema de un Sistema de videovigilancia IP
 Realizado por: Patricio Bayas, 2020

3.5. Parámetros de Simulación

Se ha utilizado un simulador propietario de la reconocida marca de dispositivos de seguridad electrónica HIKVISION (Hik Design Tool, versión 1.0.0.5), donde se han seleccionado los siguientes elementos: Grabador de video en red (NVR) de modelo DS-7608NI-K2/8P, el cual soporta hasta 8 cámaras IP, además, es de los pocos equipos de grabación que soportan grabación con el formato de compresión H.264/AVC y H.265/HEVC; 8 cámaras IP modelo DS-2CD2125FHWD-IS, que es una cámara de 2 megapíxeles de resolución y que también soporta los dos formatos de compresión. La conexión entre cada una de las cámaras IP y el NVR se realiza con cable UTP que soporta un ancho de banda de hasta 100 Mbps.

En la simulación se cambian los parámetros de configuración de las cámaras para establecer la variación en lo referente a ancho de banda, espacio de almacenamiento y tasa de bits. El estándar de video utilizado para la simulación es NTSC (National Television System Committee), que es estándar de video utilizado en Ecuador

En la figura 2-3 se muestra el diagrama utilizado para la simulación, donde se utiliza una topología en estrella, el centro es el Grabador de video NVR

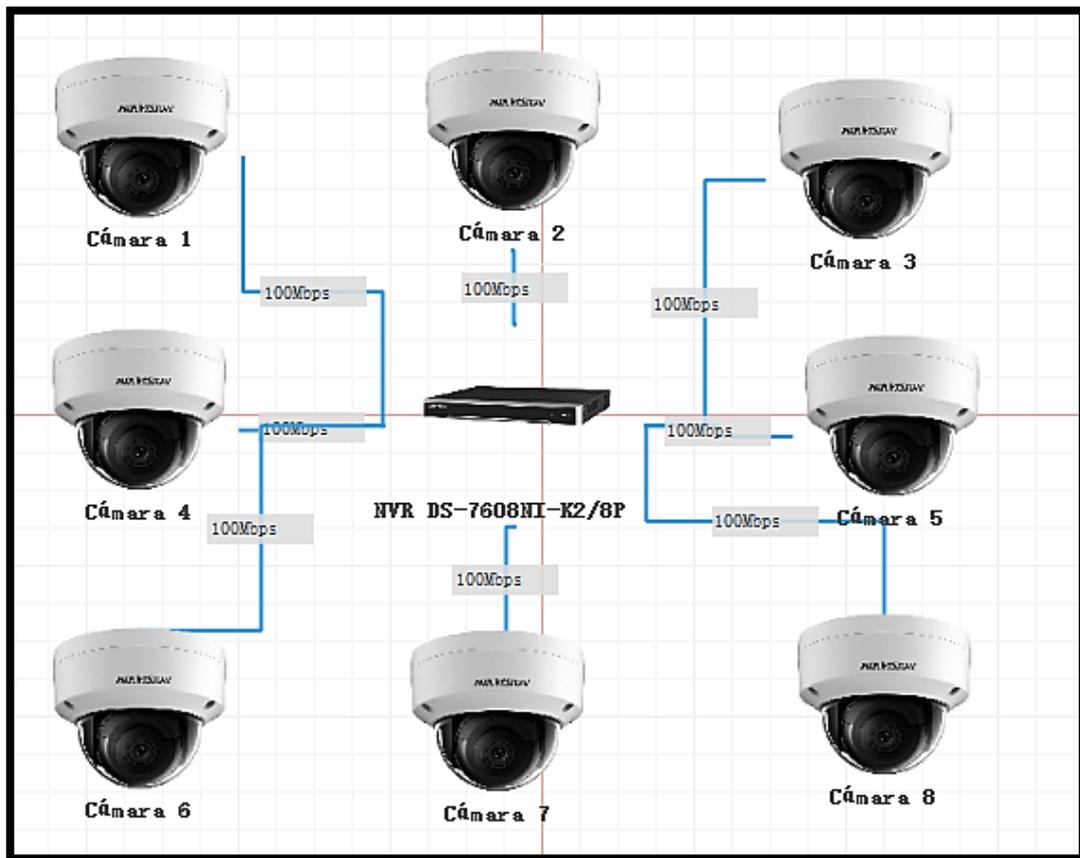


Figura 2-3: Diagrama del sistema de video vigilancia IP utilizado para la simulación
 Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En el diagrama de la figura 2-3 se observa un NVR de la marca Hikvision modelo DS-7608NI-K2/8P, el cual soporta hasta 8 cámaras IP, además, es de los pocos equipos de grabación que soportan grabación con el formato de compresión H.265.

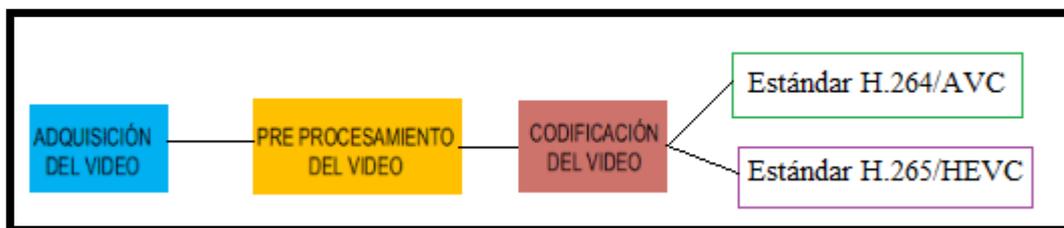


Figura 3-3: Diagrama de Bloques del sistema de Video Vigilancia
 Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 3-3 se puede observar el diagrama de bloques del proceso de grabación del sistema de video vigilancia y el resultado en los dos estándares H.264/AVC y H.265/HEVC para su respectivo análisis dentro de los parámetros establecidos para su análisis.

Tabla 1-3: Configuración de red del Grabador de Video (NVR)

ID	Device Type	Device Name	IP Address	Subnet Mask	Gateway	DNS Address
1	DS-7608NI-K2/8P	NVR DS-7608NI-K2/8P	192.168.1.100	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.1

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

Tabla 2-3: Configuración de direcciones IP de las Cámaras de video vigilancia IP

ID	Device Type	Device Name	IP Address	Subnet Mask	Gateway	DNS Address
1	DS-2CD2125FHWD- -IS	Cámara 5	192.168.1.6	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.1
2	DS-2CD2125FHWD- -IS	Cámara 8	192.168.1.9	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.1
3	DS-2CD2125FHWD- -IS	Cámara 6	192.168.1.7	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.1
4	DS-2CD2125FHWD- -IS	Cámara 2	192.168.1.3	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.1
5	DS-2CD2125FHWD- -IS	Cámara 4	192.168.1.5	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.1
6	DS-2CD2125FHWD- -IS	Cámara 7	192.168.1.8	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.1
7	DS-2CD2125FHWD- -IS	Cámara 3	192.168.1.4	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.1
8	DS-2CD2125FHWD- -IS	Cámara 1	192.168.1.2	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.1

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

3.6. Dispositivos Conectados

En la figura 4-3 se puede observar la configuración de las ocho cámaras de video con sus diferentes direcciones IP en el NVR (Grabador de video) en los diferentes canales para realizar la comparación entre los estándares H.264/AVC y H.265/HEVC.

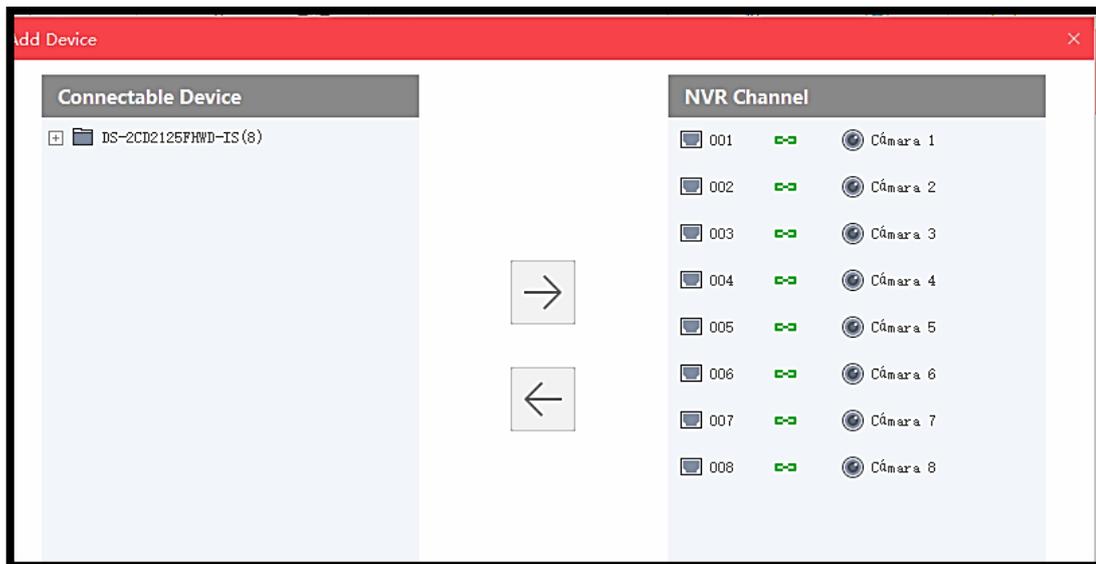


Figura 4-3: Lista de dispositivos conectados al NVR
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

PARÁMETROS DE GRABACIÓN

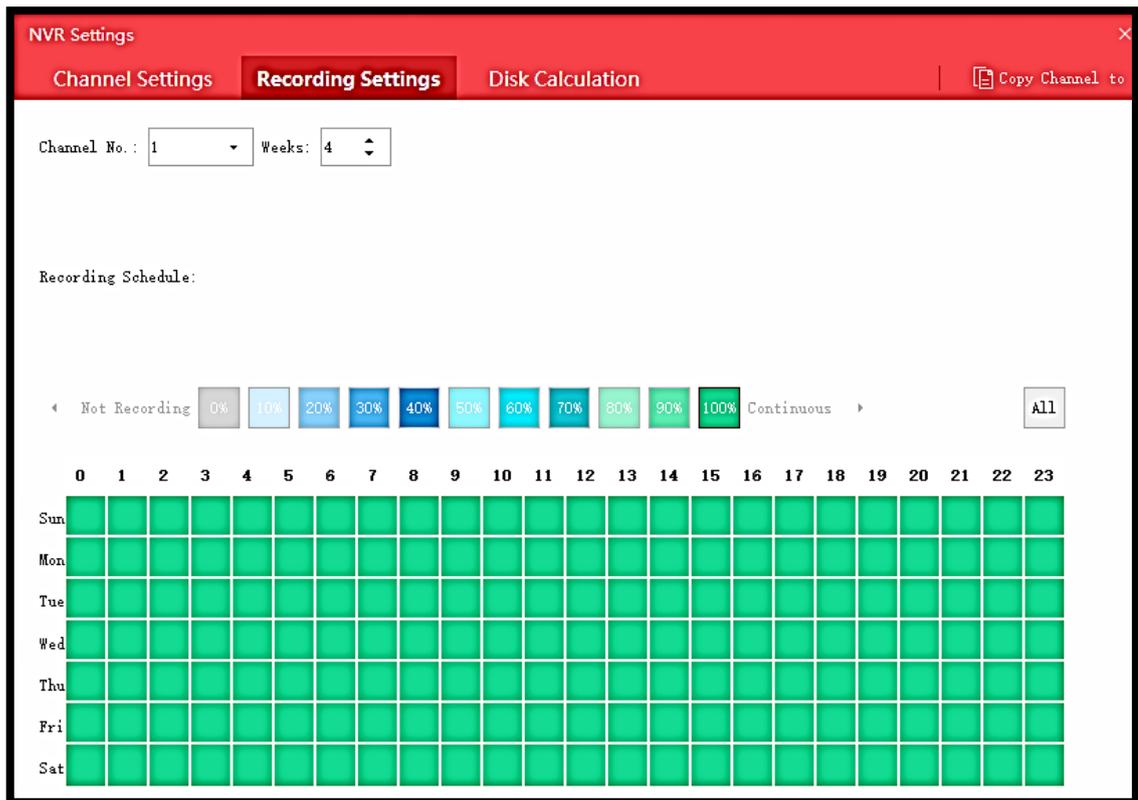


Figura 5-3: Parámetros de grabación
 Realizado por: Patricio Bayas, 2020

Dentro de los parámetros de grabación se han establecido, un tiempo de grabación de 4 semanas, una grabación continua durante las 24 horas del día para todos los canales del NVR para los dos entandares a ser analizados.

CAPÍTULO IV

4. SIMULACIONES Y RESULTADOS

4.1. Simulaciones

4.1.1. Simulación (15 cuadros por segundo)

Espacio de almacenamiento del canal 1 utilizando H.265/HEVC y canal 2 utilizando H.264/AVC a 15 fps

The screenshot shows a 'Network Camera Settings' window. It contains two tables. The first table lists network configuration for 'Cámara 1' with IP 192.168.1.2, Subnet Mask 255.255.255.0, Gateway 192.168.1.1, and DNS Address 192.168.1.1. The second table lists video settings for five templates. Templates 001 and 002 are checked, showing H.265/HEVC and H.264/AVC respectively, both at 15 fps and 1920x1080 resolution. H.265/HEVC has a bitrate of 1024 Kbps and bandwidth of 1.0 Mbps, while H.264/AVC has a bitrate of 2048 Kbps and bandwidth of 2.0 Mbps. Templates 003, 004, and 005 are unchecked and use H.264/AVC at 50 fps and 1920x1080 resolution with a bitrate of 8192 Kbps and bandwidth of 8.0 Mbps.

ID	Device Name	IP Address	Subnet Mask	Gateway	DNS Address	Remark
001	Cámara 1	192.168.1.2	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.1	

<input type="checkbox"/>	ID	Template Name	Encoding	Video Standard	Frame(fps)	Resolution	Bitrate Type	Bitrate(Kbps)	Bandwidth(Mbps)
<input checked="" type="checkbox"/>	001	H.265/HEVC	H.265	NTSC	15	1920×1080	VER	1024	1.0
<input checked="" type="checkbox"/>	002	H.264/AVC	H.264	NTSC	15	1920×1080	VER	2048	2.0
<input type="checkbox"/>	003	Template_3	H.264	PAL	50	1920×1080	VER	8192	8.0
<input type="checkbox"/>	004	Template_4	H.264	PAL	50	1920×1080	VER	8192	8.0
<input type="checkbox"/>	005	Template_5	H.264	PAL	50	1920×1080	VER	8192	8.0

Figura 1-4: Parámetros utilizados y resultados de un canal en la primera simulación
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

Tabla 1-4: Resultados del almacenamiento y ancho de banda en (15 fps)

Estándar	Almacenamiento	Ancho de Banda
H.264/AVC	1536 Kbps	2.0 Mbps
H.265/HEVC	768 Kbps	1.0 Mbps

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 1-4 se observan los dos parámetros y resultados de un canal del NVR, donde la tasa de bits utilizada por el estándar H.265/HEVC es la mitad de la que utiliza el estándar H.264/AVC,

con respecto al ancho de banda que utiliza H.265/HEVC es el 53% menos de lo que utiliza su predecesor H.264/AVC.

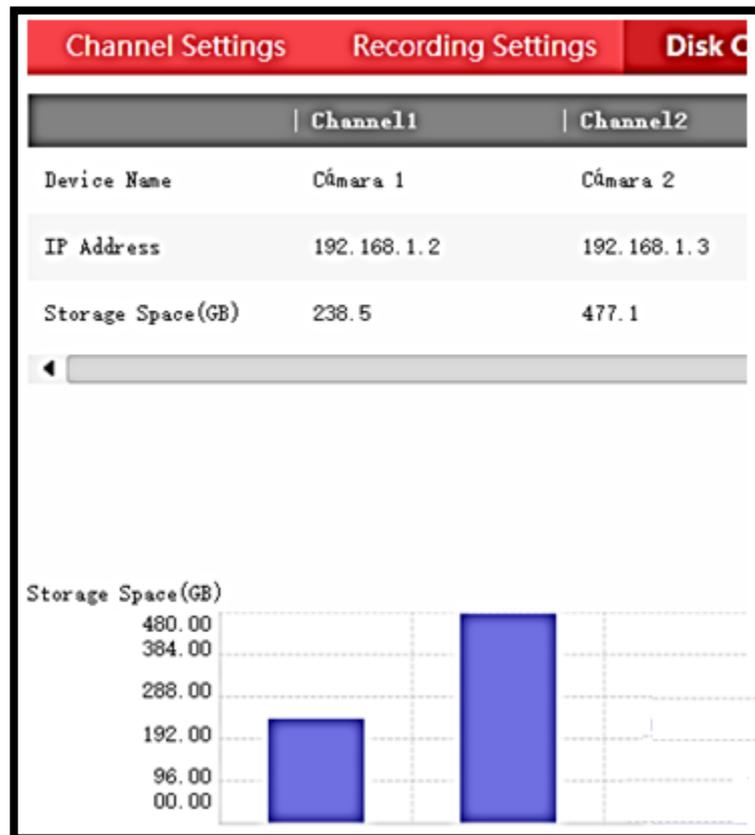


Figura 2-4: Espacio de almacenamiento del canal 1 utilizando H.265/HEVC y canal 2 utiliza H.264/AVC a 15 fps.

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 2-4 se observa el espacio de almacenamiento del canal 1 que utiliza el formato de compresión H.265/HEVC con respecto al canal 2 que utiliza el formato de compresión H.264/AVC. Se observa que el primero demanda un espacio de almacenamiento de 238.5 GB, mientras que el segundo necesita 477.1 Gb de espacio en disco para una grabación de 4 semanas de acuerdo a los parámetros establecidos.

4.1.2. Simulación (20 cuadros por segundo)

Los estándares de video utilizados H.265/HEVC y H.264/AVC, con una resolución de 1920 x 1080 que equivale a 2 megapíxeles que es la resolución de cada una de las cámaras. La grabación y la visualización se realiza con 20 cuadros por segundo (fps).

Espacio de almacenamiento del canal 1 utilizando H.265/HEVC y canal 2 utilizando H.264/AVC a 20 fps.



Figura 3-4: Parámetros utilizados y resultados de un canal en la segunda simulación
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

Tabla 2-4: Resultados de la tasa de bits y ancho de banda en (20 fps)

Estándar	Almacenamiento	Ancho de Banda
H.264/AVC	3072 Kbps	3.0 Mbps
H.265/HEVC	1536 Kbps	1.5 Mbps

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 3-4 se observan los dos parámetros y resultados de un canal del NVR, donde la tasa de bits utilizada por el estándar H.265/HEVC es la mitad de la que utiliza el estándar H.264/AVC, con respecto al ancho de banda que utiliza H.265/HEVC es el 50% menos de lo que utiliza su predecesor H.264/AVC.

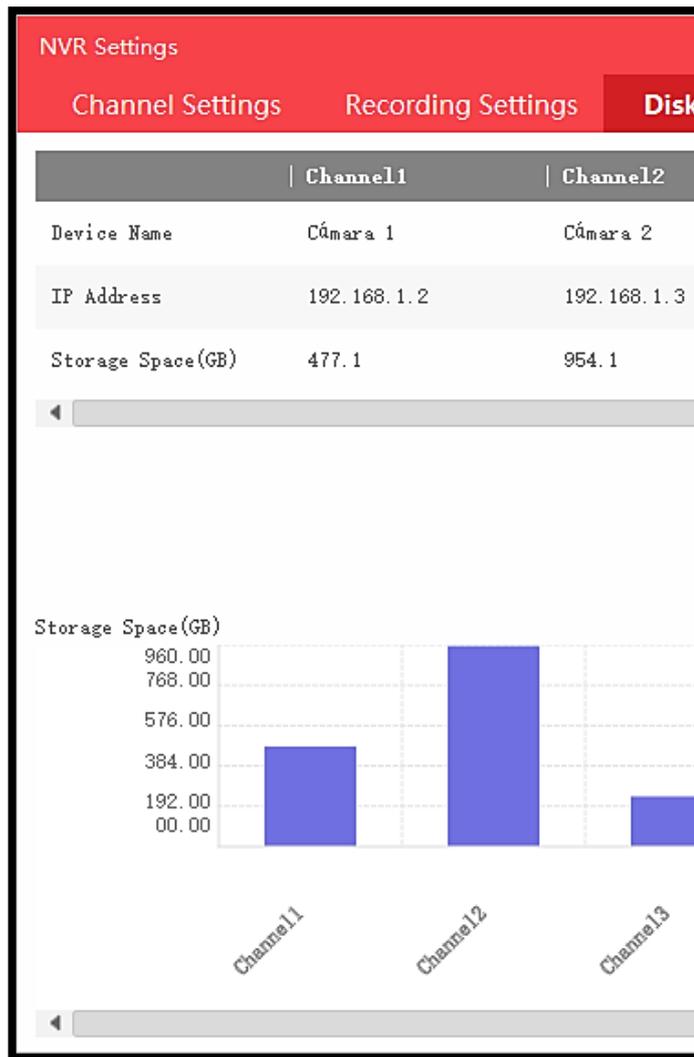


Figura 4-4: Espacio de almacenamiento del canal 1 utilizando H.265/HEVC y canal 2 utilizando H.264/AVC a 20 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 4-4 se observa el espacio de almacenamiento de la cámara IP 1 que utiliza el formato de compresión H.265/HEVC con respecto a la cámara 2 que utiliza el formato de compresión H.264/AVC. Se observa que el primero demanda un espacio de almacenamiento de 477.1 GB, mientras que el segundo necesita 954.1 GB de espacio en disco para una grabación de 4 semanas de acuerdo a los parámetros establecidos.

4.1.3. Simulación (25 cuadros por segundo)

Espacio de almacenamiento del canal 1 utilizando H.265/HEVC y canal 2 utilizando H.264/AVC a 25 fps

The screenshot shows the 'Network Camera Settings' window. At the top, there is a red header. Below it, a table lists network settings for 'Cámara 1':

ID	Device Name	IP Address	Subnet Mask	Gateway	DNS Address	Remark
001	Cámara 1	192.168.1.2	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.1	

Below the network settings is a video configuration table:

<input type="checkbox"/>	ID	Template Name	Encoding	Video Standard	Frame(fps)	Resolution	Bitrate Type	Bitrate(Kbps)	Bandwidth(Mbps)
<input checked="" type="checkbox"/>	001	H.265/HEVC	H.265	NTSC	25	1920×1080	VBR	2048	2.0
<input checked="" type="checkbox"/>	002	H.264/AVC	H.264	NTSC	25	1920×1080	VBR	4096	4.0
<input type="checkbox"/>	003	Template_3	H.264	PAL	50	1920×1080	VBR	8192	8.0
<input checked="" type="checkbox"/>	004	Template_4	H.264	PAL	50	1920×1080	VBR	8192	8.0
<input type="checkbox"/>	005	Template_5	H.264	H.264	50	1920×1080	VBR	8192	8.0

Figura 5-4: Parámetros utilizados y resultados de un canal en la tercera simulación
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

Tabla 3-4: Resultados de la tasa de bits y ancho de banda en (25 fps)

Estándar	Almacenamiento	Ancho de Banda
H.264/AVC	4096 Kbps	4.0 Mbps
H.265/HEVC	2048 Kbps	2.0 Mbps

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 5-4 se observan los dos parámetros y resultados de un canal del NVR donde, la tasa de bits utilizada por el estándar H.265/HEVC es la mitad de la que utiliza el estándar H.264/AVC, con respecto al ancho de banda que utiliza H.265/HEVC es el 50% menos de lo que utiliza su predecesor H.264/AVC.

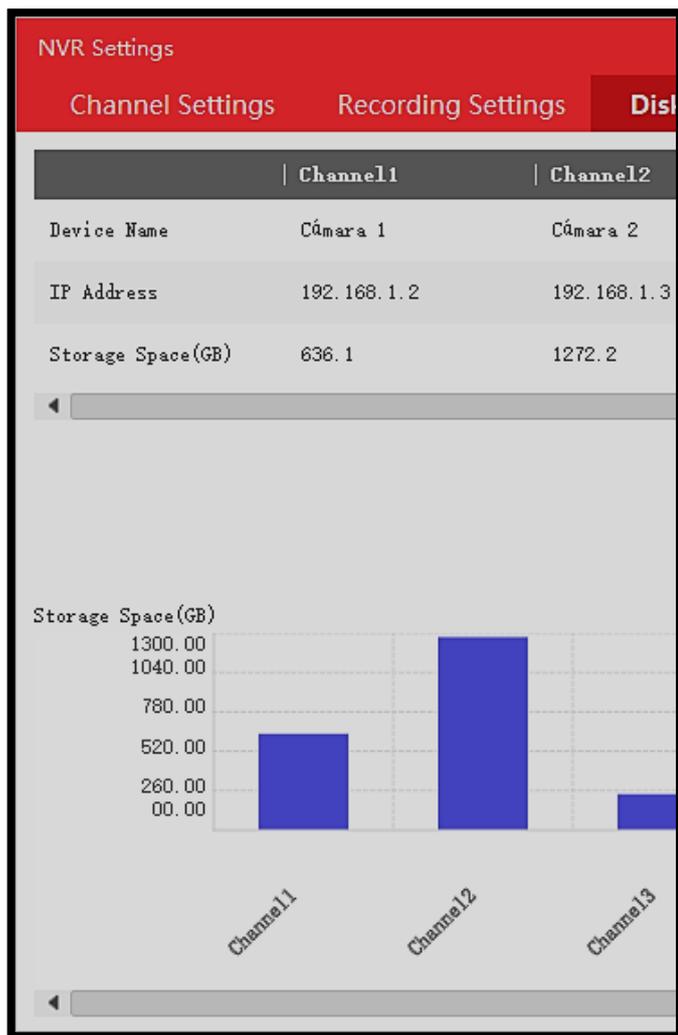


Figura 6-4: Espacio de almacenamiento del canal 1 utilizando H.265/HEVC y canal 2 utilizando H.264/AVC a 25 fps

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 6-4 se observa el espacio de almacenamiento de la cámara IP 1 que utiliza el formato de compresión H.265/HEVC con respecto la cámara 2 que utiliza el formato de compresión H.264/AVC. Se observa que el primero demanda un espacio de almacenamiento de 636.1 GB, mientras que el segundo necesita 1272.2 GB de espacio en disco para una grabación de 4 semanas de acuerdo a los parámetros establecidos.

4.1.4. Simulación (30 cuadros por segundo)

Espacio de almacenamiento del canal 1 utilizando H.265/HEVC y canal 2 utilizando H.264/AVC a 30 fps

ID	Device Name	IP Address	Subnet Mask	Gateway	DNS Address	Remark
001	Cámara 1	192.168.1.2	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.1	

<input checked="" type="checkbox"/>	ID	Template Name	Encoding	Video Standard	Frame(fps)	Resolution	Bitrate Type	Bitrate(Kbps)	Bandwidth(Mbps)
<input checked="" type="checkbox"/>	001	H.265/HEVC	H.265	NTSC	30	1920×1080	VBR	2048	2.0
<input checked="" type="checkbox"/>	002	H.264/AVC	H.264	NTSC	30	1920×1080	VBR	4096	4.0
<input type="checkbox"/>	003	Template_3	H.264	PAL	50	1920×1080	VBR	8192	8.0
<input type="checkbox"/>	004	Template_4	H.264	PAL	50	1920×1080	VBR	8192	8.0
<input type="checkbox"/>	005	Template_5	H.264	PAL	50	1920×1080	VBR	8192	8.0

Figura 7-4: Parámetros utilizados y resultados de un canal en la cuarta simulación
 Realizado por: Patricio Bayas, 2020

Tabla 4-4: Resultados de la tasa de bits y ancho de banda en (30 fps)

Estándar	Almacenamiento	Ancho de Banda
H.264/AVC	4096 Kbps	4.0 Mbps
H.265/HEVC	2048 Kbps	2.0 Mbps

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 7-4 se observan los dos parámetros y resultados de un canal del NVR donde, la tasa de bits utilizada por el estándar H.265/HEVC es la mitad de la que utiliza el estándar H.264/AVC, con respecto al ancho de banda que utiliza H.265/HEVC es el 50% menos de lo que utiliza su predecesor H.264/AVC.



Figura 8-4: Espacio de almacenamiento del canal 1 utilizando H.265/HEVC y canal 2 utilizando H.264/AVC a 30 fps

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 8-4 se observa el espacio de almacenamiento de la cámara IP 1 que utiliza el formato de compresión H.265/HEVC con respecto la cámara 2 que utiliza el formato de compresión H.264/AVC. Se observa que el primero demanda un espacio de almacenamiento de 636.1 GB, mientras que el segundo necesita 1272.2 GB de espacio en disco para una grabación de 4 semanas de acuerdo a los parámetros establecidos.

4.1.5. Simulación (60 cuadros por segundo)

Espacio de almacenamiento del canal 1 utilizando H.265/HEVC y canal 2 utilizando H.264/AVC a 60 fps

Network Camera Settings									
ID	Device Name	IP Address	Subnet Mask	Gateway	DNS Address	Remark			
001	Cámara 1	192.168.1.2	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.1				
<input type="checkbox"/>	ID	Template Name	Encoding	Video Standard	Frame(fps)	Resolution	Bitrate Type	Bitrate(Kbps)	Bandwidth(Mbps)
<input checked="" type="checkbox"/>	001	H.265/HEVC	H.265	NTSC	60	1920×1080	VBR	4096	4.0
<input checked="" type="checkbox"/>	002	H.264/AVC	H.264	NTSC	60	1920×1080	VBR	8192	8.0
<input type="checkbox"/>	003	Template_3	H.264	PAL	50	1920×1080	VBR	8192	8.0
<input type="checkbox"/>	004	Template_4	H.264	PAL	50	1920×1080	VBR	8192	8.0
<input type="checkbox"/>	005	Template_5	H.264	PAL	50	1920×1080	VBR	8192	8.0

Figura 9-4: Parámetros utilizados y resultados de un canal en la simulación 60 (fps)
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

Tabla 5-4: Resultados de la tasa de bits y ancho de banda en (60 fps)

Estándar	Almacenamiento	Ancho de Banda
H.264/AVC	8192Kbps	8.0 Mbps
H.265/HEVC	4096 Kbps	4.0 Mbps

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 9-4 se observan los dos parámetros y resultados de un canal del NVR donde, la tasa de bits utilizada por el estándar H.265/HEVC es la mitad de la que utiliza el estándar H.264/AVC, con respecto al ancho de banda que utiliza H.265/HEVC es el 50% menos de lo que utiliza su predecesor H.264/AVC.

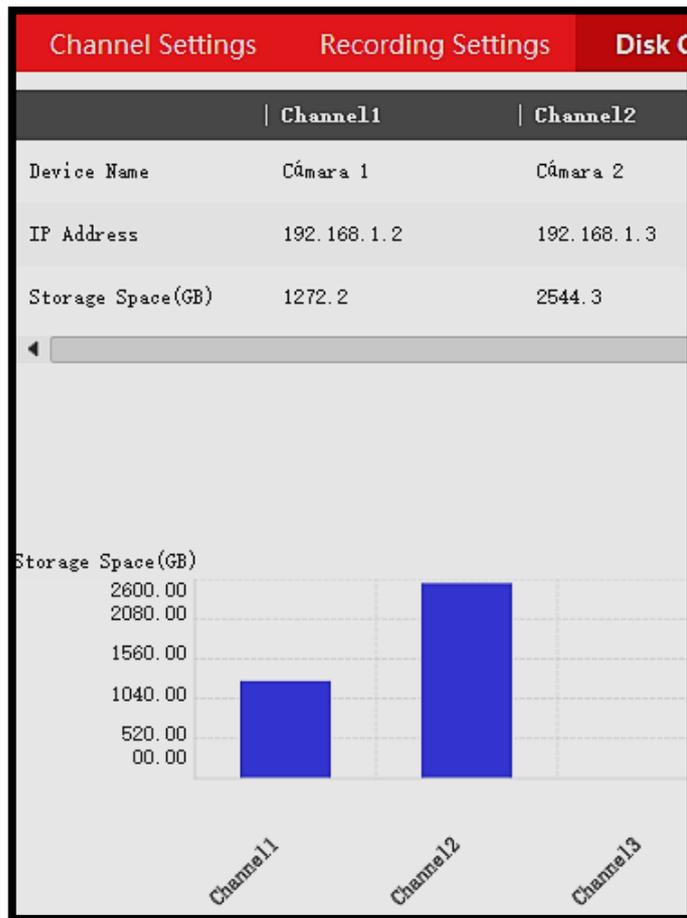


Figura 10-4: Espacio de almacenamiento del canal 1 utilizando H.265/HEVC y canal 2 utilizando H.264/AVC a 60 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 10-4 se observa el espacio de almacenamiento de la cámara IP 1 que utiliza el formato de compresión H.265/HEVC con respecto a la cámara 2 que utiliza el formato de compresión H.264/AVC. Se observa que el primero demanda un espacio de almacenamiento de 1272.2 GB, mientras que el segundo necesita 2544.3 GB de espacio en disco para una grabación de 4 semanas de acuerdo a los parámetros establecidos.

Tabla 6-4: Resumen De Resultados Obtenidos De Las Simulaciones

ESTÁNDAR DE VIDEO	Cuadros por segundo (fps)	Compresión de Video	TASA DE BITS (Kbps)	ANCHO DE BANDA (Mbps)	ALMACENAMIENTO (GB)	DIFERENCIA EN LA TASA DE BITS (Kbps)	DIFERENCIA DE ANCHO BANDA (Mbps)	DIFERENCIA DE ESPACIO DE ALMACENAMIENTO (GB)	PORCENTAJE DE TAS DE BITS UTILIZADO POR H.265 CON RESPECTO A H.264 (%)	PORCENTAJE DE AHORRO DE ANCHO DE BANDA (%)	PORCENTAJE DE AHORRO DE ESPACIO DE ALMACENAMIENTO (%)
NTSC	15	H.264/AVC	1536	2,00	477,1	768	1,0	238,6	50,00	50,00	50,01
		H.265/HEVC	768	0,80	238,5						
	20	H.264/AVC	1536	3,00	954,1	768	1,5	477	50,00	50,00	49,99
		H.265/HEVC	768	1,50	477,1						
	25	H.264/AVC	4096	4,00	1272,2	2048	2	636,1	50,00	50,00	50,00
		H.265/HEVC	2048	2,00	636,1						
	30	H.264/AVC	4096	4,00	1272,2	2048	2	636,1	50,00	50,00	50,00
		H.265/HEVC	2048	2,00	636,1						
	60	H.264/AVC	8192	8,00	2544,3	4096	4	1272,1	50,00	50,00	50,00
		H.265/HEVC	4096	4,00	1272,2						

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

De la tabla de resumen se puede concluir que la tasa de bits utilizado por el formato de compresión H.265/HEVC es la mitad de la que utiliza la compresión H.264/AVC. También se puede decir que el ancho de banda que utiliza un canal transmitiendo con el formato de compresión H.265/HEVC es aproximadamente la mitad de lo que utiliza un canal utilizando la compresión H.264/AVC.

Con respecto al espacio de almacenamiento se puede observar que H.264/AVC utiliza el doble de espacio de lo que utiliza H.265/HEVC.

4.2. Almacenamiento y Ancho de Banda con el total de Canales en Transmisión, Grabación y visualización

En las siguientes simulaciones se pondrán a transmitir y grabar la totalidad de canales conectados al NVR, con el fin de analizar el consumo de ancho de banda y espacio de almacenamiento en un tiempo de 4 semanas en grabación continua las 24 horas del día, variando los parámetros de cuadros por segundo (fps)

4.2.1. Simulación con 15 (cuadros por segundo)

4.2.1.1. Simulación A 15 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.265/HEVC



Figura 11-4: Ancho de banda utilizado por H.265/HEVC a 15 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 11-4 se observa que el ancho de banda utilizado por las 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 15 fps y utilizando compresión H.265/HEVC es de 8 Mbps, tanto para vista en vivo, grabación o reproducción. Si se estuvieran haciendo las tres tareas a la vez, lo cual en pocas ocasiones se realiza, el ancho de banda utilizado sería de 24 Mbps.

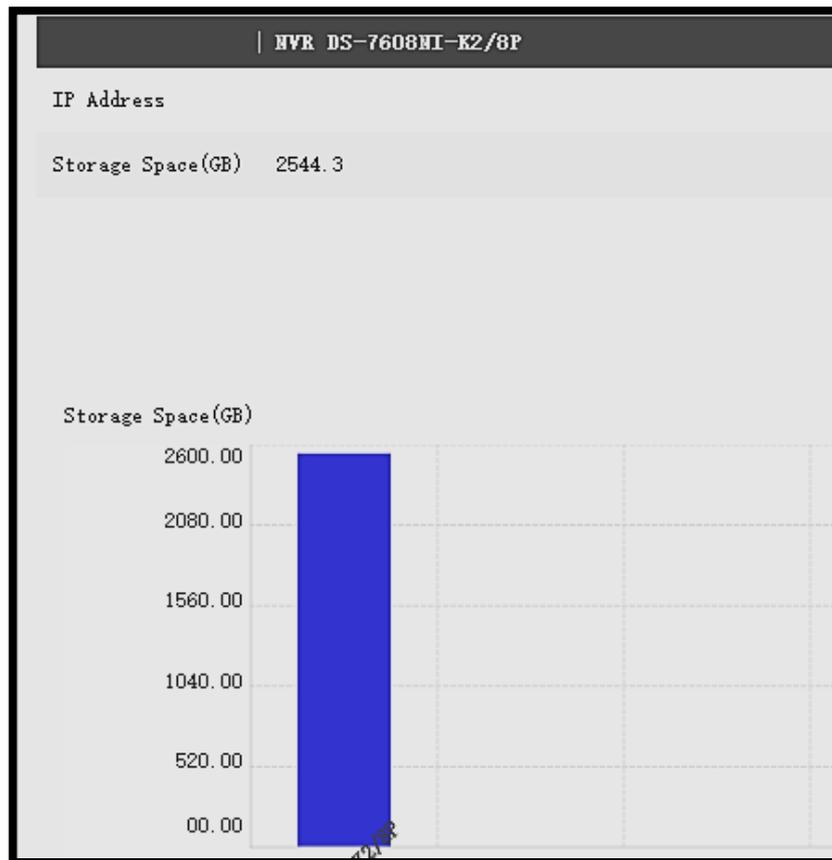


Figura 12-4: Espacio de almacenamiento necesario con el formato de compresión H.265/HEVC a 15 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 12-4 se observa que el espacio en disco necesario para grabar 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 15 fps y utilizando compresión H.265/HEVC es de 2544.3 GB, equivalentes a 2.54 TB de espacio de almacenamiento.

4.2.1.2. Simulación A 15 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.264/AVC



Figura 13-4: Ancho de banda utilizado por H.264/AVC a 15 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 13-4 se observa que el ancho de banda utilizado por las 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 15 fps y utilizando compresión H.264/AVC es de 16 Mbps, tanto para vista en vivo, grabación o reproducción. Si se estuvieran haciendo las tres tareas a la vez, lo cual en pocas ocasiones se realiza, el ancho de banda utilizado sería de 48 Mbps.

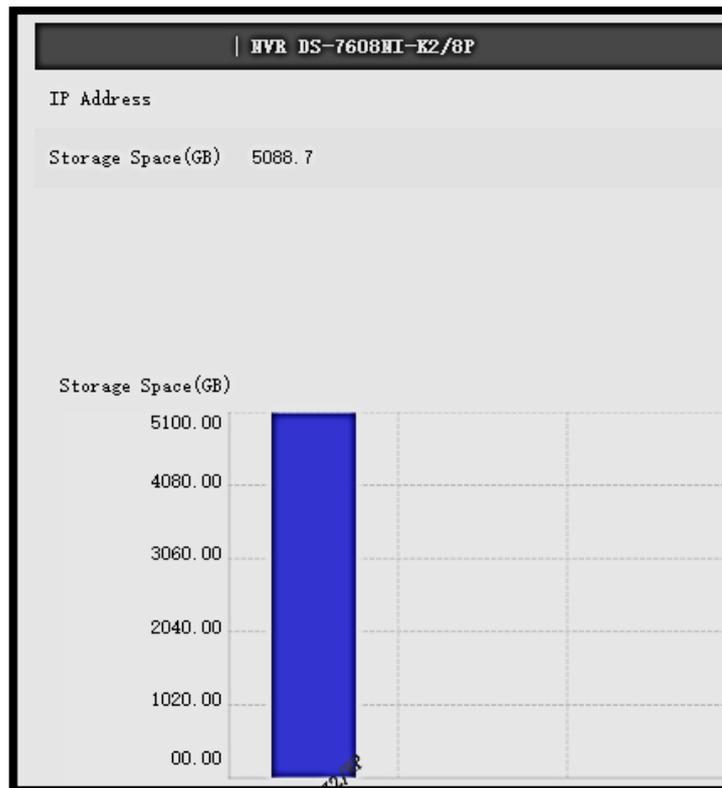


Figura 14-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.264/AVC a 15 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 14-4 se observa que el espacio en disco necesario para grabar 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 15 fps y utilizando compresión H.264/AVC es de 5088.7 GB, equivalentes a 5.7 TB de espacio de almacenamiento.

Tabla 7-4: Resultados del almacenamiento y ancho de banda en (15 fps)

Estándar	Almacenamiento	Ancho de Banda
H.264/AVC	5088.7 GB (5.7TB)	48 Mbps
H.265/HEVC	2544.3GB (2.54TB)	24 Mbps

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

4.2.2. Simulación con 20 cuadros por segundo

4.2.2.1. Simulación A 20 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.265/HEVC



Figura 15-4: Ancho de banda utilizado por H.265/HEVC a 20 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 15-4 se observa que el ancho de banda utilizado por las 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 20 fps y utilizando compresión H.265/HEVC es de 12 Mbps, tanto para vista en vivo, grabación o reproducción. Si se estuvieran haciendo las tres tareas a la vez, lo cual en pocas ocasiones se realiza, el ancho de banda utilizado sería de 36 Mbps.

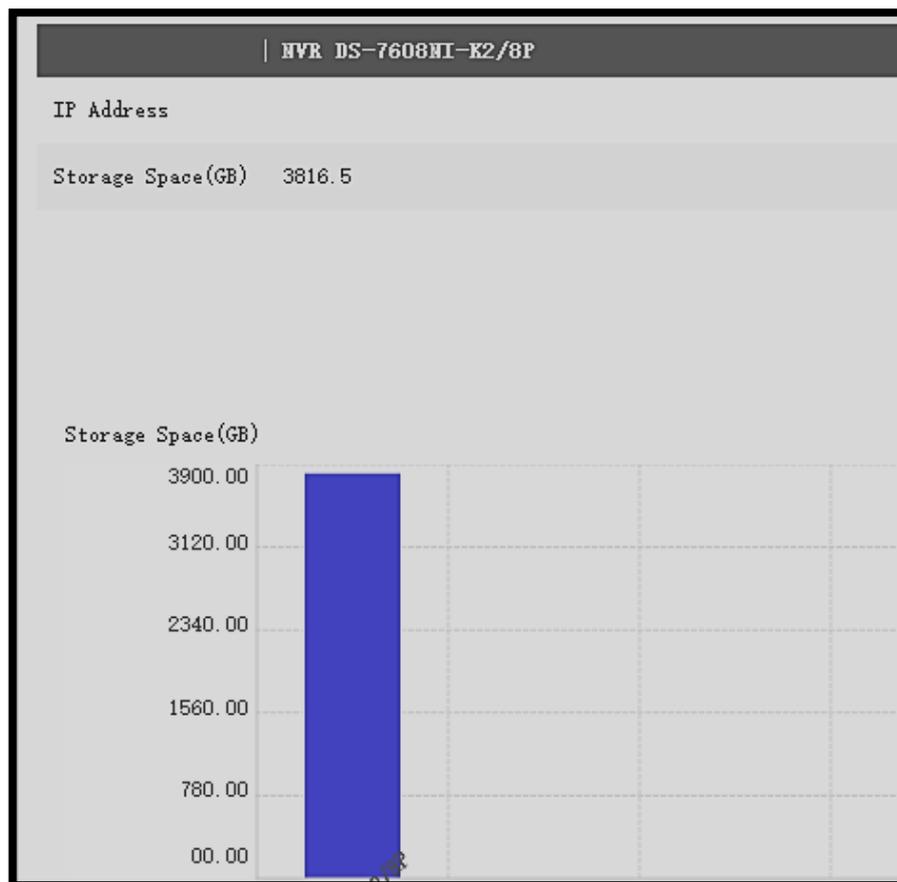


Figura 16-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.265/HEVC a 20 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 16-4 se observa que el espacio en disco necesario para grabar 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 30 fps y utilizando compresión H.265/HEVC es de 3816.5 GB, equivalentes a 3.81 TB de espacio de almacenamiento.

4.2.2.2. Simulación A 20 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.264/AVC



Figura 17-4: Ancho de banda utilizado por H.264/AVC a 20 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 17-4 se observa que el ancho de banda utilizado por las 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 20 fps y utilizando compresión H.264/AVC es de 24 Mbps, tanto para vista en vivo, grabación o reproducción. Si se estuvieran haciendo las tres tareas a la vez, lo cual en pocas ocasiones se realiza, el ancho de banda utilizado sería de 72 Mbps.

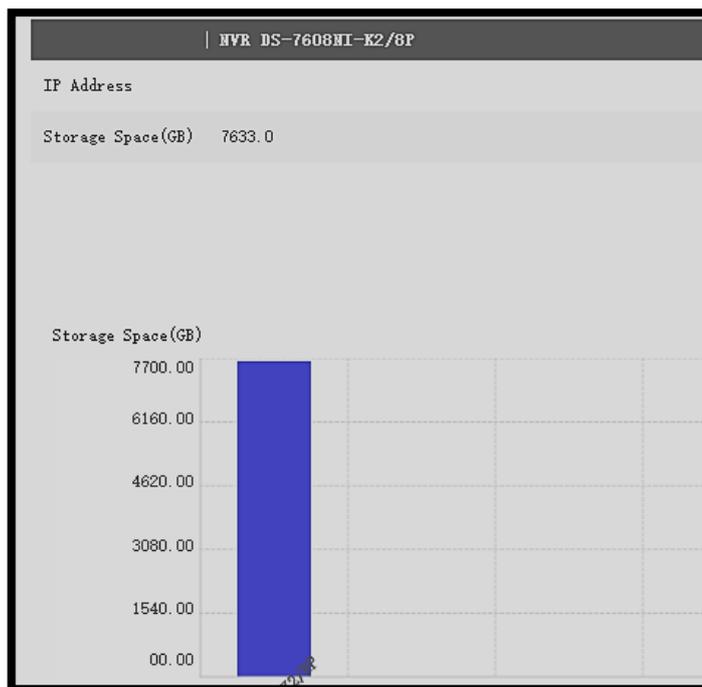


Figura 18-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.264/AVC a 20 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 18-4 se observa que el espacio en disco necesario para grabar 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 20 fps y utilizando compresión H.264/AVC es de 7633.0 GB, equivalentes a 7.63 TB de espacio de almacenamiento.

Tabla 8-4: Resultados del almacenamiento y ancho de banda en (20 fps)

Estándar	Almacenamiento	Ancho de Banda
H.264/AVC	7633.63 GB (7.63TB)	72 Mbps
H.265/HEVC	3816.5 GB (3.81TB)	36 Mbps

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

4.2.3. Simulación con 25 cuadros por segundo

4.2.3.1. Simulación A 25 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.265/HEVC

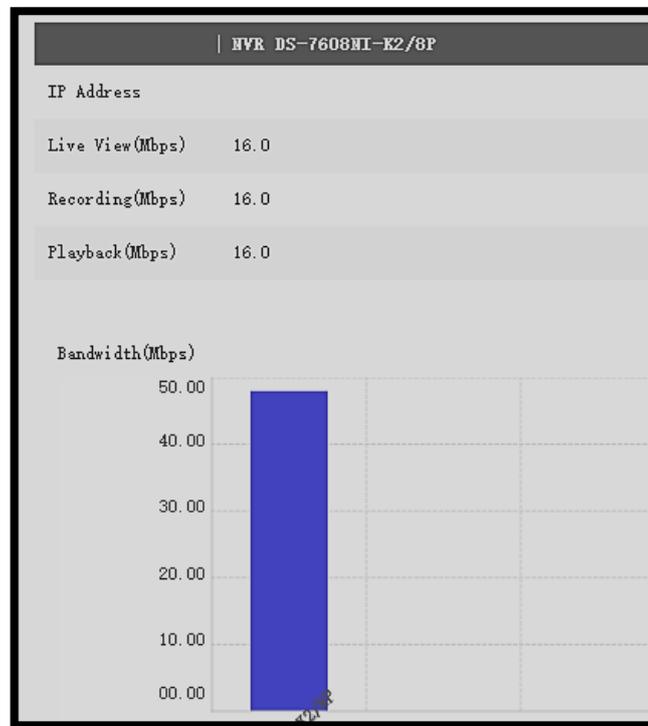


Figura 19-4: Ancho de banda utilizado por H.265/HEVC a 25 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 19-4 se observa que el ancho de banda utilizado por las 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 25 fps y utilizando compresión H.265/HEVC es de 16 Mbps, tanto para vista en vivo, grabación o reproducción. Si se estuvieran haciendo las tres tareas a la vez, lo cual en pocas ocasiones se realiza, el ancho de banda utilizado sería de 48 Mbps.



Figura 20-4 Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.265/HEVC a 25 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 20-4 se observa que el espacio en disco necesario para grabar 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 25 fps y utilizando compresión H.265/HEVC es de 5088.7 GB, equivalentes a 5.08 TB de espacio de almacenamiento.

4.2.3.2. Simulación A 25 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.264/AVC

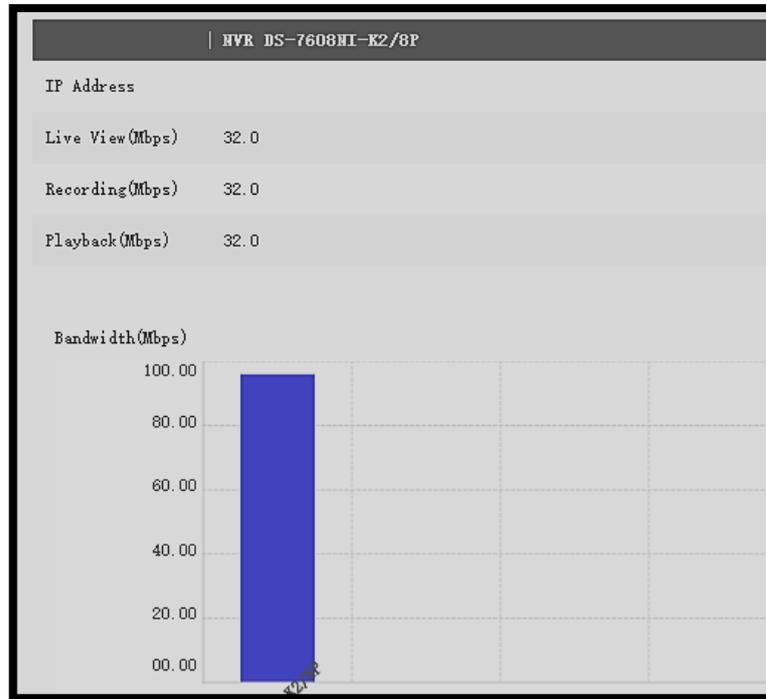


Figura 21-4: Ancho de banda utilizado por H.264/AVC a 25 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 21-4 se observa que el ancho de banda utilizado por las 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 25 fps y utilizando compresión H.264/AVC es de 32 Mbps, tanto para vista en vivo, grabación o reproducción. Si se estuvieran haciendo las tres tareas a la vez, lo cual en pocas ocasiones se realiza, el ancho de banda utilizado sería de 96Mbps.

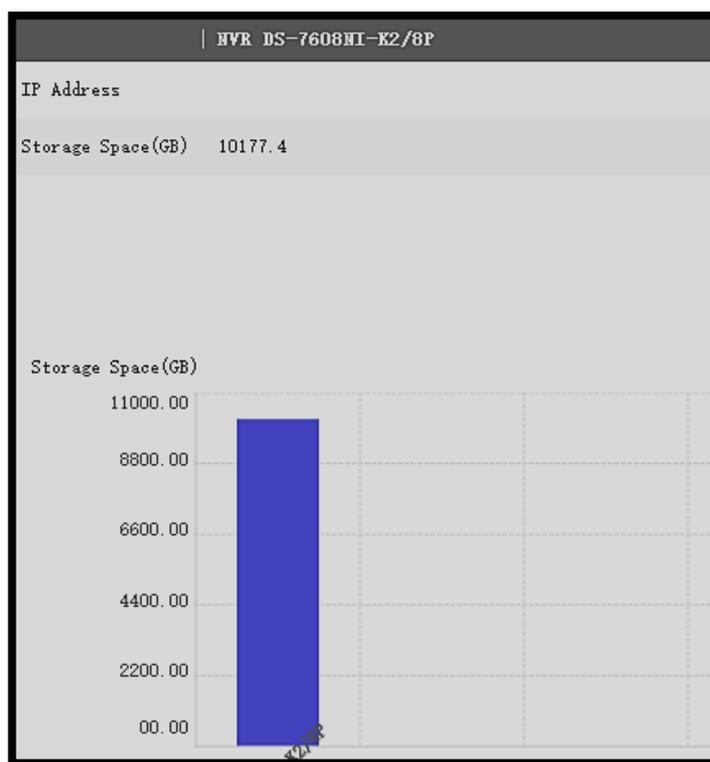


Figura 22-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.264/AVC a 25 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 22-4 se observa que el espacio en disco necesario para grabar 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 25 fps y utilizando compresión H.264/AVC es de 10177.4 GB, equivalentes a 10.17 TB de espacio de almacenamiento.

Tabla 9-4: Resultados del almacenamiento y ancho de banda en (25 fps)

Estándar	Almacenamiento	Ancho de Banda
H.264/AVC	10177.4 GB (10.17TB)	96 Mbps
H.265/HEVC	5088.7 GB (5.08TB)	48 Mbps

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

4.2.4. Simulación con 30 cuadros por segundo

4.2.4.1. Simulación A 30 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.265/HEVC



Figura 23-4: Ancho de banda utilizado por H.265/HEVC a 30 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 23-4 se observa que el ancho de banda utilizado por las 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 30 fps y utilizando compresión H.265/HEVC es de 16 Mbps, tanto para vista en vivo, grabación o reproducción. Si se estuvieran haciendo las tres tareas a la vez, el ancho de banda utilizado sería de 48 Mbps.

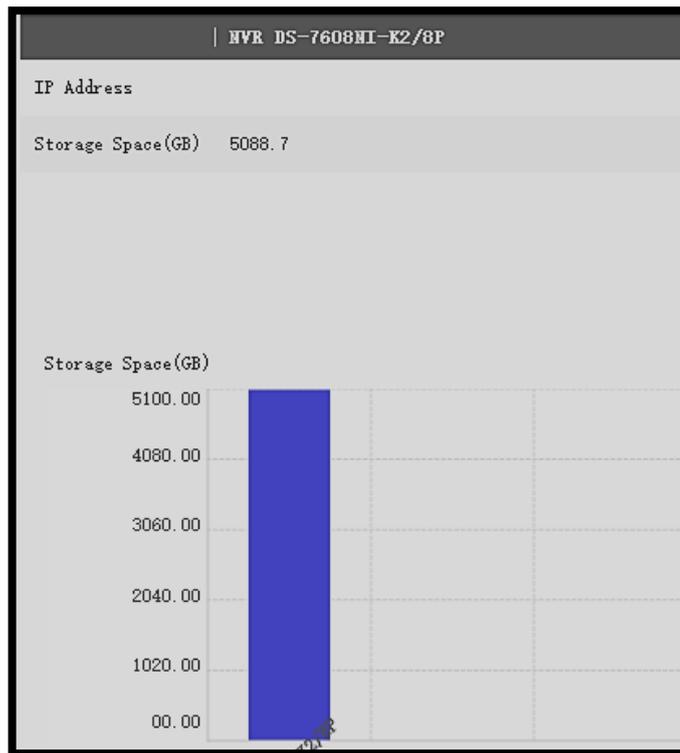


Figura 24-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.265/HEVC a 30 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 24-4 se observa que el espacio en disco necesario para grabar 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 30 fps y utilizando compresión H.265/HEVC es de 5088.7 GB, equivalentes a 5.08 TB de espacio de almacenamiento.

4.2.4.2. Simulación A 30 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.264/AVC



Figura 25-4: Ancho de banda utilizado por H.264/AVC a 30 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 25-4 se observa que el ancho de banda utilizado por las 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 30 fps y utilizando compresión H.264/AVC es de 32 Mbps, tanto para vista en vivo, grabación o reproducción. Si se estuvieran haciendo las tres tareas a la vez, el ancho de banda utilizado sería de 96 Mbps.

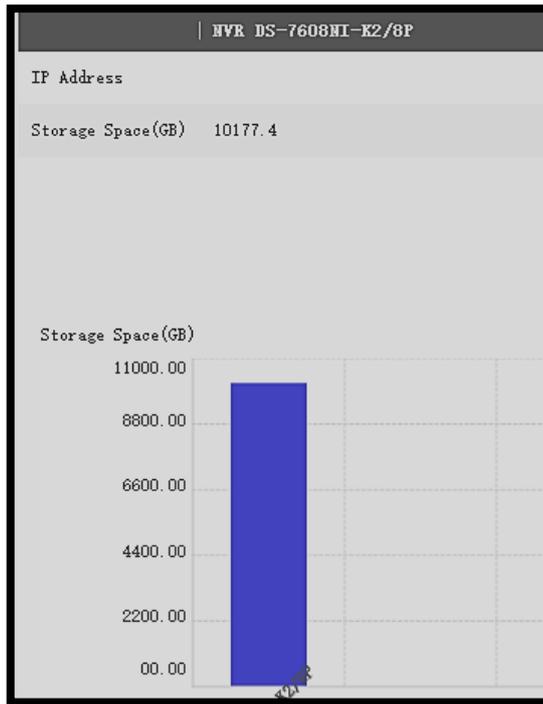


Figura 26-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.264/AVC a 30 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 26-4 se observa que el espacio en disco necesario para grabar 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 30 fps y utilizando compresión H.264/AVC es de 10177.4 GB, equivalentes a 10.2 TB de espacio de almacenamiento.

Tabla 10-4: Resultados del almacenamiento y ancho de banda en (30 fps)

Estándar	Almacenamiento	Ancho de Banda
H.264/AVC	10177.4 GB (10.2TB)	96 Mbps
H.265/HEVC	5088.76 GB (5.08TB)	48 Mbps

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

4.2.5. Simulación con 60 cuadros por segundo

4.2.5.1. Simulación A 60 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.265/HEVC



Figura 27-4: Ancho de banda utilizado por H.265/HEVC a 60 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 27-4 se observa que el ancho de banda utilizado por las 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 60 fps y utilizando compresión H.265 es de 32 Mbps, tanto para vista en vivo, grabación o reproducción. Si se estuvieran haciendo las tres tareas a la vez, el ancho de banda utilizado sería de 96 Mbps.

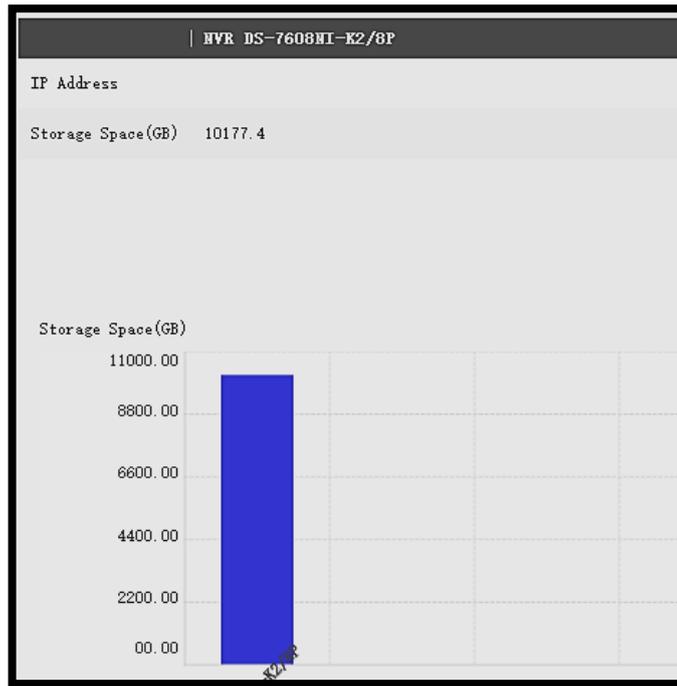


Figura 28-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.265/HEVC a 60 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 28-4 se observa que el espacio en disco necesario para grabar 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 60 fps y utilizando compresión H.265/HEVC es de 10177.4 GB, equivalentes a 10.17 TB de espacio de almacenamiento.

4.2.5.2. Simulación A 60 Cuadros Por Segundo Utilizando Compresión H.264/AVC

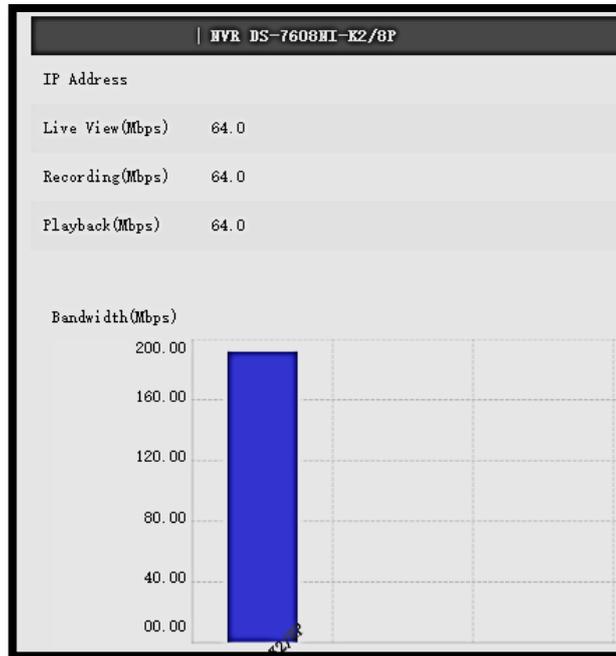


Figura 29-4: Ancho de banda utilizado por H.264/AVC a 60 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 29-4 se observa que el ancho de banda utilizado por las 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 60 fps y utilizando compresión H.264/AVC es de 64 Mbps, tanto para vista en vivo, grabación o reproducción. Si se estuvieran haciendo las tres tareas a la vez, lo cual en pocas ocasiones se realiza, el ancho de banda utilizado sería de 192 Mbps.

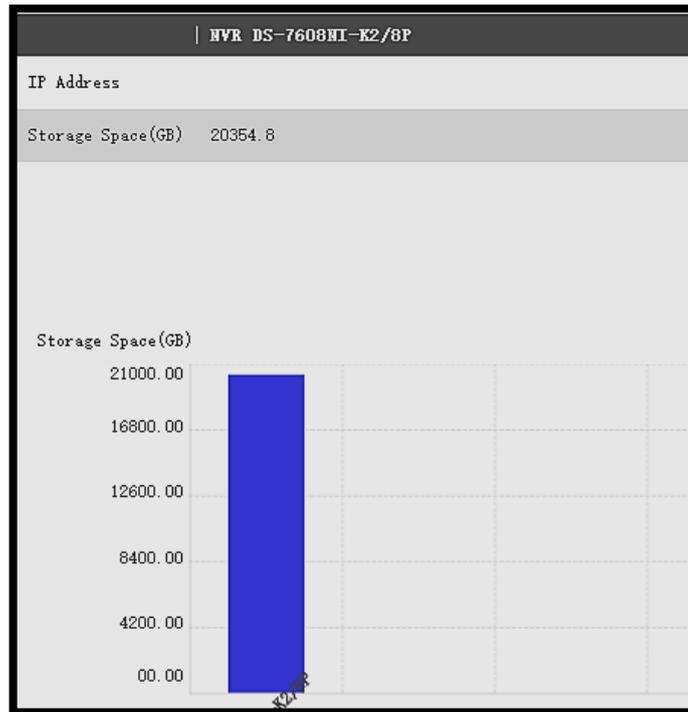


Figura 30-4: Espacio de almacenamiento necesario, con el formato de compresión H.264/AVC a 60 fps
Realizado por: Patricio Bayas, 2020

En la figura 30-4 se observa que el espacio en disco necesario para grabar 8 cámaras del sistema de video vigilancia IP con una configuración de grabación de 60 fps y utilizando compresión H.264/AVC es de 20354.8 GB, equivalentes a 20.35 TB de espacio de almacenamiento.

Tabla 11-4: Resultados del almacenamiento y ancho de banda en (60 fps)

Estándar	Almacenamiento	Ancho de Banda
H.264/AVC	20354.8 GB (20.35TB)	192 Mbps
H.265/HEVC	10177.4 GB (10.17TB)	96 Mbps

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

Tabla 12-4: Resumen De Resultados Obtenidos De Las Simulaciones Con 8 Cámaras Conectas al NVR

ESTÁNDAR DE VIDEO	Cuadros por segundo (fps)	Compresión de Video	ANCHO DE BANDA (Mbps)				ALMACENAMIENTO (GB)	DIFERENCIA DE ANCHO BANDA (Mbps)	DIFERENCIA DE ESPACIO DE ALMACENAMIENTO (GB)	PORCENTAJE DE AHORRO DE ANCHO DE BANDA (%)	PORCENTAJE DE AHORRO DE ESPACIO DE ALMACENAMIENTO (%)
			Vista en Directo (Mbps)	Grabación (Mbps)	Reproducción (Mbps)	Total (Mbps)					
NTSC	15	H.264/AVC	16,00	16,00	16,00	48,00	5088,7	24,00	2544,4	50,00	50,00
		H.265/HEVC	8,00	8,00	8,00	24,00	2544,3				
	20	H.264/AVC	24,00	24,00	24,00	72,00	7633	36,00	3816,5	50,00	50,00
		H.265/HEVC	12,00	12,00	12,00	36,00	3816,5				
	25	H.264/AVC	32,00	32,00	32,00	96,00	10177,4	48,00	5088,7	50,00	50,00
		H.265/HEVC	16,00	16,00	16,00	48,00	5088,7				
	30	H.264/AVC	32,00	32,00	32,00	96,00	10177,4	48,00	5088,7	50,00	50,00
		H.265/HEVC	16,00	16,00	16,00	48,00	5088,7				
	60	H.264/AVC	64,00	64,00	64,00	192,00	20354,8	96,00	10177,4	50,00	50,00
		H.265/HEVC	32,00	32,00	32,00	96,00	10177,4				

Realizado por: Patricio Bayas, 2020

CONCLUSIONES

- Las principales mejoras del estándar de compresión de video H.265/HEVC con respecto a H.264/AVC se encuentran en la cantidad de cuadros o fotogramas en los que puede dividir una imagen. H.265/HEVC utiliza tamaño de cuadro variables desde 8 x 8 hasta 64 x 64 píxeles, mientras que H.264/AVC, únicamente utiliza tamaños de cuadros de tamaño fijo que puede ser de 8 x 8 o 16 x 16 píxeles, con lo cual se logra mayor eficiencia de codificación. Además H.265/HEVC utiliza mayor cantidad de vectores de movimiento con el fin de encontrar la diferencia entre la imagen codificada con respecto a la imagen original.
- Tanto H.265/HEVC como H.264/AVC utilizan el mismo algoritmo de predicción (inter e intra). La diferencia está en que H.264/AVC utiliza predicción cuadros de tamaño fijo, mientras H.265/HEVC utiliza predicción en cuadros de tamaño variable; con lo cual se puede elegir el tipo de predicción, de acuerdo a las variaciones que existan en la imagen actual con respecto a la anterior.
- El estándar de compresión de video H.265/HEVC ha logrado reducir el 50% de espacio de almacenamiento con respecto a su predecesor H.264/AVC en un sistema de video vigilancia IP, con lo cual se ahorra espacio físico en grabadores de video o en redes dedicadas a grabación SAN (Storage Area Network), lo cual además implicaría ahorro de energía y reducción de costos tanto en energía como en discos para almacenamiento.
- El estándar de compresión de video H.265/HEVC, ha logrado reducir el 50% el ancho de banda necesario respecto a H.264/AVC, para la transmisión de video desde las cámaras del sistema de video vigilancia IP hacia el/los Grabadores de video (NVR's), aumentando la velocidad de transmisión; esto se ha logrado, ya que H.265/HEVC, requiere menor tasa de bits sin disminuir la calidad de video
- Un sistema de video vigilancia IP que utiliza compresión de video H-265/HEVC, requiere de mayores recursos computacionales para decodificación en el NVR tanto para visualización en tiempo real, como para reproducción y grabación, además la cámara de video vigilancia debe tener incorporado un codificador, por lo que las cámaras diseñadas para este propósito deben ser completamente rediseñadas con respecto a las anteriores e incorporar procesadores de mayor potencia.

RECOMENDACIONES

- En diseños e infraestructura nueva se recomienda utilizar sistemas de video vigilancia IP que soporten el formato de compresión H.265/HEVC, con lo cual se logrará un ahorro del 50% de espacio de almacenamiento, con lo que se logra ahorro de espacio físico, energía y costo. Además, un consumo del 50% de ancho de banda, con lo cual se podrá evitar grandes cargas y colapsos en la red LAN y WAN.
- En edificaciones donde se implementen sistemas de video vigilancia IP, se recomienda que para los enlaces verticales o de Backbone, se realice un cálculo del medio físico de transmisión a utilizar, de acuerdo a la cantidad de cámaras que se instalarán, con el fin de que la red no colapse al momento de realizar la transmisión, grabación y reproducción de video del sistema de video vigilancia IP
- Para investigaciones futuras se recomienda que se consideren las mejoras que se van realizando al formato de compresión H.265/HEVC, por ejemplo, en los últimos meses ha aparecido H.265+, cuyo propósito es disminuir aún más el espacio de almacenamiento en sistemas de video vigilancia IP

BIBLIOGRAFIA

AXIS Communications. *Convertir un sistema de CCTV Analogico en uno de Vigilancia-IP, 2003.*

(2003) (AXIS Communications).

Gajula Vinoothna. (2013). *Complexity Reduction in Hvc Intra Coding and Comparison with*

H.264/Avc. Texas, Mexico: Universidad de Texas. Recuperado de

[https://rc.library.uta.edu/uta-](https://rc.library.uta.edu/uta-ir/bitstream/handle/10106/24085/Gajula_uta_2502M_12456.pdf?sequence=1)

[ir/bitstream/handle/10106/24085/Gajula_uta_2502M_12456.pdf?sequence=1](https://rc.library.uta.edu/uta-ir/bitstream/handle/10106/24085/Gajula_uta_2502M_12456.pdf?sequence=1)

Hingole Deepak. (2015). *H.265 (Hvc) Bitstream To H.264 (Mpeg 4 Avc) Bitstream Transcoder.*

Texas, Mexico: The University of Texas at Arlington. Recuperado de

[https://rc.library.uta.edu/uta-ir/bitstream/handle/10106/25458/HINGOLE-THESIS-](https://rc.library.uta.edu/uta-ir/bitstream/handle/10106/25458/HINGOLE-THESIS-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rc.library.uta.edu/uta-ir/bitstream/handle/10106/25458/HINGOLE-THESIS-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Kalkanof Antonios. (2014). *H.265/HEVC Decoder Optimization.* Volos, Greece: University of

Thessaly.

Recuperado

de

<http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/43412/12430.pdf?sequence=1>

Martínez Martínez Pedro Emilio. (2016). *Compresión eficiente de materiales audiovisuales*

utilizando H.265-HEVC. Santa Clara: Universidad Central «Marta Abreu» de las Villas.

Recuperado

de

[http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/6837/Pedro%20Emilio%20Mart](http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/6837/Pedro%20Emilio%20Mart%C3%ADnez%20Mart%C3%ADnez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[%C3%ADnez%20Mart%C3%ADnez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/6837/Pedro%20Emilio%20Mart%C3%ADnez%20Mart%C3%ADnez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Martínez Vásquez Jenniffer Dayanna. (2016). *Evaluación del Servicio de Vídeo Streaming*

sobre redes de Comunicaciones OpticalBurstSwitching. Bucaramanga: Universidad

Santo

Tomás.

Recuperado

de

[http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1615/2016-](http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1615/2016-Jennifer%20Dayanna%20Martinez%20Vasquez-trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[Jennifer%20Dayanna%20Martinez%20Vasquez-](http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1615/2016-Jennifer%20Dayanna%20Martinez%20Vasquez-trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1615/2016-Jennifer%20Dayanna%20Martinez%20Vasquez-trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Mora Campos Armando.** (2008). *Estudio de Arquitecturas VLSI de la Etapa de Predicción de la Compensación de Movimiento, para Compresión de Imágenes y Video con Algoritmos Full-Search. Aplicación al Estándar H.264/AVC.* Tesis (Doctoral) Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería Electrónica
- Pérez Vega Constantino.** (s. f.). *Comprensión de Video.*
- Sánchez Pastor Fernando.** (2016). *Mecanismos De Optimización En El Preprocesado Para H.265/Hevc.* Tesis (Maestría). Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Informática. Recuperado de <http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/43412/12430.pdf?sequence=1>
- SENPLADES.** (*Plan Nacional de Desarrollo/ Plan Nacional para el Buen Vivir*). (2017). Quito, Ecuador: SENPLADES.
- Servicio Integrado de Seguridad ECU 911,** (*28 de febrero de 2018*). (2018). Ecuador: ECU 911. Recuperado de <http://www.ecu911.gob.ec/contingente-operativo-del-ecu-911-coordino-atencion-deemergencias-durante-feriado-de-carnaval/>
- Uhrina Miroslav, V. M., & Frnda Jaroslav, S. L.** (2014). *Impact of H.264/AVC and H.265/HEVC Compression Standards on the Video Quality for 4K resolution.* Eslovakia: Universidad de Zilina. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/273187466_Impact_of_H264AVC_and_H265_HEVC_compression_standards_on_the_video_quality_for_4K_resolution
- Usach Molina Pau.** (2015). *Técnicas De Mejora De La Eficiencia De Codificación De Video.* Tesis (Doctoral). Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Comunicaciones.
- Viitanen Marko.** (2017). *hevc parameter exploration for efficient mode decision.* Tampere University of Technology. Recuperado de <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/25244/viitanen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zare Alizare.** (2017). *Analysis And Comparison Of Modern Video Compression Standards For Random-Access Lightfield Compression.* Tampere University of Technology.

Recuperado

de

<https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/24919/Zare.pdf?sequence=2&>

isAllowed=y

ANEXOS

ANEXO A: Ficha Técnica Del Grabador De Video Ds-7608ni-K2/8p Utilizado En La Simulación



Features and Functions

Professional and Reliable

- Dual-OS design to ensure high reliability of system running
- ANR technology to enhance the storage reliability when the network is disconnected

HD Input

- H.265/H.265+/H.264/H.264+/MPEG4 video formats
- Connectable to the third-party network cameras
- Up to 32 IP cameras can be connected
- Recording at up to 8 MP resolution
- Supports live view, storage, and playback of the connected camera at up to 8 MP resolution

HD Output

- HDMI and VGA independent outputs provided
- HDMI Video output at up to 4K (3840 × 2160) resolution

HD Storage

- Up to 2 SATA interfaces connectable for recording and backup
- Storage space effectively saved by 50% to 70% with the use of H.264+ decoding format

HD Transmission

- 1 self-adaptive 10M/100M/1000 Mbps network interface
- 8/16 independent PoE network interfaces are provided

Various Applications

- Centralized management of IP cameras, including configuration, information import/export, real-time information display, two-way audio, upgrade, etc.
- Connectable to smart IP cameras from Hikvision and the recording, playing back, and backing up of VCA alarms can be realized
- VCA detection alarm is supported
- Instant playback for assigned channel during multi-channel display mode
- Smart search for the selected area in the video; and smart playback to improve the playback efficiency
- Supports HDD quota and group modes; different capacity can be assigned to different channels
- Hik-Connect for easy network management

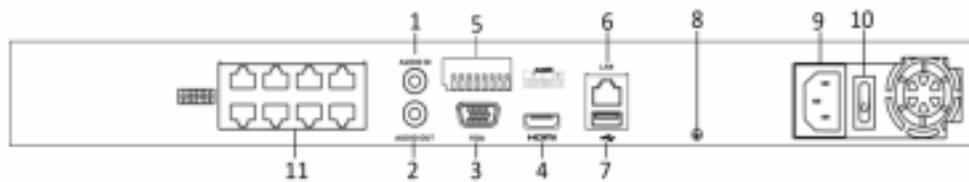


www.hikvision.com

Specifications

Model		D5-7608NI-K2/8P	D5-7616NI-K2/16P	D5-7632NI-K2/16P
Video/ Audio input	IP video input	8-ch	16-ch	32-ch
	Incoming bandwidth	80 Mbps	160 Mbps	256 Mbps
	Outgoing bandwidth	160 Mbps		
Video/ Audio output	HDMI output resolution	4K (3840 × 2160)/30Hz, 2K (2560 × 1440)/60Hz, 1920 × 1080/60Hz, 1600 × 1200/60Hz, 1280 × 1024/60Hz, 1280 × 720/60Hz, 1024 × 768/60Hz		
	VGA output resolution	1920 × 1080/60Hz, 1280 × 1024/60Hz, 1280 × 720/60Hz, 1024 × 768/60Hz		
	Audio output	1-ch, RCA (Linear, 1 kΩ)		
Decoding	Decoding format	H.265/H.265+/H.264/H.264+/MPEG4		
	Recording resolution	8MP/6MP/5MP/4MP/3MP/1080p/UXGA/720p/VGA/4CIF/DCIF/2CIF/CIF/QCIF		
	Synchronous playback	8-ch	16-ch	16-ch
	Capability	2-ch @ 8 MP (25fps) / 4-ch @ 4MP (30fps) / 8-ch @ 1080p (30fps)		
Network management	Network protocols	TCP/IP, DHCP, Hik-Connect, DNS, DDNS, NTP, SADP, SMTP, NFS, iSCSI, UPnP™, HTTPS		
Hard disk	SATA	2 SATA interfaces		
	Capacity	Up to 6TB capacity for each HDD		
External interface	Two-way audio	1-ch, RCA (2.0 Vp-p, 1kΩ)		
	Network interface	1 RJ-45 10/100/1000 Mbps self-adaptive Ethernet interface		
	USB interface	Front panel: 1 × USB 2.0; Rear panel: 1 × USB 3.0		
	Alarm in/out	4/1		
PoE interface	Interface	8, RJ-45 10/100 Mbps self-adaptive Ethernet interface	16, RJ-45 10/100 Mbps self-adaptive Ethernet interface	
	Power	≤ 120 W	≤ 200 W	
	Supported standard	IEEE 802.3 af/at		
General	Power supply	100 to 240 VAC		
	Power	≤ 180 W	≤ 280 W	
	Consumption (without hard disk)	≤ 15 W (without enabling PoE)		
	Working temperature	-10 to +55° C (14 to 131° F)		
	Working humidity	10 to 90 %		
	Chassis	385 mm chassis		
	Dimensions (W × D × H)	385 × 315 × 52 mm (15.2" × 12.4" × 2.0")		
Weight (without hard disk)	≤ 3 kg (6.6 lb)			

Physical Interfaces



The DS-7616NI-K2/16P and DS-7632NI-K2/16P provide 16 network Interfaces with PoE function.

Index	Description	Index	Description
1	AUDIO IN	7	USB 3.0 Interface.
2	AUDIO OUT	8	GND
3	VGA Interface	9	100 to 240 VAC power supply
4	HDMI Interface	10	Power Switch
5	Controller Port, Alarm In/Alarm Out	11	Network Interfaces with PoE function
6	LAN Network Interface		

Available Models

DS-7608NI-K2/8P, DS-7616NI-K2/16P, DS-7632NI-K2/16P

ANEXO B: Ficha Técnica De La Cámara De Video Vigilancia Ip Ds-2cd2125fhwd-Is Utilizado En La Simulación

DS-2CD2125FWD-I(S)
2 MP Ultra-Low Light Network Dome Camera



H.265 SD WDR Ultra Low Light IP67

Key Features

- Up to 2.0 megapixel high resolution
- Max. 1920 × 1080 @30fps
- 2.8 mm/4 mm/6 mm/8 mm/12 mm fixed lens, optional
- Ultra-low light
- H.265, H.265+, H.264+, H.264
- 120dB Wide Dynamic Range
- 3D Digital Noise Reduction
- 12 VDC & PoE (802.3af)
- IR range: up to 30 m
- Support on-board storage, up to 128 GB
- Audio I/O, Alarm I/O, optional
- IP67, IK10
- 3-axis adjustment

Specification

Camera	
Image Sensor	1/2.8" Progressive Scan CMOS
Min. Illumination	Color: 0.005 lux @(F1.2, AGC ON), 0 lux with IR
Shutter Speed	1/3 s to 1/100,000 s
Slow Shutter	Support
Lens	2.8 mm, horizontal field of view: 108° 4 mm, horizontal field of view: 86.4° 6 mm, horizontal field of view: 52° 8 mm, horizontal field of view: 40° 12 mm, horizontal field of view: 25°
Lens Mount	M12
Iris	F1.6
Day & Night	IR cut filter
DNR	3D DNR
Wide Dynamic Range	120dB
3-Axis Adjustment	Pan: 0° to 355°, tilt: 0° to 75°, rotate: 0° to 355°
Compression Standard	
Video Compression	Main stream: H.265/H.264 Sub stream: H.265/H.264/MJPEG Third stream: H.265/H.264
H.264 Type	Main Profile/High Profile
H.264+	Support
H.265 Type	Main Profile
H.265+	Support
Video Bit Rate	32 Kbps to 16 Mbps
Audio Compression (-S)	G.711/G.722.1/G.726/MP2L2
Audio Bit Rate (-S)	64Kbps(G.711)/16Kbps(G.722.1)/16Kbps(G.726)/32-128Kbps(MP2L2)
Image	
Max. Resolution	1920 × 1080
Main Stream	50Hz: 25fps (1920 × 1080, 1280 × 960, 1280×720) 60Hz: 30fps (1920 × 1080, 1280 × 960, 1280×720)
Sub Stream	50Hz: 25fps (640 × 360, 352 × 288) 60Hz: 30fps (640 × 360, 352 × 240)
Third Stream	50Hz: 25fps (1920 × 1080, 1280×720, 640 × 360, 352 × 288) 60Hz: 30fps (1920 × 1080, 1280×720, 640 × 360, 352 × 240)
Image Enhancement	BLC/3D DNR
Image Settings	Support rotate mode. Brightness, contrast, saturation, and sharpness are adjustable via web browser and client software
ROI (Region of Interest)	Support 1 fixed region for mainstream and sub stream separately
Day/Night Switch	Auto/Scheduled/Alarm Triggered (-S)
Audio (-S)	
Environment Noise Filtering	Support
Audio I/O	Support, mono soundtrack
Sampling Rate	16 kHz

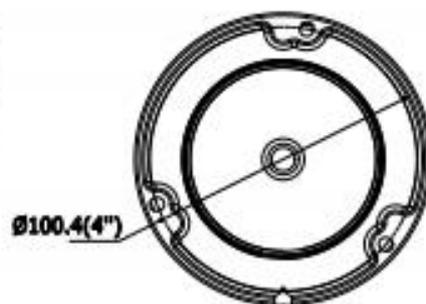
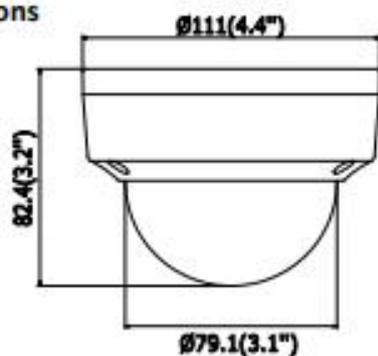
Network	
Network Storage	Support microSD/SDHC/SDXC card (128G) local storage, NAS (NFS,SMB/CIFS), ANR
Alarm Trigger	Motion Detection, Tampering Alarm, Network Disconnected, IP Address Conflict, Illegal Login, HDD full, HDD error
Protocols	TCP/IP, UDP, ICMP, HTTP, HTTPS, FTP, DHCP, DNS, DDNS, RTP, RTSP, RTCP, PPPoE, NTP, UPnP, SMTP, SNMP, IGMP, 802.1X, QoS, IPv6
Standard	ONVIF (PROFILE S, PROFILE G), PSIA, CGI, ISAPI
General Function	One-key Reset , Anti-Flicker, Heartbeat, Mirror, Password Protection, Privacy Mask, Watermark, IP Address Filter
Interface	
Communication Interface	1 RJ45 10M/100M self-adaptive Ethernet port
Audio (-S)	1 audio input (line in), 1 audio output interface
Alarm (-S)	1 alarm input, 1 alarm output
On-board Storage	Built-in microSD/SDHC/SDXC slot, up to 128 GB
Smart Feature-set	
Behavior Analysis	Line crossing detection, intrusion detection, unattended baggage detection, object removal detection
Line Crossing Detection	Cross a pre-defined virtual line, up to 1 pre-defined virtual lines supported
Intrusion Detection	Enter and loiter in a pre-defined virtual region, up to 1 pre-defined virtual regions supported
Object Removal Detection	Objects removed from the pre-defined region, such as the exhibits on display.
Unattended Baggage Detection	Objects left over in the pre-defined region such as the baggage, purse, dangerous materials
Face Detection	Human face appears in the image can be detected and trigger linkage method
General	
Operating Conditions	-30 °C to +60 °C (-22 °F to +140 °F), Humidity 95% or less (non-condensing)
Power Supply	12 VDC ± 25%, 5W PoE(802.3af, class 3), 6.5W
IR Range	Up to 30 m
Protection Level	IP67, IK10
Dimensions	Camera: Φ 111 × 82.4 mm (Φ 4.4" × 3.2") Package: 134 × 134 × 108 mm (5.27" × 5.27" × 4.25")
Weight	Camera: 500 g (1.1 lb.)

Available Models

DS-2CD2125FWD-I, DS-2CD2125FWD-IS

With -S model: supports 1 audio input, 1 audio output, 1 alarm input, 1 alarm output.

Dimensions



Unit: mm

Accessories



Inclined ceiling mount
DS-1259ZJ



Wall mount
DS-1272ZJ-110



Wall mount + Junction Box
DS-1272ZJ-110B



Pendant mount
DS-1271ZJ-110



Junction Box
DS-1280ZJ-DM18



Corner mount
DS-1276ZJ



Vertical Pole mount
DS-1275ZJ



Rain-proof Cap
DS-1250ZJ

Distributed by

Chapter 1 Overview

1.1 Introduction

The Storage and Network Calculator software can calculate the saving time and required disk space for the recorded video files, and the bandwidth for transferring the video streams. After adding the device with parameters, including channel name, channel number, video standard, scenarios complexity, resolution, frame rate, encoding mode, and recommended bitrate, you can get the related result automatically.

1.2 Running Environment

Operating System: Microsoft Windows 10/Windows 8/Windows 8.1/Windows 7/Windows 2008 32/64-bit,

Windows XP/Windows 2003 32-bit

CPU: Intel Pentium IV @ 3.0 GHz or better

RAM: 1G or better

Video Card: RADEON X700 Series

Display: 1024*768 resolution or better

1.3 Conventions

In order to simplify the description, we define the "Storage and Network Calculator software" as "software" in the following chapters.

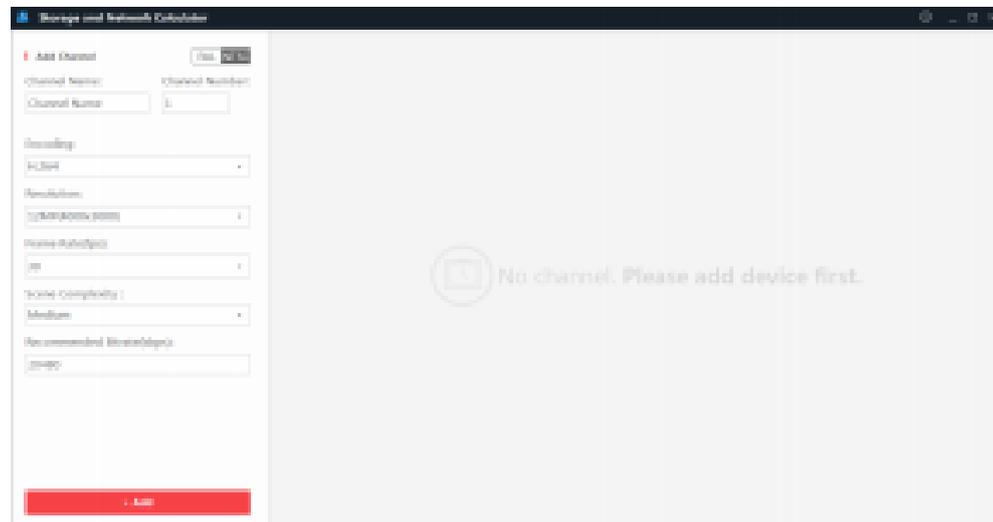
1.4 Version Information

After installing the software, click  on the desktop to run the software.

Click the  icon in the upper-right corner to view the version information.

Chapter 2 Operate Storage and Network Calculator Software

After launching the Storage and Network Calculator software, the main interface of the software is shown below:



2.1 Add Device

Purpose:

You should set the device parameters, including channel name, channel number, encoding mode, resolution, frame rate, scenario complexity, and recommended bitrate, and add the device for calculation.

Steps:

1. Enter the Storage and Network Calculator page.
2. Select the video standard as PAL or NTSC.
Note: When the frame rate is 25fps and 50fps for PAL, the corresponding frame rate for NTSC is 30 fps and 60fps.
3. Input the channel name and channel number as desired.
4. Set the recorded video related parameters, including encoding mode, resolution, and frame rate.
5. Select the scenario complexity in the drop-down list.
High: Scenarios with multiple movements and details, such as station, intersection, and square, etc.
Medium: Scenarios with medium movements and details, such as reception, schoolyard, and parking lot.
Low: Scenarios with limited movements and details, such as stairway, warehouse, and

meeting room.

The recommended bitrate will be displayed after setting the device parameters and scenario complexity. You can also set the recommended bitrate as you desired.

6. Click **Add** to add the device.

The added devices will be displayed on the right panel.

After adding the device, you can do one of the followings.

- Click **X** in the operation field to delete the device.
- Click **Clear** to delete all the added devices.
- Click **Export** to export the added devices and the related device parameters in *.pdf file.

2.2 Calculate

2.2.1 Calculate the Saving Time

Purpose:

You can calculate the saving time for recorded video files according to the added device parameters, disk space, and recording time.

Before you start:

Add the device first. See Chapter 2.1 Add the Device for details.

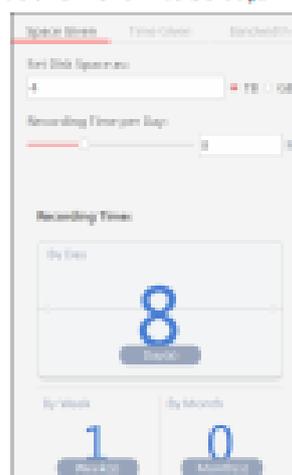
Steps:

1. Click the **Space Given** tab.
2. Set the available disk space with unit TB or GB.
3. Slide on the bar  to set the recording time each day. Or

you can directly input the parameter.

The saving time can be calculated automatically and be displayed by day, by week, or by month.

Note: The software defines that one month has 30 days.



2.2.2 Calculate the Disk Space

Purpose:

You can calculate the required disk space for recorded video files according to the added device parameters, and recording time.

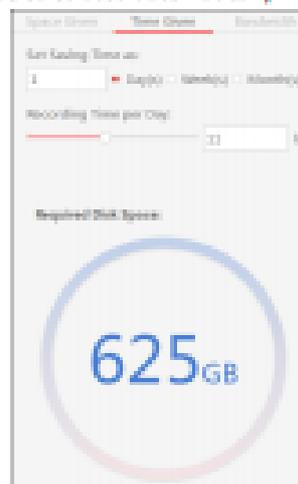
Before you start:

Add the device first. See [Chapter 2.1 Add the Device](#) for details.

Steps:

4. Click the **Time Given** tab.
5. Input the time period you want to keep the video files for.
The available unit is Day, or Week, or Month
6. Slide on the bar  to set the recording time each day.

The required disk space can be calculated automatically.



2.2.3 Calculate Bandwidth

After adding the device, the bandwidth can be calculated automatically.

Click the **Bandwidth** to view the required bandwidth for transferring the streams of the device.