

**UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS
FACULTAD 2**



**PROPUESTA DE PARÁMETROS PARA MEDIR LA CALIDAD DE VIDEO
EN REDES DE IPTV CON MPEG-4 PARTE 10/H.264.**

Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas.

Autores: Akemi Barbón Hechavarría.

Yanelis Ducás Ortiz.

Tutor: Ing. Darvis Dorvigny Dorvigny.

Co-Tutor: Ing. Yahima Vigo Valdés.

Ciudad de la Habana, Junio del 2009.

“Año 50 de la Revolución”



No hay más que asomarse a las puertas de la tecnología y la ciencia contemporánea para preguntarnos si es posible vivir y conocer ese mundo del futuro sin un enorme caudal de preparación y conocimientos...”

Fidel Castro.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Por este medio declaramos que somos los únicos autores de este trabajo y autorizamos a la Universidad de las Ciencias Informáticas para que haga el uso que estime pertinente con el mismo en su beneficio.

Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año 2009.

Firma del Autor

(Akemi Barbón Hechavarría)

Firma del Autor

(Yanelis Ducas Ortiz)

Firma del Tutor

(Ing. Darvis Dorvigny Dorvigny)

AGRADECIMIENTOS

Para la realización de este trabajo, contamos con la ayuda de diferentes personas que de una forma u otra aportaron su granito de arena para que el mismo fuera posible. Todas ellas fueron muy importantes para nosotras, pues nos cedieron su mano amiga cuando ya no teníamos fuerza para seguir, unos nos brindaron sus conocimientos y experiencias en cuanto a la temática se refiere, otros, en cambio, aunque no eran especialistas del tema nos exhortaron a seguir adelante, a buscar conocimientos..., en fin, todos contribuyeron a la investigación, y es por ello que no dejaremos de agradecerles nunca por la ayuda y la atención brindada a:

Nuestras familias por apoyarnos todo este tiempo y estar siempre junto a nosotras en todo momento.

A nuestros tutores Darvis y Yahima, por ser tan rectos, por sus consejos y por toda la información que nos facilitaron.

A Hédel por dedicarnos parte de su tiempo y su amplia colaboración en cuanto al proceso de compresión y descompresión de video.

También a los compañeros del departamento de televisión por toda la información brindada acerca del funcionamiento de los sistemas de televisión digital.

A Yeisis, Lisy y Elizabeth por la ayuda con las tablas y la estética del trabajo.

A nuestros amigos y amigas, que siempre hacen más fácil el camino.

A todos los maestros y profesores que contribuyeron a nuestra educación.

A los que creyeron en nosotras y a los que no también.

En resumen, agradecemos a todas esas personas, las cuales nos apoyaron incondicionalmente para la culminación exitosa de este trabajo. Pedir disculpas por que nos estamos olvidando de muchos seguramente.

Muchas Gracias.....Akemi y Yanelis.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi hermanito, que aun cuando no lo he sabido ser dice que soy la mejor hermana del mundo.

A mi padrastro que ha sabido ser un buen padre, a mi papá.

A mi abuelo que aunque ya no está entre nosotros me exhortó siempre a ser una mejor persona.

A mi familia por brindarme todo el apoyo que necesité.

A Yusi, mi amiga del alma que ha sabido estar ahí aun cuando yo me sabía perdida.

A Yoandy, que fue mi guía y mi apoyo aquí en la universidad y que sin el no habría llegado al final.

A Akemi por confiar en mí, por su determinación y seguridad, por ser mi amiga.

A Yaimara, Yeisis y Jorge Félix por su amistad y su ayuda incondicional.

A Roger y Ciro por su preocupación, su confianza y por ser mis profesores favoritos.

A todos mis amigos y conocidos que forman parte de mi historia... a los que creyeron en mí, a los que pensaron que yo no llegaría, estos son los que mas me inspiraron.

A todos ustedes está dedicado este trabajo por ser tan especiales y únicos o, simplemente, porque los quiero.

Pero en especial dedico este trabajo a una persona que ha sabido ser amiga, hermana, consejera y sobre todo madre, a ti mamá que eres la razón de mí existir, por tu paciencia y por todo tu amor.

Yanelis.

A mis padres Mariluz y Vicente, a quienes amo profundamente y les debo lo que soy, son lo más grande que existe para mí en el mundo, gracias por ser mis padres.

A mi hermanito Raidel, a quien adoro con la vida, es mi mayor tesoro.

A mi esposo Yoan por tener tanta paciencia conmigo, por ayudarme y brindarme su mano, por estar siempre presente cuando más lo necesitaba, gracias por tanto amor.

A mis familiares, por confiar en mí, se que deben sentirse orgullosos de mi donde quieran que estén.

A Raúl y María, a quienes considero mis segundos padres, gracias por su cariño, apoyo y constante preocupación.

A mi segunda familia, por sus consejos, su cariño y amistad.

A todas mis amistades que de una u otra forma dejaron huellas en mí de ese sentimiento tan valioso que es la amistad.

En fin, a todos los que me ayudaron a convertir este gran sueño en realidad va dedicada esta tesis.

Akemi.

RESUMEN

Las aplicaciones de video sobre redes IP toman cada día una mayor popularidad. La tecnología IPTV (Televisión sobre el Protocolo de Internet) representa un desafío para la transmisión de video, ya que incluye contenidos almacenados, programación en directo y video bajo demanda, todo ello sobre una conexión a internet. Para comprimir dicha señal utiliza estándares en el proceso de codificación y decodificación de la señal, siendo el MPEG-4 parte 10/H.264 el más utilizado actualmente para brindar este servicio, por presentar un balance adecuado entre complejidad computacional y eficiencia.

Este trabajo propone un conjunto de parámetros para medir la calidad de video en redes de IPTV donde se utilice dicho estándar, de manera que estos permitan llevar a cabo la medición objetiva de la calidad del flujo de video transmitido. Para ello se realiza un estudio y análisis acerca de esta tecnología, describiendo su situación actual, funcionamiento, principales servicios, elementos que la conforman y ventajas frente a la televisión convencional. Además se describe el estándar MPEG-4 parte 10/H.264, haciendo énfasis en su estructura y proceso de compresión. Por último, se identifican los parámetros a medir y los valores umbrales necesarios para garantizar la calidad requerida.

PALABRAS CLAVES: ancho de banda, compresión de video, estándar de codificación, IPTV, MPEG-4 parte 10/H.264.

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	IV
RESUMEN	VI
INTRODUCCIÓN.....	1
Capítulo 1: Fundamentación Teórica.....	5
1.1 Introducción	5
1.2 Antecedentes de la IPTV	5
1.3 La Televisión por el Protocolo de Internet (IPTV)	6
1.4 Situación actual de la IPTV	6
1.4.1 IPTV en los países desarrollados.....	6
1.4.2 IPTV en Latinoamérica	7
1.4.3 IPTV en Cuba	7
1.5 La Televisión Digital (TVD) y la Televisión sobre el Protocolo de Internet (IPTV).....	8
1.6 Funcionamiento de IPTV.....	10
1.7 Elementos de un sistema de IPTV	12
1.8 Descripción de algunos protocolos utilizados en IPTV	14
1.9 Servicios que ofrece IPTV.....	15
1.10 Calidad de video	16
1.10.1 Calidad de Servicio (QoS).....	16
1.10.2 Calidad de experiencia(QoE)	16
1.10.3 Formas de medir la calidad de video	16
1.11 Conclusiones del capítulo	18
CAPÍTULO 2: CODIFICACIÓN MPEG-4 PARTE 10/H.264	20

2.1	Introducción	20
2.2	Antecedentes del MPEG-4 parte 10/H.264	20
2.3	El estándar MPEG-4 parte 10/H.264.....	21
2.4	Ventajas del estándar MPEG-4 parte 10/H.264 frente a sus antecesores.....	22
2.5	Niveles y Perfiles de MPEG-4 parte 10/H.264.....	24
2.6	Slices que soporta el MPEG-4 parte 10/H.264.....	30
2.7	Compresión de video	31
2.8	Código aritmético binario adaptativo basado en el contexto (CABAC)	32
2.9	Almacenamiento	33
2.10	Transmisión	33
2.11	Parámetros para medir la calidad del video.	34
2.12	Conclusiones del capítulo	38
CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE SOLUCIÓN		52
3.1	Introducción	52
3.2	Parámetros analizados a partir del transporte en la red	52
3.3	Parámetros derivados de la codificación fuente en MPEG-4 parte 10/H.264	53
3.4	Validación de la propuesta.....	56
3.5	Conclusiones del capítulo	63
CONCLUSIONES.....		64
RECOMENDACIONES.....		53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		54
BIBLIOGRAFÍA GENERAL.....		56
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....		59
ANEXOS.....		66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Arquitectura de un sistema IPTV	11
Figura 2 Imagen original	23
Figura 3 Imagen reconstruida sin filtro y con filtro respectivamente	23
Figura 4 Proceso de codificación de una rebanada tipo B. (10)	31
Figura 5 Diagrama de bloques del CABAC.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de MPEG-4 parte 10/H.264.....	22
Tabla 2. Niveles, tipos y velocidades de cuadros (SHDTV: Súper HDTV, HHR: Alta resolución horizontal). (11).....	26
Tabla 3. Valores límites de cada nivel. (10) (11)	26
Tabla 4. Especificaciones de cada perfil. (10)	28
Tabla 5. Partes comunes y partes específicas de cada perfil del estándar MPEG-4 parte 10/H.264.	30
Tabla 6 Valores máximos de latencia y jitter para H.264. (10).....	35
Tabla 7. Valores relacionados con la cantidad de cuadros por segundo. (16).....	37
Tabla 8. Valores umbrales de retardo y jitter	52
Tabla 9. Pérdida de paquetes máxima.....	53
Tabla 10. Coeficientes de competencia.....	58
Tabla 11. Frecuencias absolutas.....	60
Tabla 12. Frecuencias absolutas acumuladas.....	61
Tabla 13. Frecuencias relativas acumuladas.....	61
Tabla 14. Puntos de Corte.	63
Tabla 15. Categoría de cada criterio.	63

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Relación entre el valor máximo de una señal y el ruido de cuantificación (PSNR) (17)	66
Anexo 2. Particiones de macrobloques y sub macrobloques (18)	66
Anexo 3. Estructura de un GOP. (19)	67
Anexo 4. Formato de cabecera de la secuencia de video codificada (16)	67
Anexo 5. Listado de Expertos que colaboraron en la validación de la propuesta	67
Anexo 6. Encuesta de autovaloración	68
Anexo 7. Encuesta a expertos.....	69

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos el hombre sintió la necesidad de comunicarse con los demás, de expresar pensamientos, ideas, emociones, de obtener información creada, expresada y transmitida por otros. Esto trajo consigo la búsqueda constante de instrumentos cada día más eficaces y veloces en el proceso comunicativo, como son: la telefonía, la radio y la televisión. Todos estos instrumentos han constituido un avance en la forma de comunicación del hombre y todo gracias a la tecnología, que a su vez ha sido el eslabón fundamental en el proceso de desarrollo de la humanidad. La notable evolución de las tecnologías ha influido positivamente en el desarrollo de los medios de comunicación, el trabajo se ha hecho más eficaz, óptimo y con los estándares de calidad requeridos. Un ejemplo vivo de tal desarrollo se evidencia en la televisión, donde las tecnologías han mejorado progresivamente las formas de transmisión de mensajes en video.

Lo que hace algunos años fue solo un sueño es hoy una realidad, la tecnología IPTV (Televisión por el Protocolo de Internet) se ha convertido en la denominación más común para los sistemas de distribución de señales de televisión y/o video usando conexiones de banda ancha sobre el Protocolo de Internet (IP). El uso de esta tecnología ha tenido resultados impresionantes. Permite a los usuarios seleccionar los contenidos que desea ver, descargar, almacenar y visualizarlos tantas veces como desee. A nivel mundial este servicio ha alcanzado un alto porcentaje de desarrollo, principalmente en los países altamente desarrollados por las ventajas que ofrece frente a la televisión digital convencional (TVD), sin embargo en América Latina éste se encuentra en su etapa inicial en comparación con Estados Unidos o Europa, donde ya existen mercados establecidos. Si bien estos servicios han sido lanzados en países latinoamericanos; la disponibilidad de ancho de banda, la tecnología de las redes y el tema de la regulación, son algunos de los obstáculos para su amplio establecimiento.

Como parte del proceso de desarrollo de la informática y telecomunicaciones, el país tiene entre sus planes de desarrollo brindar servicios de televisión sobre el protocolo IP. Para garantizar la calidad del video transmitido utilizando esta tecnología, se necesita tener en cuenta una serie de requisitos que posibiliten que la señal obtenida sea la esperada. La Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA) cuenta con un software denominado FreeProbe, el cual fue suministrado por la empresa Telecom-Italia. El mismo, a través de diferentes parámetros, evalúa la calidad del video recibido, pero sólo lo hace para la codificación en MPEG-2. Actualmente, la mayoría de los sistemas de IPTV en el

mundo utilizan la codificación MPEG-4 parte 10/H.264 para la difusión de sus contenidos, debido a que este estándar ofrece mejoras en la calidad del video, una mayor eficiencia en el proceso de codificación, así como, un alto rendimiento en la compresión y descompresión de video digital, con el fin de reducir la cantidad de ancho de banda necesaria para transmitir y almacenar el video. Para la codificación MPEG-4 parte 10/H.264 Cuba no tiene definidos los parámetros necesarios que permitan medir la calidad del video en redes IPTV. Sin estos parámetros no sería posible una medición objetiva de la calidad de video.

Partiendo del problema que se presenta, se plantea como base de estudio el siguiente **problema científico**: ¿Cómo medir la calidad de video en redes de IPTV donde se utilice el estándar MPEG-4 parte 10/H.264?

La presente investigación posee como **objeto de estudio**: los parámetros de calidad de video en redes de IPTV.

De ello se deriva que el **campo de acción** de este trabajo lo constituyen: los parámetros de calidad de video para el protocolo MPEG-4 parte 10/H.264.

Para dar solución al presente problema científico se plantea el siguiente **objetivo general** de la investigación: Establecer parámetros que permitan la medición de la calidad de video en MPEG-4 parte 10/H.264.

Para dar cumplimiento al objetivo general y resolver la situación problemática planteada, se proponen las siguientes **tareas de investigación**:

1. Analizar las fuentes bibliográficas que abordan el tema sobre la calidad de video de la señal digital en los sistemas IPTV.
2. Caracterizar el proceso de funcionamiento de la tecnología IPTV.
3. Caracterizar el estándar MPEG-4 parte 10/H.264.
4. Identificar las potencialidades que presenta el estándar en comparación con sus antecesores.
5. Identificar los parámetros a tener en cuenta para garantizar la calidad del video y sus valores umbrales.

Para el cumplimiento de las tareas propuestas se han empleado **métodos teóricos** y **empíricos** con el fin de lograr una mayor organización a lo largo de toda la investigación. Los métodos teóricos utilizados fueron: el **inductivo-deductivo** con el objetivo de mostrar la lógica de las características de la televisión sobre el protocolo de internet y el estándar MPEG-4 parte 10/H.264. Otro método utilizado fue el **analítico-sintético** para obtener de las consultas bibliográficas el conjunto de teorías y conocimientos más actuales del problema en cuestión. Se utilizó además el método **histórico-lógico** para investigar acerca de los antecedentes existentes de la temática, establecer una relación lógica de todos los criterios obtenidos del tema de investigación y su vinculación con la actualidad cubana

El método empírico utilizado fue **la entrevista** a ingenieros y técnicos del departamento de televisión de la universidad, como vía para obtener información necesaria sobre el funcionamiento de la tecnología IPTV, el estándar de codificación MPEG-4 parte 10/H.264 y los parámetros necesarios para medir la calidad del video.

La investigación se estructura de la siguiente manera:

Capítulo 1: “Fundamentación Teórica”. Se abordan los antecedentes y estado actual de la temática, así como una breve descripción de los detalles más importantes de la tecnología IPTV, necesarios para dar cumplimiento a los objetivos trazados. Además, se explican las principales características que tienen que ver con la misma y las distintas formas de medir la calidad de video, todo ello con el fin de ofrecer una panorámica de la tecnología a la cual se le desea evaluar la calidad de video.

Capítulo 2: “Codificación MPEG-4 PARTE 10/H.264”. Se abordan las características del estándar de codificación MPEG-4 parte 10/H.264 y se identifican los parámetros existentes para medir la calidad de video.

Capítulo 3: “Propuesta de solución”. Se proponen parámetros para medir la calidad del video en redes IPTV utilizando MPEG-4 parte 10/H.264 y se presenta la validación de la propuesta.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Introducción

A continuación se brinda una visión general de los aspectos relacionados con la tecnología IPTV, haciendo principal énfasis en sus antecedentes, el estado actual, los servicios que brinda, el proceso de funcionamiento y los elementos que la conforman. Además se describen las diferentes formas de medir la calidad de video. Todo ello, con la intención de ofrecer un mayor entendimiento del problema en cuestión.

1.2 Antecedentes de la IPTV

El nacimiento de la televisión se considera uno de los grandes hitos del siglo XX. A finales de la década del 20 ocurre la primera transmisión experimental que se denomina televisión mecánica, ésta comienza a emitir imágenes exploradas de películas con una definición de 48 líneas, para ello se utilizan sistemas mecánicos, los equipos promedian las 30 líneas y emplean canales normales de radiodifusión que ocupan toda la imagen sin ningún tipo de sonido. El 31 de diciembre de 1930 se hace la primera transmisión simultánea de audio y video. Muy pronto la televisión mecánica se sustituye por la televisión electrónica. La llegada de la Segunda Guerra Mundial frena la expansión de dicha invención, provocando que la misma no alcance su estatus jurídico. Los gobiernos de los países más desarrollados (Francia, Italia, Alemania, España, Estados Unidos, etc.) en los que da sus primeros pasos el nuevo medio de comunicación, deciden reservárselo para su uso exclusivo y no fue hasta después de la guerra que la televisión renace. (1)

La década de los 50 marca el fin de una etapa de solapamiento y el comienzo de un desarrollo acelerado y sin antecedentes para la televisión. En 1953 surge la televisión a color, pero las necesidades iban creciendo a medida que ocurre un nuevo descubrimiento, por lo que muy pronto nace la televisión por cable. En 1959, aparece la televisión por satélite cuando la sonda espacial soviética Lunik III envía a la tierra las primeras imágenes de la cara oculta de la luna. Hasta finales de la década del 80 las transmisiones de televisión fueron analógicas y se dividen en tres grupos fundamentales: la televisión terrestre, la televisión por cable y la televisión satelital. Los avances siguen su curso, la búsqueda por mejorar la calidad de la imagen no cesa y a inicios de los 90 se comienzan a gestar los primeros intentos por digitalizar la imagen, dando inicio a la era de la televisión digital. (2)(3)

1.3 La Televisión por el Protocolo de Internet (IPTV)

La Televisión por el Protocolo de Internet, es un término general que se aplica a la entrega de los canales de televisión (TV), películas y video bajo demanda a través de una red privada de datos IP (Protocolo de Internet). Desde una perspectiva del usuario final, IPTV opera sólo como un estándar de servicios de televisión de pago. La definición oficial aprobada por el grupo focal de IPTV de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T FG IPTV) es la siguiente:

IPTV se define por los servicios multimedia como la televisión, video, audio, texto, gráficos, datos entregados a través de redes basadas en IP, gestionados para proporcionar el nivel requerido de calidad del servicio, la seguridad, la interactividad y la fiabilidad.(4)

1.4 Situación actual de la IPTV

1.4.1 IPTV en los países desarrollados

El servicio de IPTV no sólo se encuentra en Latinoamérica sino a nivel mundial. Es por ello, que en estos países, IPTV cuenta con un gran desarrollo, donde varias empresas brindan el servicio.

➤ Europa

El continente europeo está bien inmerso en este campo. Diversas compañías ofrecen servicios de IPTV, por ejemplo, video bajo demanda, *triple play* (video, voz y datos). El país pionero fue el Reino Unido y su empresa “Kingston interactive TV”. En Francia, France Telecom lanzó su primer producto de IPTV a finales del 2003 y Alemania inició este servicio en el 2004 con Deutsche Telecom. Italia también se ha unido a esta revolución, la empresa italiana Fastweb es uno de los mayores exponentes en Europa de estos servicios. Existe además una compañía valenciana, que ha desarrollado un software de gestión llamado “codistream”, de mucha popularidad en la gestión de sistemas IPTV, esta compañía se nombra Hooping.

En España, varias empresas de comunicaciones ofrecen IPTV. Telefónica ofrece un servicio de televisión IP bajo el nombre de Imagenio. La compañía de telecomunicaciones Jazztel también se ha unido al carro de esta tecnología y ofrece el servicio con el nombre Jazztelia TV. Orange ofrece su servicio de televisión llamado Orange TV. También prestó servicios de IPTV la compañía Ya.com cuando pertenecía a T-Online, filial de Deutsche Telekom. (5).

➤ Estados Unidos

En EE.UU, las compañías Verizon y Bellsouth ofrecen sus servicios en este campo y desarrollan sus infraestructuras. En múltiples ocasiones, las operadoras telefónicas ofrecen IPTV junto a servicios de telefonía y conexión de banda ancha a internet. En cuanto a compañías dedicadas a la tecnología, Microsoft ha sido la que ha mostrado una mayor intención por desarrollar su tecnología para ofrecer televisión sobre IP. Se basa en su tecnología “Windows Media Series” que permite descargar desde internet miles de videos, con películas o capítulos de las series televisivas. (6).

1.4.2 IPTV en Latinoamérica

En Latinoamericana algunas empresas de telecomunicaciones de la región tales como Telmex y Telemar de Brasil, CANTV de Venezuela y ENTEL de Chile ya están involucradas en este medio, donde ya existen más de 14 mil usuarios del servicio IPTV. Los principales países latinoamericanos con IPTV son Brasil, Chile, Colombia, México y Venezuela. De estos, Brasil y Venezuela tienen un mayor potencial para el desarrollo de IPTV en América Latina. (7)

El éxito de IPTV en América Latina dependerá de 3 factores:

- ✓ Que el servicio resulte atractivo.
- ✓ Que pueda ofrecer contenidos exclusivos.
- ✓ Un rango de tarifas competitivas.

1.4.3 IPTV en Cuba

Este proceso que se inició hace muy poco tiempo y del que son abanderados fundamentalmente los países más desarrollados también ha llegado a Cuba. Una comisión gubernamental creada con este fin, analiza los diferentes estándares de transmisión de televisión digital existentes con el objetivo de seleccionar el que usará el país.

Existe la intención de trabajar con pasos firmes en un tema donde nadie puede quedar desprotegido, y en el que, dadas las condiciones económicas de la nación, se debe ir al seguro y gradualmente, por lo cual los plazos estimados de migración, según los expertos, pudieran alargarse tentativamente unos 15 años o más para el apagón analógico. (8) La Empresa de Telecomunicaciones de Cuba

(EETCSA), con el objetivo de insertarse en el vertiginoso desarrollo de esta tecnología, ha creado su propio escenario de IPTV, el cual se encuentra en fase piloto. Por otra parte la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) creó su propio grupo de desarrollo de la IPTV el cual está dando sus primeros pasos.

1.5 La Televisión Digital (TVD) y la Televisión sobre el Protocolo de Internet (IPTV)

➤ **Televisión Digital (TVD)**

La Televisión Digital (TVD) es una tecnología de difusión. A diferencia de la televisión tradicional, que codifica los datos de manera analógica, la televisión digital codifica sus señales de forma binaria, habilitando la posibilidad de crear vías de retorno entre consumidor y productor de contenidos.

➤ **Ventajas de la TVD sobre la televisión analógica**

La televisión analógica es el método tradicional de transmitir señales de la TV y ha sido la tecnología estándar de la difusión desde el inicio de la televisión. El servicio analógico de la televisión no es tan eficiente como la TVD, que brinda una amplia gama de posibilidades. En resumen, se puede decir que la televisión digital:

- Permite que las estaciones de TV ofrezcan un mayor número de nuevos y mejores servicios.
- Puede ser usada para proveer los servicios de datos que no es posible con la tecnología analógica.
- Facilita la difusión de diversos canales con distintas modalidades de cifrado.
- La TVD permite la transmisión de imágenes con una resolución y calidad de sonido más alta que la analógica.
- Posibilita un mejor uso del ancho de banda del medio de transmisión.
- Permite aplicar técnicas de compresión de video y audio.
- Establece servicios personalizados e interactivos de radiodifusión y telecomunicaciones.

➤ **Ventajas de la IPTV frente a la televisión digital convencional**

- **Video Bajo Demanda:** Es la principal ventaja de esta tecnología, ya que cada usuario dispone de una televisión a la carta, y puede elegir qué película o programa va a ver y a qué hora, o sea, el usuario no está sometido a los horarios de proveedor para disfrutar de sus contenidos.
- **Mayor cantidad de contenido:** La IPTV además de ofrecer los mismos canales que las conocidas televisión por cable, satelital y terrestre, dentro de su oferta de contenidos puede contar con un almacén de películas y programas de televisión, que pueden ser vistas por los usuarios durante un tiempo mayor que los eventos en emisión de la TV digital convencional.
- **Comodidad en la Visualización:** En el formato de video bajo demanda, el usuario puede disfrutar del contenido tantas veces como desee. Puede parar una película en cualquier momento, rebobinar para volver a ver una escena.
- **Publicidad Personalizada:** Debido a que se trata de un canal bidireccional, los usuarios pueden determinar y seleccionar cuales son las áreas de interés sobre las que les gustaría recibir ofertas de publicidad, siendo así mucho más efectiva. De esta forma, se evita perder el tiempo en contenidos publicitarios que resultan infructuosos o de escaso interés.
- **Servicios de Valor Añadido:** Le permite al usuario una vez sentado frente al televisor, tener acceso a todo tipo de información, no sólo a contenidos televisivos, también a contenidos de aprendizaje, buscadores, e-mail, etc.
- **Servicios de correo y facturas electrónicas:** Todas aquellas facturas y mensajes de e-mail de las que el usuario desee recibir noticia urgente, pueden ser redirigidas a la pantalla de video, de forma que al conectarse el cliente al servicio, reciba toda esta información de interés de forma automática.

➤ **Ventajas que ofrece IPTV al cliente**

La IPTV por sus propias características físicas y técnicas permite a los usuarios disfrutar de una serie de ventajas respecto a los usuarios de la televisión digital convencional, las cuales se resumen en las siguientes:

- **Interactividad:** Aunque los servicios interactivos no son exclusivos de la IPTV, con ella adquieren su mayor potencial, ya que la presencia de un módem en el hogar del usuario garantiza la comunicación bidireccional y la disponibilidad de un canal de retorno de banda ancha basado en IP, permite desplegar nuevos servicios y complementarlos con otros basados en la misma tecnología.
- **Triple Play:** Mediante este servicio el cliente tiene la posibilidad de recibir audio, voz y video por un mismo canal de transmisión.
- **Personalización:** Los contenidos llegan al cliente sólo cuando éste los solicita, y puede personalizarlos acorde a sus gustos o necesidades individuales.
- **Disponibilidad:** La IPTV permite almacenar los contenidos para verlos todas las veces que se desee, pudiendo hacer pausas, avances o retrocesos.
- **Búsqueda:** La IPTV permite efectuar búsquedas como las que ahora se realizan en internet, por ejemplo, de determinados programas, series o películas.

1.6 Funcionamiento de IPTV

A diferencia de la situación actual, el proveedor no emite sus contenidos esperando que el espectador se conecte, sino que los contenidos llegan sólo cuando el cliente los solicita. La clave está en la personalización del contenido para cada cliente de manera individual. El usuario dispone de un aparato receptor conectado a su ordenador o a su televisor y, a través de una guía, puede seleccionar los contenidos que desea ver o descargar para almacenarlos en el receptor y de esta manera poder visualizarlos tantas veces como desee. La figura 1 muestra la arquitectura genérica de IPTV.

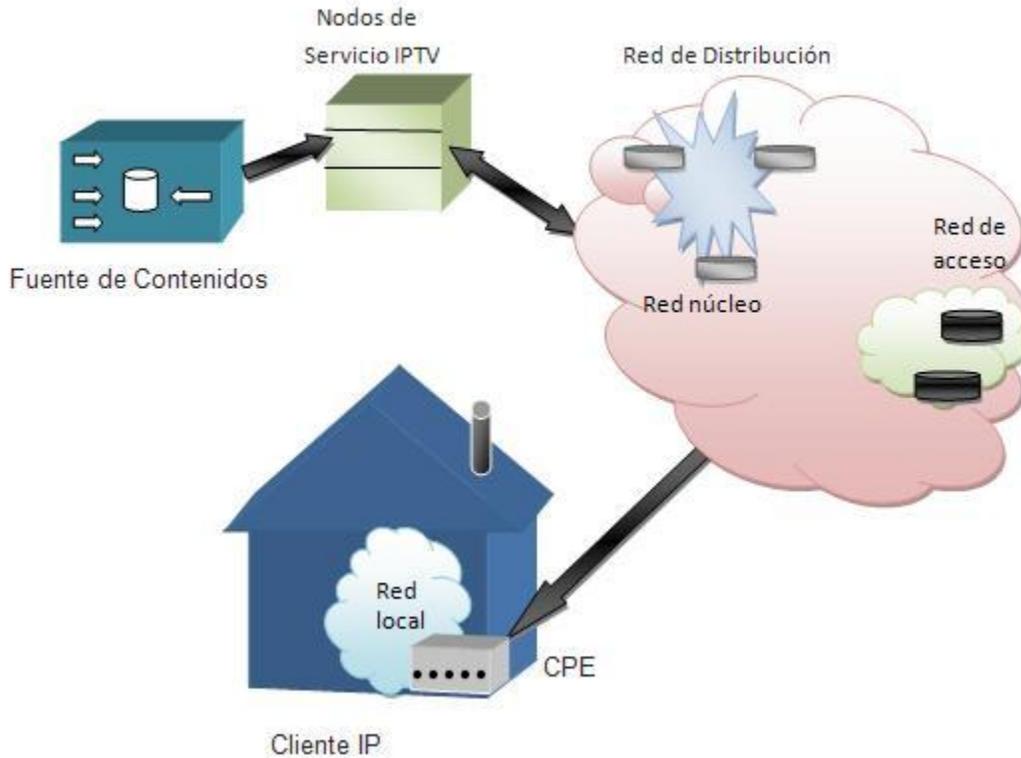


Figura 1. Arquitectura de un sistema IPTV

La arquitectura IPTV está formada por los diferentes componentes funcionales que se explican a continuación:

- **Fuente de contenidos:** Es un dispositivo que recibe contenidos de video de productores u otras fuentes, para posteriormente, codificarlos y almacenarlos en una base de datos de adquisición para video bajo demanda (VoD).
- **Nodo de servicio de IPTV:** Es un dispositivo que recibe flujo de video en diferentes formatos. Seguidamente estos flujos son reformateados y encapsulados para su posterior transmisión con una adecuada calidad de servicio. Estos nodos hacen posible la distribución del video hacia el cliente y para llevar a cabo la gestión del servicio, se comunican con el equipo local del cliente.
- **Red de distribución:** Es una red que posee diferentes características, como capacidad de distribución y calidad de servicio. Además implementa otras tecnologías como el multicast. La

red de distribución está formada por dos redes, la red de acceso y la red núcleo. La red núcleo es la parte troncal que hay en el dominio del proveedor de servicio y está compuesta por conexiones de gran ancho de banda entre los diferentes lugares. La red de acceso es la conexión final en el límite de la casa del abonado. Para cada usuario se establecen realmente dos conexiones diferentes, una para el servicio de acceso a internet y otra para el servicio de IPTV. (9) Un punto importante a tener en cuenta, es que en esta conexión no se transmiten todos los canales de difusión constantemente, sobre esta conexión sólo se transmiten los datos del canal o video bajo demanda que el usuario esté viendo en ese instante.

- **Equipo local del cliente (CPE):** En el contexto de IPTV, el dispositivo CPE se localiza entre la casa y el bucle de abonado. Provee la terminación de red de banda ancha y también puede incluir otras funciones integradas que pueden ser la puerta de enlace, el set top box o la red casera.
- **Ciente IP:** Es una unidad funcional que está localizada en el cliente donde finaliza el tráfico IPTV. Es un dispositivo (set top box) que permite el procesamiento funcional. Este procesamiento funcional incluye crear la conexión y calidad de servicio con el nodo de servicio, decodificar las tramas de video, funcionalidad de cambio de canal y control del display de usuario.(9)

1.7 Elementos de un sistema de IPTV

Un sistema de IPTV puede estar conformado por los siguientes elementos:

➤ **Set-Top Box (STB)**

Estos son los terminales de abonado, denominados también CPE (equipos terminales) para muchas tecnologías. En estos casos los CPE serán los que adapten las señales provenientes de la red de datos a señales visibles en un televisor convencional.

➤ **Middleware (MW)**

Se entiende por middleware, al conjunto de aplicaciones de software ejecutándose en cierta arquitectura de servidores, con el cometido de soportar la entrega de servicios de IPTV. Éste define y coordina la forma en que el usuario interactúa con el servicio de IPTV.

➤ **Sistema de control de derechos (DRM)**

El DRM implica un cierto cifrado del contenido multimedia, el cual puede ser reproducido, si el receptor cuenta con la licencia correspondiente. La licencia es básicamente la clave para descifrar el contenido. Esto evita la copia del contenido digital que se distribuye, puesto que el mismo, nunca deja de estar cifrado por medio del DRM. Si un suscriptor copia el contenido digital que recibe a otra persona, si ésta no cuenta con la clave para descifrar el contenido no podrá reproducirlo en su sistema. (10)

➤ **Home Gateway (HG)**

Los home gateways deben disponer de al menos dos puertos Ethernet, para mapear diferentes calidades de servicio. Una puerta es para conectar la red residencial de internet y la otra para conectar a los STB de IPTV, que requieren de calidad de servicio. Si el operador implementa cada servicio en una VLAN (Red de Acceso local virtual) diferente, cada VLAN se mapea en una puerta Ethernet distinta. (10)

➤ **Head End o Cabecera**

El Head End, es el conjunto de elementos encargados de realizar las siguientes funciones:

- ✓ Monitorear las señales en distintos sitios.
- ✓ Recepcionar las señales desde los satélites.
- ✓ Recepcionar las señales locales.
- ✓ Descifrar las señales que se reciban cifradas.
- ✓ Conformar los flujos digitales con CBR (Razón de Bit Constante).
- ✓ Implementar la presentación al usuario final de un mosaico de canales.

➤ **Servidores para la gestión de la red y de las direcciones IP de los STB**

Estos servidores son los encargados de gestionar cada uno de los elementos de la red y además, son los encargados de asignar las direcciones IP dinámicas a los STB, para su correcto funcionamiento.

1.8 Descripción de algunos protocolos utilizados en IPTV

Un protocolo es una serie de reglas que utilizan dos ordenadores para comunicarse entre sí. Cualquier producto que utilice un protocolo dado debe poder funcionar con otros productos que utilicen el mismo protocolo. Los protocolos que utiliza IPTV están definidos por la ITU-T y se explican a continuación:

➤ **Protocolo de Internet (IP)**

Es un protocolo de la capa de red del modelo OSI (Interfaces para Sistemas Abiertos), no orientado a conexión para la comunicación a través de una red de conmutación de paquetes. No proporciona ningún tipo de seguridad para que los datos realmente lleguen al destino.

➤ **Protocolo de Datagramas de Usuario (UDP)**

Es un protocolo de la capa de transporte del modelo OSI, no orientado a conexión y no provee garantía sobre la entrega de paquetes, ni de paquetes duplicados. No garantiza el procesamiento de errores en la transmisión.

➤ **Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP)**

Es un protocolo de transporte desarrollado para el flujo de video. Este incluye campos como el de indicación de tiempo y número de secuencia, lo que contribuye al transporte en forma continua de los paquetes. También existen datos de control, que permiten al servidor realizar la transmisión a una tasa de bits correcta.

➤ **Protocolo de Control para el Transporte en Tiempo Real (RTCP)**

Es usado junto a RTP, para la recepción de reportes estadísticos. Permite la detección de fallas en el árbol de distribución de multidifusión, número de paquetes perdidos y estadísticas de variación de retardo de paquetes. (9)

➤ **Protocolo de Dirección de Grupos de Internet (IGMP)**

El objetivo de IGMP, es permitir a los equipos terminales, comunicarle al enrutador IP multidifusión, que se quiere recibir cierto grupo de multidifusión (multicast) a través de la red local. A su vez, los enrutadores periódicamente preguntan cuales grupos siguen activos o no en cierto segmento de red.

(9)

1.9 Servicios que ofrece IPTV

La Televisión por el Protocolo de Internet (IPTV) es el resultado de la convergencia de internet y la televisión, solución que posibilita nuevas opciones de entretenimiento y servicios para los usuarios, y la generación de mayores ingresos para los operadores que brindan este servicio. Entre los posibles servicios de IPTV se encuentran:

➤ Pago por ver

El pago por visión (PPV), también conocido como televisión a la carta o pago por evento (PPE) es una modalidad de televisión de pago, donde se brinda a los clientes la facilidad de ver un programa en particular, teniendo que pagar por el mismo.

➤ Llamada ID en pantalla

Es una aplicación interactiva que le permite al usuario ver en pantalla el número telefónico de la persona que está llamando. Algunas de sus funcionalidades son las siguientes:

- Redirigir las llamadas entrantes a un buzón de voz, que luego se puede escuchar desde la TV, el móvil o la computadora.
- Enviar mensajes al número de teléfono fijo de la casa. Los mensajes aparecen en la pantalla del televisor o el ordenador y desde éste se pueden responder.
- Revisar desde la TV la lista de llamadas recibidas, perdidas y realizadas desde el teléfono fijo con la posibilidad de iniciar llamadas desde la TV.

➤ VoD

El video bajo demanda ofrece a los clientes la posibilidad de sentir que disponen de un aparato reproductor de video doméstico, en el que pueden visualizar cuando lo deseen una serie de contenidos (programas, películas, noticias, etc.) sin necesidad de disponer de un objeto físico (CD, etc.) que deban introducir en un equipo electrónico.

➤ VoD por suscripción (SVOD)

Se refiere a una variación de los sistemas por demanda, donde el usuario contrata un paquete de programas o eventos por suscripción. A diferencia de VoD, el pago le da derecho al cliente a recibir cierto conjunto de programas.

➤ **Time Shift TV (TSTV)**

El TSTV o pausa de TV en vivo consiste en ver un programa de televisión en directo con la posibilidad de hacer pausas, o retroceder en la reproducción. El programa se va grabando en un buffer, generalmente un archivo de video en el disco duro, y es esta grabación la que se continúa viendo.

➤ **Guía electrónica de programación (EPG)**

La guía permite conocer la programación diaria de las distintas cadenas mediante un navegador intuitivo. La guía electrónica de programación, tiene como función, facilitar la visualización de la programación, la selección y la búsqueda de programas en los canales en vivo que se transmiten en multidifusión.

1.10 Calidad de video

La relación existente entre la calidad de servicio (QoS) y la calidad de experiencia (QoE), influye de manera directa en la calidad de video recibida por el usuario. Los mismos son utilizados de manera intercambiable, pero son dos conceptos separados.

1.10.1 Calidad de Servicio (QoS)

Puede definirse QoS como el valor de un conjunto de parámetros de rendimiento que aseguran el usuario reciba un servicio con niveles aceptables de calidad.

1.10.2 Calidad de experiencia(QoE)

La calidad de experiencia muestra una medida del comportamiento del sistema desde el punto de vista del usuario, es decir, es una medida del nivel de servicio que recibe el usuario y una indicación de como el sistema responde a las necesidades del mismo. (10)

1.10.3 Formas de medir la calidad de video

Para evaluar la calidad de una señal existen técnicas cualitativas y métodos cuantitativos:

Las técnicas cualitativas permiten evaluar una señal de manera subjetiva, de forma que la señal se observe y analice con la intención de detectar patrones que puedan indicar la presencia de irregularidades. Estas técnicas son, por lo regular, utilizadas para apuntar posibles causas y determinar estrategias en la solución de problemas.

Las mediciones cuantitativas, por el contrario, proveen un dato numérico que se compara con algún parámetro recomendado o correspondiente a alguna especificación. Una medida cuantitativa es sumamente confiable, mientras que las técnicas cualitativas dependen de la percepción particular y de la experiencia.

Para un mayor entendimiento de las formas de medir la calidad de video se explican detalladamente estas técnicas a continuación. La calidad del video puede ser medida de tres formas:

➤ **Forma Subjetiva**

Una forma de medir la calidad de las señales de video codificadas es medir de forma subjetiva la percepción de la calidad de video con grupos de personas. El principal protagonista de este método es el ser humano. Los parámetros de video son observados por un grupo de expertos, que evalúan, de una forma bastante certera la imagen observada.

➤ **Forma Objetiva**

Las técnicas de medición objetivas ofrecen un buen compromiso para ayudar a valorar la calidad del video. Estas mediciones se explican a continuación:

Medición usando el modelo de percepción humana: Las técnicas de medición, que caen en esta categoría, intentan simular las características de los sistemas de la visión humana, para obtener puntuaciones que tienen un alto nivel de correlación con la evaluación que los observadores producen. Los métodos que modelan el sistema visual humano se explican a continuación:

- ✓ Referencia Total (FR): Este es un método donde la señal original y la señal recibida, están disponibles para determinar la calidad de video de forma objetiva.
- ✓ Referencia Reducida (RR): Este es un método donde parte de la señal original y la totalidad de la señal recibida están disponibles para determinar la calidad de video.

- ✓ Sin referencia (NR): En este caso sólo la señal recibida se encuentra disponible para determinar la calidad de video objetiva.

Medición directa de los parámetros del flujo de video: En este método las características de la señal digital de video son usadas para comparar el flujo transmitido y el flujo recibido. Una forma de hacer esto es por la comparación imagen a imagen, y píxel por píxel de dos flujos de video y calcular el error medio cuadrático (MSE), entre las dos. La diferencia entre dos secuencias, puede ser expresada, como la razón pico de la señal a ruido (PSNR), la cual es calculada, como el logaritmo de la razón pico cuadrática al MSE, en forma similar a como se obtiene para los sistemas analógicos. El PSNR establece una medida de la diferencia entre dos flujos de video, sin embargo este método no toma en cuenta los parámetros importantes de la percepción humana, como se describió en la sección anterior. (10)

➤ Forma Indirecta

Este tipo de medición es importante para medir la calidad de video comprimido, desde el punto de vista del proveedor de servicios. Este método se aplica ya que no siempre es posible usar los métodos de FR y RR, puesto que no siempre es posible, contar con la referencia, y con respecto al método NR, podría ser muy engorrosa su utilización. El método de medición indirecta, se basa en la medición de los parámetros de red, que pueden causar deterioro sobre la señal digital de video. (10)

1.11 Conclusiones del capítulo

Como se ha podido comprobar, la IPTV es una tecnología novedosa que supera en prestaciones de servicio a la televisión convencional. Esto es así, por la propia naturaleza de la IPTV y su fuerte relación con las redes de datos para la transmisión de la información. Por una parte, este es su punto fuerte y, por otra, su punto débil, debido al gran volumen de información que se necesita transmitir para ofrecer todos sus contenidos, pues requiere de conexiones de gran capacidad y una buena disponibilidad de ancho de banda. Estos inconvenientes son unos de los causantes que su implementación no se haya extendido a todos los países. De cualquier manera, no cabe duda, que en las tendencias actuales de convergencia de contenidos la IPTV es una nueva forma de concebir la televisión y tendrá cada vez más presencia e importancia en el futuro.

En este capítulo se hizo referencia al surgimiento de la televisión, analizando su paulatina evolución desde la televisión mecánica hasta la televisión digital. Fue abordado además, todo lo referente al

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

estado actual de la IPTV, así como el proceso de funcionamiento y los servicios que ofrece, quedando demostrado la superioridad de esta novedosa tecnología respecto a la televisión convencional. Además, se describen las diferentes formas de medir la calidad de video.

CAPÍTULO 2: CODIFICACIÓN MPEG-4 PARTE 10/H.264

2.1 Introducción

Los contenidos brindados por la IPTV necesitan ser comprimidos para su difusión, en caso contrario es necesario disponer de una gran capacidad de almacenamiento y un ancho de banda lo suficientemente grande para su transmisión. Para solucionar este problema surgieron los estándares de codificación de video que logran una alta compresión del flujo de video a transmitir.

En este capítulo se realiza un estudio del estándar MPEG-4 parte 10/H.264, haciendo especial énfasis en sus características y su estructura. También se realiza un análisis de los principales perfiles, se mencionan y explican los métodos de predicción utilizados por el estándar para codificar bloques o macrobloques de referencia y reducir la cantidad de bits codificados. Esto posibilita un mayor entendimiento del funcionamiento del MPEG-4 parte 10/H.264, para poder identificar los parámetros necesarios para la medición de la calidad de video.

2.2 Antecedentes del MPEG-4 parte 10/H.264

A inicios de la década de los 90, el Grupo de Expertos en Codificación de Video (VCEG) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector Telecomunicaciones (ITU-T) y el Grupo de Expertos para Imágenes en Movimiento (MPEG) de la ISO/IEC, enfocaron sus investigaciones en las diferentes técnicas de codificación de video para diversas aplicaciones. En 1993, la ITU-T desarrolló el estándar H.261 para aplicaciones de video conferencia; por otra parte, MPEG procesó el MPEG-1, cuya intención inicial era para el almacenamiento de video en disco compacto (CD). Posteriormente, en 1994, el grupo MPEG desarrolló el estándar MPEG-2 como una extensión del MPEG-1, cuya aplicación inicial era para la televisión digital (TVD) y la televisión de alta definición. Al mismo tiempo, la ITU-T lo adoptó como el estándar H.262. Debido a la necesidad de cubrir un mayor rango de aplicaciones, la ISO/IEC desarrolló el estándar MPEG-4 parte 2, que puede operar de dos formas, la primera se basa en la división de los cuadros de entrada en porciones de video llamadas rebanadas de video, y la segunda, en la segmentación de objetos de video para que el usuario pueda interactuar con ellos o simplemente para codificar cada objeto por separado. A la par del surgimiento del MPEG-4 parte 2, y para obtener mayor compresión que en el H.261, la ITU-T desarrolló el estándar H.263 para la aplicación en video teléfonos y compatible con el MPEG-4 parte 2 perfil avanzado. El grupo de

expertos de la ITU-T y el grupo de expertos de la ISO/IEC, se unieron para conformar el Equipo Conjunto de Video (JVT) y trabajar en el desarrollo de un nuevo estándar, con un mejor desempeño, tanto en la calidad de video como en la eficiencia de codificación. El nombre del nuevo estándar es el H.264 o MPEG-4 parte 10 y cuenta además con especificaciones simples de su sintaxis, lo cual proporciona una mejor integración con todos los protocolos actuales y arquitecturas múltiples. Esto permite incluir otras aplicaciones, tales como la transmisión de video y video conferencia en redes fijas e inalámbricas y en diferentes protocolos de transporte. (11)(12)

2.3 El estándar MPEG-4 parte 10/H.264

MPEG-4 parte 10/H.264 es una norma que define un códec de video de alta compresión. Diseñado para comprimir y descomprimir video digital con el fin de reducir la cantidad de ancho de banda necesaria para transmitir y almacenar el video. Cuenta con los mismos elementos o bloques funcionales que sus antecesores, ya que también adopta un algoritmo híbrido de predicción y transformación para la reducción de la correlación espacial y de la señal residual.

Está compuesto por dos capas, la capa de abstracción de la red (NAL) y la capa de codificación del video (VCL). La NAL abstrae los datos para hacer compatible el flujo de bits de salida del codificador con casi todos los canales de comunicación. Los datos de video codificado se organizan en unidades NAL, cada una de las cuales es efectivamente un paquete que contiene un número entero de bytes. El primer byte de cada unidad NAL es un byte de cabecera que contiene una indicación del tipo de datos que contiene dicha unidad NAL, y el resto de bytes contienen la carga útil de datos del tipo indicado en la cabecera. La VCL constituye el núcleo de los datos codificados. Ésta consiste en la secuencia de video a codificar. Ver Anexo 6. (11).

En la tabla 1 se presenta un resumen de la características más importantes de MPEG-4 parte 10/H.264.

Características	MPEG-4 parte 10/ H.264
Tamaño del macrobloque	16x16
Tamaño del bloque	8x8, 16x8, 8x16, 16x16, 4x8, 8x4, 4x4
Transformada	4X4 Transformada entera
Tamaño de la muestra para aplicar	4x4

la transformada.	
Codificación	VCL, CAVLC, CABAC
Estimación y compensación de movimiento	si
Perfiles	7 perfiles, varios niveles en cada perfil
Tipo de imágenes	I, P, B, SI, SP
Ancho de banda	64 Kbps a 160 Mbps
Complejidad del codificador	Alta
Compatibilidad con estándares previos	no

Tabla 1. Características de MPEG-4 parte 10/H.264

2.4 Ventajas del estándar MPEG-4 parte 10/H.264 frente a sus antecesores

El MPEG-4 parte 10/H.264 es el estándar oficial de compresión de video más reciente. Ofrece mejoras en la calidad del video, una mayor eficiencia en el proceso de codificación, así como, un alto rendimiento en la compresión y descompresión de video digital, con el fin de reducir la cantidad de ancho de banda necesaria para transmitir y almacenar el video. La ventaja más significativa para los sistemas de video IP que utilizan este estándar, es que pueden seguir ofreciendo un video digital de alta calidad y baja latencia, pero con un ahorro de los requisitos de ancho de banda y almacenamiento de entre 25 y 50%. Dicho de otro modo, se puede ofrecer un video de una calidad mucho mayor con el mismo ancho de banda. Otras de las ventajas se explican a continuación

➤ **Filtro de Desbloqueo**

MPEG-4 parte 10/H.264 también integra un filtro antibloqueo que mejora la eficacia de compresión y la calidad visual de las secuencias de video, eliminando efectos indeseables de la codificación, por ejemplo, el efecto de bloques que se aplica tanto en el codificador (antes de almacenar macrobloques para futuras predicciones), como en el decodificador (antes de reconstruir y mostrar macrobloques).

(11)

Reduce la distorsión en los bordes del bloque y evita que el ruido acumulado debido a la codificación se propague. En la figura 2 y 3 se observa una comparación de una imagen reconstruida con y sin filtro de desbloqueo.



Figura 2. Imagen original



Figura 3. Imagen reconstruida sin filtro y con filtro respectivamente

➤ **Codificación de la entropía**

El MPEG-4 parte 10/H.264 utiliza la codificación de la entropía para disminuir la correlación estadística, utilizando para esto diferentes códigos de longitud variables (VLCs) a fin de igualar el símbolo que representa un dato de video, con un código basado en las características del contexto en el que se encuentra el símbolo. (11) En estándares anteriores, la codificación de la entropía se basa en tablas previamente definidas, las cuales contienen los VLCs donde el conjunto de palabras de código se

basan en distribuciones de probabilidad de datos obtenidos en secuencias de video genérico, en lugar de utilizar la codificación aritmética.

➤ Resistencia a errores

El particionamiento de los datos es un método muy popular para incrementar la resistencia a errores del sistema. Los datos son particionados de acuerdo a su importancia dentro del tren de bits. Posteriormente, se transmiten primero los datos con mayor prioridad para reducir el error medio cuadrático de la secuencia, luego se transmiten los datos menos significativos. Este nuevo estándar incrementa la resistencia a errores de transmisión por medio de la contribución de rebanadas tipo S, el ajuste de los parámetros de codificación, el ordenamiento flexible de los macrobloques y el uso de rebanadas redundantes.

➤ Transformada y Cuantificación

Normalmente la transformación y la cuantificación requieren de varias multiplicaciones, esto eleva la complejidad de su implementación. El MPEG-4 parte 10/H.264 a diferencia de los estándares anteriores utiliza una transformada de tamaño adaptada de 4x4. Es menos compleja, ya que necesita menos multiplicaciones para llevar a cabo una transformación, permitiendo remover la redundancia espacial.

2.5 Niveles y Perfiles de MPEG-4 parte 10/H.264

El estándar de codificación de video MPEG-4 parte 10/H.264 define diferentes perfiles y niveles, los cuales especifican restricciones en el tren de bits. En cada perfil se utiliza la misma definición de niveles, pero las aplicaciones individuales sólo pueden utilizar un nivel diferente en cada uno. Por lo general, la carga de procesamiento del decodificador y la capacidad de memoria para un perfil dado, se desprende de los diferentes niveles.

2.6.1 Niveles

Los niveles especifican los límites de los valores que deben tomar los elementos de la sintaxis de la recomendación o estándar. Los niveles de cada perfil se muestran en la tabla.2. Cada nivel ajusta los límites de las velocidades binarias y tamaño de la memoria para almacenar cuadros de referencia.

Capítulo 2: Codificación MPEG-4 parte 10/H.264

Niveles	Tipo de cuadros	Velocidad de cuadros (máx. cantidad de cuadros)
1	QCIF	128x96@30.9 (8) 176x144@15.0(4)
1.1	QCIF	176x144@30.3(9) 320x240@10.0(3) 352x288@7.5 (2)
1.2	CIF	320x240@20.0(7) 352x288@15.2(6)
1.3	CIF	320x240@36.0(7) 352x288@30.0 (6)
2	CIF	320x240@36.0(7) 352x288@30.0(6)
2.1	HHR	352x480@30.0(7) 352x576@25.0(6)
2.2	SDTV	352x480@30.7(10) 352x576@25.6(7) 720x480@15.0(6) 720x576@12.5 (5)
3	SDTV	352x480@61.4(12) 352x576@51.1(10) 720x480@30.0(6) 720x576@25.0(5)
3.1	-	720x480@80.0(13) 720x576@66.7(11) 1280x720@30.0(5)
3.2	-	1280x720@60.0(5) 1280x1024@42.2 (4)
4	HDTV	1280x720@68.3(9) 1920x1088@30.1(4) 2048x1024@30.0 (4)
4.1	HDTV	1280x720@68.3(9) 1920x1088@30.1(4) 2048x1024@30.0 (4)
4.2	HDTV	1920x1088@64.0(4) 2048x1088@60.0(4)
5	SHDTV/Cinema digital	1920x1088@72.3 (13) 2048x1024@72.0 (13) 2048x1088@67.8 (12) 2560x1920@30.7 (5) 3680x1536/26.7 (5)
5.1	SHDTV/Cinema digital:	1920x1088@120.5 (16) 4096x2048@30.0 (5) 4096x2304@26.7 (5)

Tabla 2. Niveles, tipos y velocidades de cuadros (SHDTV: Súper HDTV, HHR: Alta resolución horizontal). (11)

La tabla 3 muestra los límites de los parámetros de cada nivel. Los guiones denotan ausencia del límite correspondiente.

Nivel	Velocidad Máx. de procesamiento del macrobloque (MB/s)	Tamaño Máx. del cuadro (Mbps)	Máx. velocidad de video para los perfiles Extendido, Principal y Línea base.	Máx. Velocidad de video para el perfil alto.	Relación de compresión mínima
1	1 485	99	64 Kbit/s	80 Kbit/s	2
1.1	3 000	396	192 Kbit/s	240 Kbit/s	2
1.2	6 000	396	384 Kbit/s	480 Kbit/s	2
1.3	11 880	396	768 Kbit/s	960 Kbit/s	2
2	11 880	396	2 Mbit/s	2.5 Mbit/s	2
2.1	19 800	792	4 Mbit/s	5 Mbit/s	2
2.2	20 250	1 620	4 Mbit/s	5 Mbit/s	2
3	40 500	1 620	10 Mbit/s	12.5 Mbit/s	2
3.1	1 08 000	3 600	14 Mbit/s	17.5 Mbit/s	4
3.2	2 16 000	5 120	20 Mbit/s	25 Mbit/s	4
4	2 45 760	8 192	20 Mbit/s	25 Mbit/s	4
4.1	2 45 760	8 192	50 Mbit/s	62.5 Mbit/s	2
4.2	4 91 520	8 192	50 Mbit/s	62.5	2
5	5 89 824	22 0 80	135 Mbit/s	168.75 Mbit/s	2
5.1	9 83 040	36 8 64	240 Mbit/s	300 Mbit/s	2

Tabla 3. Valores límites de cada nivel. (10) (11)

2.6.2 Perfiles

El perfil define un conjunto de características de sintaxis (por ejemplo: algoritmos) y los límites del decodificador, usados para converger la información. Hay siete diferentes perfiles y cada uno es progresivamente más sofisticado y agrega herramientas adicionales (y por supuesto más costosas para el cliente) con la característica adicional de ser compatible con el anterior. Esto significa que un decodificador equipado con un alto perfil descodificará perfiles simples, aunque los codificadores no requieren de ningún conjunto particular de características de un perfil. En la tabla 4 se muestran las especificaciones de cada perfil.

Perfiles	Perfil Línea Base	Perfil Extendido	Perfil Principal	Perfil Alto	Perfil Alto parte 10	Perfil Alto 4:2:2	Perfil Alto 4:4:4
Slices I,P	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Slices B	-	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Slices SI,SP	-	Sí	-	-	-	-	-
Frame de referencia múltiple	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Filtro antibloqueo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Codificación de la entropía CAVLC	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Codificación de la entropía CABAC	-	-	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Ordenamiento Flexible de Macrobloques	Sí	Sí	-	-	-	-	-

Ordenamiento Arbitrario de Rebanadas	Sí	Sí	-	-	-	-	-
Rebanadas Redundantes	Sí	Sí	-	-	-	-	-
Particionamiento de Datos	-	Sí	-	-	-	-	-
Crominancia en los formatos 4:2:2	-	-	-	-	-	Sí	Sí
Crominancia en los formatos 4:4:4	-	-	-	-	-	-	Sí
Codificación entrelazada	-	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Muestra de fondo	Sí						

Tabla 4. Especificaciones de cada perfil. (10)

➤ **Perfil línea base (Base line)**

El perfil línea base o básico se aplica a los servicios de conversación en tiempo real, como video conferencia y video teléfono. Utiliza además el ordenamiento flexible de macrobloques en el caso de existir grupos de rebanadas, donde los macrobloques no necesariamente se ordenan horizontalmente y de izquierda a derecha. También se utiliza el ordenamiento arbitrario de rebanadas que se pone en práctica cuando la dirección del primer macrobloque de una rebanada puede ser menor que la dirección del primer macrobloque de alguna rebanada anterior dentro del mismo cuadro codificado.

➤ **Perfil principal (Main)**

Este perfil fue diseñado para ser el consumidor principal y el perfil de la transmisión. Es para aplicaciones de almacenamiento digital de video y datos, así como de transmisión de televisión. Codifica usando las rebanadas tipo B, usa la predicción pesada y utiliza el código aritmético binario adaptativo basado en el contexto (CABAC) para la codificación de la entropía. (13)

➤ Perfil Alto

El perfil alto se desarrolló para procesar video de 8 bits con formato de muestreo de la crominancia de 4:2:0 y para aplicaciones que utilizan alta resolución. Este perfil incluye todas las herramientas de las versiones anteriores y mejoradas. Tiene la habilidad de codificar diferencias de color entre líneas simultáneamente.

➤ Otros perfiles

El perfil extendido es aplicable también a servicios de multimedia en Internet. El perfil alto 10 se desarrolló para procesar video de hasta 10 bits con formato de muestreo 4:2:0 de los cuadros de entrada y para aplicaciones que utilizan alta resolución y mayor exactitud. El perfil alto 4:2:2, soporta el formato de muestreo de los cuadros de crominancia de 4:2:2 y hasta 10 bits por muestra de exactitud. El perfil 4:4:4 soporta el formato de muestreo de los cuadros de crominancia 4:4:4 y hasta 12 bits por muestra de exactitud. La tabla 5 muestra la relación que existe entre los perfiles más utilizados.

Perfil	Partes específicas	Partes comunes a todos los perfiles
Perfil Línea Base	Ordenamiento arbitrario de rebanada. Ordenamiento flexible de macrobloques Rebanadas redundantes	Rebanadas Tipo I. Rebanadas Tipo B. CAVALC
Perfil Extendido	Particiones de datos Rebanadas SI Rebanadas SP	
Perfil Principal	Rebanadas B Predicción con peso CABAC	

Perfil Alto	Matrices de cuantificación escalada. Transformación por bloque de tamaño adaptado.	

Tabla 5. Partes comunes y partes específicas de cada perfil del estándar MPEG-4 parte 10/H.264.

2.6 Slices que soporta el MPEG-4 parte 10/H.264

Una slice es un conjunto de macrobloques agrupados según el color promedio. Ayuda al decodificador a recuperarse en caso de perder la sincronización. En el MPEG-4 parte 10/H.264 se pueden encontrar las mismas imágenes que en las normas precedentes: imágenes I (Intra), P (Predictiva) y B (Bidireccionales) y dos nuevas, la SP (Switching P) y la SI (Switching I).

➤ Slices tipo I

Rebanadas tipo I (Rebanadas codificadas utilizando codificación intra): Rebanadas codificadas utilizando la predicción de las muestras decodificadas dentro de la misma rebanada. Estas imágenes no requieren información adicional para su decodificación. Son codificadas sin ninguna referencia a otras imágenes, es decir, contienen todos los elementos necesarios para su reconstrucción por el decodificador y son, por ello, el punto de entrada obligatorio para el acceso a una secuencia. La tasa de compresión de imágenes I, es relativamente pequeña.

➤ Slices tipo P

Rebanadas tipo P (Rebanadas codificadas utilizando codificación predictiva en un solo sentido). Pueden ser decodificadas usando Intra-predicción a partir de muestras decodificadas dentro de la misma porción, y de imágenes de referencias previamente decodificadas, usando a lo máximo un vector de movimiento e índice de referencia, para predecir los valores de la muestra de cada bloque.

Su tasa de compresión es mayor que la de las imágenes I. Las imágenes P requieren aproximadamente la mitad de los datos de las imágenes I. (14)

➤ Slices tipo B

Rebanadas tipo B (Rebanadas codificada utilizando codificación inter). Pueden ser decodificadas con referencia de un cuadro previamente decodificado y utilizando a lo más, dos vectores de movimiento e índices de referencia para predecir los valores de las muestras de cada bloque, como se muestra en la figura 4. La predicción bidireccional contribuye a reducir la correlación temporal, ya que utiliza como referencia más cuadros almacenados en memoria. Este tipo de imágenes es el que ofrece el factor de compresión más alto, que generalmente es de una cuarta parte de los datos de las imágenes I.

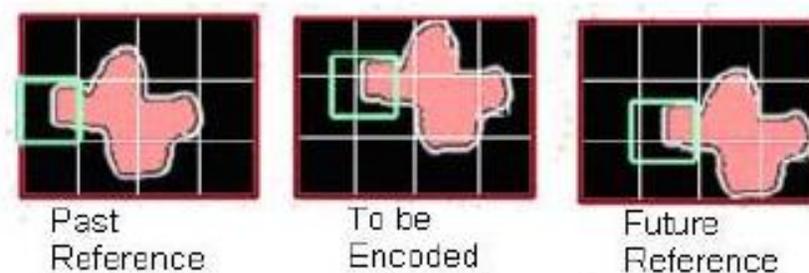


Figura 4. Proceso de codificación de una rebanada tipo B. (10)

➤ Slices SP y SI

La SP (Switching P) y la SI (Switching I) sirven para codificar la transición entre dos flujos de video. Permiten, sin enviar imágenes intra muy costosas en tiempo de procesamiento, pasar de un video a otro utilizando predicción temporal o espacial, pero con la ventaja, de reconstruir valores específicos exactos de la muestra, aunque se utilicen imágenes de referencia diferentes o un número diferente de imágenes de referencia en el proceso de predicción. (15)

2.7 Compresión de video

La compresión de video se refiere a la reducción de la cantidad de información necesaria para representar un contenido de video sin disminuir excesivamente la calidad de imagen. Debe entenderse entonces, que toda codificación digital implica una compresión del video original. A continuación se resumen los dos métodos de compresión de video utilizados por el estándar MPEG-4 parte 10/H.264.

➤ **Compresión intra-frame o codificación espacial**

La **compresión intra-frame o codificación espacial** trata cada cuadro como una foto independiente. Es decir, las imágenes son comprimidas de forma individual, sin hacer referencia a las demás.

➤ **Compresión inter-frame o codificación temporal**

La **compresión inter-frame o codificación temporal** crea fotogramas de referencia para luego comparar los anteriores o posteriores con él, donde la estimación y la compensación del movimiento son factores que ayudan a reducir la redundancia o correlación temporal, la información residual y el número de vectores de movimiento.

2.8 Código aritmético binario adaptativo basado en el contexto (CABAC)

Este método de codificación de la entropía utiliza la codificación aritmética a fin de obtener una buena compresión. El modelo de probabilidad se actualiza con cada símbolo como se muestra en la figura 5. La codificación de un símbolo de dato involucra las fases siguientes:

Paso 1. Binarización: Proceso por el cual un símbolo no binario (coeficiente transformado, vector de movimiento, etc.) se convierte a una secuencia binaria única antes de aplicar la codificación aritmética.

Paso 2. Modelado del contexto: Un modelo de un contexto es un modelo de probabilidades para uno o más elementos de un símbolo binarizado. El modelo de probabilidad se selecciona de tal forma, que dicha selección dependa sólo de elementos de la sintaxis previamente codificados.

Paso 3. Codificación binaria aritmética: Se utiliza el código aritmético para codificar cada elemento de acuerdo con la selección del modelo de probabilidad. (11)



Figura 5. Diagrama de bloques del CABAC

2.9 Almacenamiento

El estándar MPEG-4 parte 10/H.264 realiza una especificación de almacenamiento en disco. Una vez que se codifica un flujo elemental (ES), éste se almacena formando un paquete de flujo de video (PES). Generalmente es necesario combinar varios PES (al menos un audio y un video) para crear el contenido que posteriormente será reproducido, surgiendo entonces dos posibilidades de tratamiento: almacenar el contenido para su posterior reproducción o transmitirlo (en este caso por una red IP).

2.10 Transmisión

MPEG-4 parte 10/H.264 no define un sistema mandatorio de transporte para la transmisión. Es posible transportar MPEG-4 parte 10/H.264 con los transportes definidos en MPEG-2:

- ❖ Program Streams (conocido como MPEG-2 PS o simplemente MPEG-PS).
- ❖ Transport Streams (conocido como MPEG-2 TS o simplemente MPEG-TS).

MPEG-PS permite transportar un único canal, mientras que el MPEG-2 TS permite enviar varios simultáneamente. MPEG-2 TS incorpora además, mecanismos de detección y corrección de fallas en la transmisión, ya que este método de transmisión está diseñado para transportar datos sobre medios en los cuales pueden ocurrir errores.

2.11 Parámetros para medir la calidad del video.

La creciente utilización del protocolo IP en la implementación de nuevos servicios de comunicación, por ejemplo, Voz sobre IP (VoIP), televisión sobre IP (IPTV), o difusión de contenidos multimedia requiere que las redes utilizadas presenten mejores características que permitan garantizar la calidad del contenido que se transmite. Para satisfacer este requisito existen diferentes parámetros que permiten la medición de la calidad de video. A continuación una breve descripción de los mismos:

➤ **Pérdida de paquetes**

Consiste en la pérdida de la información que se transmite por la red. La señal de video es muy sensible a la pérdida de paquetes, dependiendo además del tipo de datos que se pierden. Por ejemplo, la pérdida de un I frame o P frame produce una pérdida de calidad de imagen mayor y por mayor tiempo que la pérdida de un B frame.

La pérdida de paquetes se mide a través del campo **número de secuencia** de la cabecera RTP. El mismo, enumera secuencialmente cada uno de los paquetes.

➤ **Latencia o retardo**

Es el tiempo que le lleva a un paquete ir de un extremo al otro extremo de la red.

➤ **Jitter (o variación del retardo)**

Es la medida de tiempo entre el momento en que se espera que un paquete llegue y efectivamente llega, o dicho de otra forma es la variación o diferencia de retardo entre paquetes.

El retardo extremo a extremo y el jitter, pueden ser medidos a través del campo **indicación de tiempo** de la cabecera RTP, ya que utilizando este campo, es posible obtener una marca de tiempo de la fuente y entonces realizar la correcta medición de los mismos.

Un estudio realizado por Ingenieros en Telecomunicaciones y Electrónica del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” (ISPJAE) reveló que para un flujo de video codificado en MPEG-4 parte 10/H.264 los valores de **la latencia y el jitter** deben ser inferiores a 200 ms y 50 ms respectivamente para diferentes razones de bits por segundo como se observan en la tabla 6.

Razón de bits (Mbps).	Latencia (milisegundos).	Jitter (milisegundos).
1.75	<200	<50
2.0	<200	<50
2.5	<200	<50

Tabla 6 Valores máximos de latencia y jitter para H.264. (10)

➤ **Resolución del video**

El tamaño de la imagen está formado por dos elementos, el tamaño horizontal y el tamaño vertical, o sea, está referido a la cantidad de píxeles horizontales por línea que se pueden mostrar en la pantalla. En el dominio digital, la televisión de definición estándar (SDTV) se especifica como 720/704/640 x 480 para NTSC y 768/720 x 576 para resolución PAL o SECAM. Para la HDTV los formatos más conocidos son 1920 x 1080, 1280 x 720 y 1408 x 1152 píxeles.

➤ **Razón de Aspecto**

La razón de aspecto es la relación que existe entre el tamaño horizontal y el tamaño vertical de la imagen de video. Las razones de aspectos más utilizadas en los televisores actuales son la 4:3 y 16:9.

Este parámetro se puede medir a través de la función: **aspect_ratio_idc** de la cabecera NAL y conociendo el tamaño de las imágenes. (16)

➤ **Perfil y Nivel**

Todos los estándares de compresión utilizan niveles y perfiles para lograr una mayor eficiencia en la compresión. Al combinar un perfil y un nivel se logra la adaptación a las diferentes necesidades de los usuarios.

Para obtener el perfil y nivel con el cual se transmite, es necesario leer de la cabecera de la unidad NAL el campo: **nal_unit_type**, específicamente las funciones: **profile_idc** y **level_idc**. (10)

➤ **Formato de Cromaticidad**

Este concepto se refiere a la relación que existe entre los valores de las componentes de luminancia y crominancia de los píxeles que conforman una imagen. Todos los estándares de compresión utilizan formatos de croma para captar la información de luminosidad y color presentes en una escena, para luego transformarla en una señal manejable y discreta. El estándar MPEG-4 parte 10/H.264 define 3 formatos de croma diferentes: 4:2:0, 4:2:2 y 4:4:4.

Los valores de este parámetro son obtenidos a partir del campo: **Chromat_format**, de la cabecera de la secuencia de video codificada. (16)

➤ **Número de cuadros por segundo.**

La cantidad de imágenes por segundo o simplemente cuadros por segundo, es otro de los parámetros que se debe medir, puesto que puede variar para las distintas normas de televisión. La obtención de este indicador, se obtiene a través de la función: **AU_frame_rate_code** de la cabecera NAL, la cual brinda el número de cuadros por segundo a la que hay que mostrar el video (16). En la tabla 7 se muestran los posibles valores que muestra esta función.

AU_frame_rate_code	Valores de razón de cuadros por segundo
0	Prohibido
1	23.97
2	24
3	25
4	29.97
5	30
6	50
7	59.94
8	60
9 al 0xF	Reservado

Tabla 7. Valores relacionados con la cantidad de cuadros por segundo. (16)

➤ **Razón de compresión**

Para obtener la razón de compresión hay que leer primeramente de la cabecera NAL, el campo **nal_unit_type**. Dentro de éste se utilizan las funciones **slice_type** y **frame_num**. La función **slice_type**, especifica el tipo de imagen y la función **frame_num** se utiliza como identificador de imágenes. De esta manera se puede identificar cada imagen recibida. Para poder calcular la razón de compresión es necesario conocer la cantidad de imágenes I, B y P, que arriban al punto de análisis.

➤ **Sincronización entre audio y video**

La sincronización entre el audio y el video influye también sobre la opinión de la calidad, si bien no hay una relación directa entre ellos en lo que respecta al transporte, (se transmiten por distintos canales y con distinta codificación) el usuario puede recibir la señal sin la calidad requerida.

➤ **Aspecto temporal o variación espacial**

Un video con poco aspecto temporal entre cuadros es más robusto frente a las pérdidas y a la variación del retardo, en el sentido de que al usuario le es más difícil notar la falta o retardo de la información. Por el contrario, aquellos videos con alta variación espacial entre cuadros (videos de acción o deportes) son muy sensibles ante estos factores.

➤ **Modo de ejecución de la razón de bit.**

En la mayoría de los sistemas MPEG es posible seleccionar si la razón de bits debe ejecutarse en modo CBR (Razón de Bit Constante) o VBR (Razón de Bit Variable). El modo preferido es normalmente CBR, dado que este modo consume un ancho de banda constante en la transmisión. La desventaja es que la calidad de la imagen varía y, aunque se mantiene relativamente alta cuando no hay movimiento en la escena, ésta baja significativamente cuando aumenta el movimiento.

El modo VBR, por otra parte, mantiene una alta calidad de imagen sin tener en cuenta si hay movimiento o no en la escena. Esto es a menudo deseable en aplicaciones en las que hay la necesidad de una alta calidad, tal es el caso de IPTV.

2.12 Conclusiones del capítulo

En este capítulo se describe el estándar de codificación y video MPEG-4 parte 10/H.264, haciendo énfasis en su sintaxis, quedando demostrado que este estándar ofrece nuevas ventajas a la hora de crear mejores codificadores de video que permiten transmisiones de video de mayor calidad y a mayores resoluciones, manteniendo las mismas frecuencias de bits (en comparación a estándares anteriores), o, a la inversa, la misma calidad de video con frecuencias de bits inferiores. Además se describen un conjunto de parámetros utilizados para medir la calidad de video.

CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

3.1 Introducción

El objetivo principal de este capítulo es el diseño de la propuesta de los parámetros a tener en cuenta a la hora de medir la calidad de video y sus respectivos valores umbrales. A partir de las descripciones realizadas en el capítulo anterior para cada uno de los parámetros existentes, se seleccionan los más importantes, es decir los que influyen de manera directa en la calidad de la señal transmitida.

3.2 Parámetros analizados a partir del transporte en la red

En el ámbito de más bajo nivel, y por lo tanto más cercano a la red, se propone medir la latencia (distancia temporal entre nodos), el jitter (variación de la latencia entre paquetes consecutivos) y la pérdida de paquetes.

➤ Retardo y Jitter

Para estos parámetros se proponen los valores que aparecen en la tabla 8.

Tipo de servicio	Latencia	Jitter
SDTV	<200 ms	<100 ms
HDTV	<50 ms	<40 ms

Tabla 8. Valores umbrales de retardo y jitter

Si los valores de estos parámetros son mayores que los propuestos se afecta la calidad del servicio y por ende la calidad del video, debido a que un gran retardo de los paquetes IP ocasiona el retardo y la pérdida momentánea de la señal. Además la variación del tiempo entre arribos hace que la decodificación no sea realizada en el momento correcto y, dependiendo de qué tan grande sea dicha variación, puede llegar a considerarse que el paquete se ha perdido. El usuario verá la imagen del último cuadro decodificado congelada hasta la llegada del próximo cuadro.

➤ Pérdida de paquetes

Se proponen los siguientes valores umbrales para la pérdida de paquetes teniendo en cuenta el tipo de servicio. Ver tabla 9:

Tipo de servicio	Pérdida de paquetes máxima
SDTV	6 paquetes IP con error cada 1 hora
HDTV	4 paquetes IP con error cada 1 hora

Tabla 9. Pérdida de paquetes máxima.

Si se superan estos valores puede ocurrir el efecto de congelamiento de la imagen, además se agrega el problema de la necesidad de los cuadros anteriores para la decodificación de los siguientes, ocasionando una degradación de la calidad.

3.3 Parámetros derivados de la codificación fuente en MPEG-4 parte 10/H.264

La calidad del servicio de video en internet percibida por un usuario es afectada básicamente por los parámetros de la red y por el tipo de codificación implementada. Es posible que los parámetros de calidad de servicio (jitter, latencia, pérdida de paquetes) que pueden afectar al transporte de paquetes de video se comporten entre los límites correctos, sin embargo, la presentación en pantalla de la señal no sea buena. Por tanto, también es necesario medir parámetros que tienen que ver con la codificación del video.

- ✓ Perfil.
- ✓ Nivel.
- ✓ Número de cuadros por segundo.
- ✓ Formato de Cromaticidad.
- ✓ Resolución de video.
- ✓ Razón de aspecto.

✓ Razón de compresión.

➤ **Perfil y Nivel:**

Se propone en la definición estándar (SDTV) el perfil principal y el nivel 3, ya que ésta es la combinación perfil-nivel que establece el mejor compromiso razón de bits/relación de compresión, para garantizar una buena calidad de video al cliente. Se recomienda el perfil principal, ya que fue diseñado para aplicaciones de almacenamiento digital de video y datos, así como de transmisión de televisión. El nivel 3 es el recomendado, pues éste define como tipo de cuadro al formato SDTV.

Para la televisión de alta definición (HDTV) se recomienda el perfil alto con el nivel 4, partiendo de que este perfil es progresivamente más sofisticado que el principal y agrega herramientas adicionales con la característica adicional de ser compatible con el anterior. Este perfil se desarrolló para aplicaciones que utilizan alta resolución y mayor exactitud como la HDTV. Por otra parte el nivel 4 es el que define a la televisión de alta definición.

Si se utilizan los perfiles y niveles precedentes a los recomendados no es posible llevar a cabo la transmisión, ya que los mismos no están definidos para este servicio.

➤ **Número de cuadros por segundo**

Se propone en definición de televisión estándar una razón de 30 cuadros por segundo. En el caso de la HDTV la misma cantidad de cuadros por segundo. Se recomiendan estos valores umbrales, pues se reduce el tamaño de los paquetes IP, garantizando que a la pérdida de un paquete IP, sea menor la afectación en la calidad del video, debido a que los grupos de imágenes más cortos mejoran la calidad (asociada a un menor tiempo de cambio de canal). Los grupos de imágenes más largos mejoran la compresión pero aumentan el tiempo de cambio de canal (ya que hay que esperar más tiempo por los I frame) y además las pérdidas de paquetes producen pérdidas de señal por mayor tiempo.

➤ **Formato de Cromaticidad**

Se propone como mínimo valor umbral el formato 4:2:0 para la SDTV y la HDTV, ya que con este formato de croma se proporciona la luminancia y el color necesario a una imagen, permitiendo una reducción en el flujo de bit.

➤ **Resolución de video**

Se propone una resolución de 720 x 480 píxeles para la SDTV y de 1408 x 1152 píxeles para la alta definición. Si se utilizan las resoluciones mayores la calidad del video aumenta, ya que existe una diferencia sustancial entre estas resoluciones, pues las resoluciones mayores contienen más píxeles que las propuestas a la misma velocidad de cuadros. Esta diferencia aumenta considerablemente los requisitos para la transmisión de contenidos en términos de tiempo de codificación y almacenamiento. En caso contrario la imagen sería muy pequeña en comparación con la razón de aspecto utilizada en estos tipos de servicios.

➤ Razón de aspecto

En el formato estándar de televisión (SDTV) se propone la relación 4:3. Si se utiliza el formato de alta definición (HDTV) se recomienda la razón de aspecto 16:9, pues la 4:3 no es compatible con la alta definición, además, ésta depende del tamaño de la imagen, o sea, mientras mayor sea el tamaño de la imagen mayor será la razón de aspecto. A continuación se describe que ocurre si no se utiliza la razón de aspecto correcta.

Una imagen de 4:3 que se vaya a ver en una pantalla de 16:9 puede presentarse de tres formas diferentes:

- Con barras negras verticales a cada lado. Manteniendo la relación de 4:3 pero perdiendo parte de la zona activa de la pantalla.
- Agrandando la imagen hasta que ocupe toda la pantalla horizontalmente. Se pierde parte de la imagen por la parte superior e inferior de la misma.
- Deformando la imagen para adaptarla al formato de la pantalla. Se usa toda la pantalla y se ve toda la imagen, pero con la geometría alterada (los círculos se ven elipses con el diámetro mayor orientado de derecha a izquierda).

Una imagen de 16:9 que se vaya a ver en una pantalla de 4:3, de forma similar, tiene tres formas de verse:

- Con barras horizontales arriba y abajo de la imagen. Se ve toda la imagen pero se pierde tamaño de pantalla.
- Agrandando la imagen hasta ocupar toda la pantalla verticalmente, perdiéndose las

partes laterales de la imagen.

- Deformando la imagen para adaptarla a la relación de aspecto de la pantalla. Se ve toda la imagen en toda la pantalla, pero con la geometría alterada (los círculos se ven elipses con el diámetro mayor orientado de arriba a abajo).

➤ Razón de compresión (CR)

El mínimo valor que se recomienda es 2 para la SDTV, partiendo de que la razón de compresión se calcula a través de la expresión:

$$CR = 2 * (I / (I+B+P)). \quad (26)$$

Donde:

I: número de imágenes tipo I.

P: número de imágenes tipo P.

B: número de imágenes tipo B.

Para la HDTV se propone que el valor mínimo de la razón de compresión sea 4, ya que ésta necesita menos compresión para la transmisión de la señal.

3.4 Validación de la propuesta

Para la validación y aprobación de la propuesta de parámetros para medir la calidad de video en redes de IPTV utilizando como estándar de codificación el MPEG-4 parte 10/H.264, se emplea el método estadístico Delphi. Se utiliza con el objetivo de evaluar cualitativa y cuantitativamente la propuesta, viendo su integración con los objetivos propuestos y reflejando además el cumplimiento de los mismos en las preguntas a los encuestados.

➤ Método Delphi

Este método es considerado como uno de los métodos subjetivos de pronosticación más confiables. Es una técnica para obtener información esencialmente cualitativa, pero relativamente precisa acerca del futuro. Consiste básicamente en solicitar de forma sistemática las opiniones de un grupo de expertos para obtener un consenso de opiniones informadas, lo que permite evitar los inconvenientes de ésta (influencia de factores psicológicos: persuasión, resistencia al abandono de las opiniones públicamente manifestadas, efecto de la opinión mayoritaria, etc.). Todo esto con el fin de poner de manifiesto convergencias de opiniones y deducir eventuales consensos. El mismo permite alcanzar una imagen integral y más amplia de su posible evolución, reflejando las valoraciones individuales de

los expertos, las cuales podrán estar fundamentadas, tanto en un análisis estrictamente lógico como en su experiencia intuitiva.

Para la aplicación del método se consideran tres cuestiones fundamentales:

- Selección de los expertos.
- Elaboración del cuestionario.
- Desarrollo práctico y explotación de resultados.

A continuación se explica cómo fueron aplicadas estas cuestiones en el presente trabajo.

➤ Selección de los expertos

Para la selección de los expertos se tuvo en cuenta las siguientes características:

- ✓ Dos años de experiencia como mínimo.
- ✓ Graduado de nivel superior.
- ✓ Capacidad de análisis y de pensamiento.
- ✓ Efectividad de su actividad profesional.
- ✓ Conocimientos sobre el tema tratado.
- ✓ Disposición a participar en la encuesta.

Se seleccionan 7 expertos de los 9 encuestados, los mismos cumplen con las características establecidas. Los nombres de los expertos se pueden ver en el Anexo 7.

Para la selección de los expertos es útil emplear la valoración por competencias mediante un formulario de autovaloración (Ver Anexo 8). Este método consiste en calcular el Coeficiente de competencia (K) a partir de su conocimiento o información sobre el tema (K_c) y el Coeficiente de argumentación o valoración (K_a) mediante la siguiente fórmula: $K = \frac{1}{2} (k_c + k_a)$. La interpretación de los Coeficientes de competencias es la siguiente:

Si $0,8 < k < 1,0$ Coeficiente de competencia alto.

Si $0,5 < k < 0,8$ Coeficiente de competencia medio.

Si $k < 0,5$ Coeficiente de competencia bajo.

Para determinar el Coeficiente de conocimiento o información (Kc) el experto marcará en la casilla enumerada (Ver Anexo 8), según su criterio acerca de la capacidad que él tiene sobre el tema que se la ha sometido a su consideración, en una escala del 0 al 10 y que después para ajustarla a la teoría de las probabilidades se multiplicará por 0,1. Para determinar el Coeficiente de argumentación o valoración (Ka) se ofrece una tabla con cierta información (Ver Anexo 8). El experto debe marcar, según su criterio, los elementos que le permiten argumentar su evaluación del nivel de conocimiento seleccionado anteriormente.

El resultado del coeficiente de competencias de todos los encuestados se muestra en la tabla 10.

Expertos	Ka	Kc	K	Interpretación
1	0,9	0,1	0,5	MEDIO
2	0,8	0,1	0,45	BAJO
3	0,9	0,1	0,5	MEDIO
4	0,9	0,1	0,5	MEDIO
5	0,9	0,1	0,5	MEDIO
6	0,8	0,1	0,45	BAJO
7	0,9	0,1	0,5	MEDIO
8	0,9	0,1	0,5	MEDIO
9	0,9	0,1	0,5	MEDIO

Tabla 10. Coeficientes de competencia.

De los 9 expertos encuestados 2 poseen un Coeficiente de competencia bajo, 7 un Coeficiente de competencia medio y ninguno alto, debido a que el tema es relativamente nuevo para ellos, ya que en Cuba actualmente es que se está incursionando en la Televisión Digital y por ende no existe la suficiente experiencia. Se decide que solo 7 hayan sido incluidos en el grupo de expertos para la evaluación de la propuesta.

➤ **Elaboración del cuestionario**

Después de determinar el coeficiente de competencia de los expertos se procede a realizar el cuestionario para validar la propuesta de parámetros para medir la calidad de video en redes de IPTV donde se utiliza como estándar de codificación el MPEG-4 parte 10/H.264. Ver Anexo 9.

➤ **Desarrollo práctico y explotación de resultados**

Logrado el equipo de expertos, se buscan sus criterios sobre la validación de la propuesta. Se confeccionan tablas agrupadas por preguntas para recoger los resultados aportados por los expertos. Para ello se utiliza el programa Microsoft Excel 2003.

Los resultados obtenidos por cada experto se recogen en una tabla de doble entrada como la siguiente:

Tabla de frecuencias absolutas							
No	Elementos	C1	C2	C3	C4	C5	Total
1	P1	7	0	0	0	0	7
2	P2	7	0	0	0	0	7
3	P2	6	1	0	0	0	7
4	P3	5	1	1	0	0	7
5	P4	5	1	1	0	0	7
6	P5	5	0	2	0	0	7
7	P6	5	1	1	0	0	7
8	P7	6	1	0	0	0	7
9	P8	6	0	1	0	0	7
10	P9	7	0	0	0	0	7
11	P10	5	1	1	0	0	7
12	P11	5	1	1	0	0	7
13	P12	4	1	1	1	0	7
14	P13	5	1	1	0	0	7
15	P14	5	1	1	0	0	7
16	P15	6	1	0	0	0	7
17	P16	6	0	1	0	0	7
18	P17	6	0	1	0	0	7
19	P18	6	0	1	0	0	7
20	P19	6	0	1	0	0	7
21	P21	5	1	0	1	0	7
22	P22	5	1	0	1	0	7
23	P23	5	1	0	1	0	7
24	P24	5	1	0	1	0	7
25	P25	5	1	1	0	0	7
26	P26	6	1	0	0	0	7
27	P27	7	0	0	0	0	7
28	P28	7	0	0	0	0	7
29	P29	7	0	0	0	0	7
30	P30	6	1	0	0	0	7

Tabla 11. Frecuencias absolutas.

Tabulados los datos, se realizan los siguientes pasos para obtener los resultados deseados:

Primer paso: Construir la tabla de frecuencias absolutas acumuladas. Esto se hace por fila, excepto el valor de la primera columna de esa fila, las restantes se obtienen sumando el actual y el anterior.

Tabla de frecuencias absolutas acumuladas						
No	Aspectos	C1	C2	C3	C4	C5
1	P1	7	7	7	7	7
2	P2	7	7	7	7	7
3	P2	6	7	7	7	7
4	P3	5	6	7	7	7
5	P4	5	6	7	7	7
6	P5	5	5	7	7	7
7	P6	5	6	7	7	7
8	P7	6	7	7	7	7
9	P8	6	6	7	7	7
10	P9	7	7	7	7	7
11	P10	5	6	7	7	7
12	P11	5	6	7	7	7
13	P12	4	5	6	7	7
14	P13	5	6	7	7	7
15	P14	5	6	7	7	7
16	P15	6	7	7	7	7
17	P16	6	6	7	7	7
18	P17	6	6	7	7	7
19	P18	6	6	7	7	7
20	P19	6	6	7	7	7
21	P21	5	6	6	7	7
22	P22	5	6	6	7	7
23	P23	5	6	6	7	7
24	P24	5	6	6	7	7
25	P25	5	6	7	7	7
26	P26	6	7	7	7	7
27	P27	7	7	7	7	7
28	P28	7	7	7	7	7
29	P29	7	7	7	7	7
30	P30	6	7	7	7	7

Tabla 12. Frecuencias absolutas acumuladas.

Segundo paso: Construir la tabla de frecuencias relativas acumuladas. Para lo cual, se divide el valor de cada celda de la tabla anterior entre el número de expertos consultados, en este caso 7.

Tabla de frecuencias relativas acumuladas						
No	Aspectos	C1	C2	C3	C4	C5
1	P1	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
2	P2	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3	P2	0,85714286	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
4	P3	0,71428571	0,8571	0,9999	0,9999	0,9999
5	P4	0,71428571	0,8571	0,9999	0,9999	0,9999
6	P5	0,71428571	0,7143	0,9999	0,9999	0,9999
7	P6	0,71428571	0,8571	0,9999	0,9999	0,9999
8	P7	0,85714286	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
9	P8	0,85714286	0,8571	0,9999	0,9999	0,9999
10	P9	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
11	P10	0,71428571	0,8571	0,9999	0,9999	0,9999
12	P11	0,71428571	0,8571	0,9999	0,9999	0,9999
13	P12	0,57142857	0,7143	0,8571	0,9999	0,9999
14	P13	0,71428571	0,8571	0,9999	0,9999	0,9999
15	P14	0,71428571	0,8571	0,9999	0,9999	0,9999
16	P15	0,85714286	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
17	P16	0,85714286	0,8571	0,9999	0,9999	0,9999
18	P17	0,85714286	0,8571	0,9999	0,9999	0,9999
19	P18	0,85714286	0,8571	0,9999	0,9999	0,9999
20	P19	0,85714286	0,8571	0,9999	0,9999	0,9999
21	P21	0,71428571	0,8571	0,8571	0,9999	0,9999
22	P22	0,71428571	0,8571	0,8571	0,9999	0,9999
23	P23	0,71428571	0,8571	0,8571	0,9999	0,9999
24	P24	0,71428571	0,8571	0,8571	0,9999	0,9999
25	P25	0,71428571	0,8571	0,9999	0,9999	0,9999
26	P26	0,85714286	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
27	P27	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
28	P28	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
29	P29	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
30	P30	0,85714286	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999

Tabla 13. Frecuencias relativas acumuladas.

Tercer paso: Se buscan las imágenes de los elementos de la tabla anterior por medio de la función (Dist. Normal. Standard Inv).

A la misma tabla se le adicionan tres columnas y una fila para colocar los resultados que se mencionan a continuación.

- 1.- Suma de las columnas.
- 2.- Suma de filas.
- 3.- Promedio de las columnas.
- 4.- Los promedios de las filas se obtienen de forma similar, en este caso también se divide por cuatro porque quedan 4 categorías ya que la última se eliminó.
5. Para hallar N, se divide la suma de las sumas entre el resultado de multiplicar el número de indicadores por el número de preguntas.
- 6- El valor N-P da el valor promedio que otorgan los expertos para cada indicador propuesto.

La tabla 14 resume lo dicho en los puntos anteriores:

Puntos de corte									
No	Aspectos	C1	C2	C3	C4	Suma	P	N-P	Categoría
1	P1	3,72	3,72	3,72	3,72	14,88	3,72	-1,65	Muy Adecuado
2	P2	3,72	3,72	3,72	3,72	14,88	3,72	-1,65	Muy Adecuado
3	P2	1,07	3,72	3,72	3,72	12,22	3,06	-0,99	Muy Adecuado
4	P3	0,57	1,07	3,72	3,72	9,07	2,27	-0,20	Muy Adecuado
5	P4	0,57	1,07	3,72	3,72	9,07	2,27	-0,20	Muy Adecuado
6	P5	0,57	0,57	3,72	3,72	8,57	2,14	-0,07	Muy Adecuado
7	P6	0,57	1,07	3,72	3,72	9,07	2,27	-0,20	Muy Adecuado
8	P7	1,07	3,72	3,72	3,72	12,22	3,06	-0,99	Muy Adecuado
9	P8	1,07	1,07	3,72	3,72	9,57	2,39	-0,32	Muy Adecuado
10	P9	3,72	3,72	3,72	3,72	14,88	3,72	-1,65	Muy Adecuado
11	P10	0,57	1,07	3,72	3,72	9,07	2,27	-0,20	Muy Adecuado
12	P11	0,57	1,07	3,72	3,72	9,07	2,27	-0,20	Muy Adecuado
13	P12	0,18	0,57	1,07	3,72	5,53	1,38	0,69	Muy Adecuado
14	P13	0,57	1,07	3,72	3,72	9,07	2,27	-0,20	Muy Adecuado
15	P14	0,57	1,07	3,72	3,72	9,07	2,27	-0,20	Muy Adecuado
16	P15	1,07	3,72	3,72	3,72	12,22	3,06	-0,99	Muy Adecuado
17	P16	1,07	1,07	3,72	3,72	9,57	2,39	-0,32	Muy Adecuado
18	P17	1,07	1,07	3,72	3,72	9,57	2,39	-0,32	Muy Adecuado

19	P18	1,07	1,07	3,72	3,72	9,57	2,39	-0,32	Muy Adecuado
20	P19	1,07	1,07	3,72	3,72	9,57	2,39	-0,32	Muy Adecuado
21	P21	0,57	1,07	1,07	3,72	6,42	1,61	0,47	Muy Adecuado
22	P22	0,57	1,07	1,07	3,72	6,42	1,61	0,47	Muy Adecuado
23	P23	0,57	1,07	1,07	3,72	6,42	1,61	0,47	Muy Adecuado
24	P24	0,57	1,07	1,07	3,72	6,42	1,61	0,47	Muy Adecuado
25	P25	0,57	1,07	3,72	3,72	9,07	2,27	-0,20	Muy Adecuado
26	P26	1,07	3,72	3,72	3,72	12,22	3,06	-0,99	Muy Adecuado
27	P27	3,72	3,72	3,72	3,72	14,88	3,72	-1,65	Muy Adecuado
28	P28	3,72	3,72	3,72	3,72	14,88	3,72	-1,65	Muy Adecuado
29	P29	3,72	3,72	3,72	3,72	14,88	3,72	-1,65	Muy Adecuado
30	P30	1,07	3,72	3,72	3,72	12,22	3,06	-0,99	Muy Adecuado
Suma		40,53	60,19	98,31	111,57	310,60			
P.de corte		1,35	2,01	3,28	3,72				

Tabla 14. Puntos de Corte.

Los puntos de corte se utilizan para determinar la categoría de cada criterio según la opinión de los expertos consultados. Con ellos se opera del modo siguiente:

Muy Adecuado	Bien Adecuado	Adecuado	Poco Adecuado	No Adecuado
Menor 1,35	(1,35 - 2,01)	(2,01 - 3,28)	(3,28 - 3,72)	Mayor 3,72

Tabla 15. Categoría de cada criterio.

Después de analizar los resultados de la encuesta se reafirma la validez de la propuesta realizada, concluyendo que el 100% de los expertos está de acuerdo con los parámetros propuestos para medir la calidad de video en redes de IPTV codificado en MPEG-4 parte 10/H.264.

3.5 Conclusiones del capítulo

A partir de la propuesta diseñada se concluye que existen varios factores tanto desde el punto de vista de la calidad de servicio que presta la red, como de la fuente de codificación del video, que afectan la calidad del video recibido, de aquí la necesidad de ser medidos constantemente para lograr que la señal transmitida tenga la calidad esperada.

CONCLUSIONES

Al finalizar el presente trabajo queda definida la propuesta de los parámetros necesarios para medir la calidad de video en redes IPTV codificado en MPEG-4 parte 10/H.264, cumpliendo de esta manera el objetivo propuesto para dar solución al problema planteado.

Para medir los parámetros propuestos es necesario contar con una herramienta que sea capaz de monitorear el flujo de video en puntos determinados de la red. El uso de estos parámetros y sus valores umbrales debe tener el propósito de poder detectar cualquier efecto indeseable antes de que el servicio llegue al cliente y así poder tomar las medidas necesarias.

Se validó la propuesta por medio del método Delphi, el cual arrojó como resultado que los parámetros propuestos, así como sus valores umbrales, son válidos para medir la calidad de video en redes de IPTV en las que se transmite usando el estándar MPEG-4 parte 10/H.264.

RECOMENDACIONES

Al término de esta investigación, se recomienda:

- Poner a disposición de la comunidad universitaria este documento para que sirva de documentación y referencia para interesados que deseen profundizar en el tema.
- Poner a disposición del Grupo de I+D de IPTV del Polo de Telecomunicaciones de la Facultad 2, para que disponga de elementos teóricos para la formación técnica de los integrantes del Grupo.
- Construir una herramienta capaz de medir la calidad de video por medio de los parámetros propuestos en esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Pujadas, Edda.** Diariolaregion. *Diariolaregion.* [En línea] 2007. <http://www.diariolaregion.net/seccion.asp?pid=29&sid=1567¬id=30727&fecha=08/26/2007>
2. **Morea, Lucas.** Monografias.com. *Monografias.com.* [En línea] 1997. <http://www.monografias.com/trabajos13/televis/televis.shtml>
3. **Benoit, Claudia Rivera.** Teleolucion. *Teleolucion.* [En línea] 2009. <http://teleolucion.blogspot.com/>
4. **Held, Gilvert.** *UNDERSTANDING IPTV.* New York : AUERBACH PUBLICATIONS, 2007.
5. **Taringa.** taringa.net. *IPTV (Televisión por Internet).* [En línea] 2008. [http://www.taringa.net/posts/info/1348101/IPTV-\(Televisi%C3%B3n-por-Internet\).html](http://www.taringa.net/posts/info/1348101/IPTV-(Televisi%C3%B3n-por-Internet).html)
6. **Iptv-americas.** Iptv-americas. *Iptv-americas.* [En línea] 2007. <http://www.iptv-americas.tv/releaseDB.php?leng=¬ID=28>
7. **Telefónica.** tv.adslzone.ne. *IPTV.* [En línea] 2009. <http://tv.adslzone.net/2009/01/21/tvxtrem-telefonica-lanzara-en-brasil-su-iptv/>
8. **Valle, Amaury E. del.** juventudrebelde. *Cuba, la televisión que viene.* [En línea] 2009. <http://www.juventudrebelde.cu/informatica/2009-05-14/cuba-la-televisión-que-viene/>
9. **Jaime Lloret Mauri, Miguel García Pineda, Fernando Boronat Seguí.** *IPTV: la televisión por internet.* New York : Vértice, 2007.
10. **Betancourt, Dianko Quiñones Oberto y Osvaldo Román Carol.** *Calidad de video en los sistemas de IPTV con codificación MPEG.* Ciudad Habana : s.n., 2008.
11. **H.de J. Ochoa-Domínguez, J.Mireles-García, J. de D. Cota-Ruíz.** *Descripción del nuevo estándar de video H.264.* Ciudad Juárez, México : s.n., 2007.
12. **Min Qin, Roger Zimmermann.** *Streaming en vivo de alta definición - la adquisición y la compresión de video, transmisión de video de alta definición, renderizado de video HD, las mediciones de retardo, Campos de aplicación .* Los Ángeles : s.n., 2008.
13. **Richardson, Iain E. G.** *H.264 and MPEG-4 Video Compression.* England : John Wiley & Sons Ltd, 2005.
14. **Leonardo Neira, Diego Damián.** *H.264: Optimización de la Compresión de Video.* 2008.

15. **Axis.** *Axis. Compresión de video digital. Revisión de los métodos y los estándares a usar para la transmisión y el almacenamiento de video.* . [En línea] 2004. <http://www.axis.com/es>
16. **Unión Internacional de Telecomunicaciones.** ITU. [En línea] 2004. http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-H.264-200305-S!!PDF-E&type=items
17. **Salgado, Yanisleidy Dominguez Peña y Nielys Pérez.** *Propuesta de un estándar de compresión para el montaje de HDTV en la UCI.* Ciudad Habana : s.n., 2008.
18. **Fernando Díaz de María, Manuel de Frutos López.** *El estándar de codificación de vídeo H.264/AVC. Claves para una codificación híbrida más potente.* Madrid : s.n., 2008.
19. **Axis Communications.** *Estándar de compresión de video H.264.* 2009.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

1. Iain E. G. Richardson. H.264 and MPEG-4 Video Compression. Video Coding for Next-generation Multimedia [Libro digital], Junio de 2005.
2. H.264/MPEG-4 AVC. [En línea] Enciclopedia libre wikipedia, 2 de marzo de 2009.
<http://es.wikipedia.org/wiki/AVC>
3. Information technology — coding of audio-visual objects — Part 10: Advanced Video Coding. [En línea] 1 de Octubre de 2004.
<http://jongyeob.com/moniwiki/pds/upload/14496-10.pdf>. ISO/IEC 14496-10
4. MPEG-4 parte 10 (H-264/AVC) [En línea], 4 de enero de 2009.
<http://www.duiops.net/hifi/enciclopedia/mpeg-4-parte10.htm>
5. ¿Que es H-264? [En línea], 4 de enero de 2009.
<http://www.divx.com/es/technologies/h264>
6. Avizora. [En línea] 2001.
http://www.avizora.com/publicaciones/television/textos/historia_television_0001.htm
7. Difusión y Multimedia. 2007
<http://neutron.ing.ucv.ve/comunicaciones/Asignaturas/DifusionMultimedia/>
8. IPTV la televisión por Internet. Búsqueda de libros por google [En línea], 3 de febrero de 2009.
http://books.google.com.cu/books?id=PvmZFX00mMYC&pg=PA83&lpg=PA83&dq=iptv&source=bl&ots=iFjGH1sytn&sig=1noiPwFdx730iSLzGpuYM8pu-qw&hl=es&ei=ILERSsiLBoyq8gTn5uChBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=11

9. IPTV vs. Televisión vía Internet. Diferencia claves- Robin Good- Ultimas noticias [En línea], 3 febrero de 2009. <http://www.masternewmedia.org/es/iptv-vs-television-via-internet/diferencias-clave.htm>
10. ¿Qué es IPTV? [En línea], 3 de enero de 2009. <http://www.youtube.com/watch?v=pNvL0mFMGSo>
11. IPTV- Wikipedia, la enciclopedia libre [En línea], 2 de marzo de 2009. <http://es.wikipedia.org/wiki/IPTV>
12. BERMEJO, D. J. Tecnologías de Audio y Video Alta Definición [En línea]. http://www.gatv.ssr.upm.es/tavd/TAVD_Presentacion.pdf
13. FUENTES, S. HDTV, la televisión de alta definición: todo lo que necesitas saber [En línea], 2005 <http://xataka.com/2005/12/09-hdtv-la-television-de-alta-definicion-todo-lo-que-necesitas-saber>
14. Televisión de alta definición [En línea]. 2008, http://es.wikipedia.org/wiki/Televisi%C3%B3n_de_alta_definici%C3%B3n
15. Televisión Digital por Cable [En línea]. <http://www.televisiondigital.es/Cable/>
16. Televisión Digital por Tecnologías IP (ADSL) en España [En línea]. <http://www.televisiondigital.es/ADSL/OperadorADSL/>
17. FONSECA, L. C. y FALCÓN, A. L. A. Propuesta de sistema de televisión digital para la UCI. Investigativa, Facultad 9. Universidad de las Ciencias Informáticas, 2007.
18. BUENO, J. R. C. Un breve recorrido por los diferentes estándares MPEG [En línea] <http://www.dinel.us.es/grupos/tsc/cn/TSC-2000-CN-08.pdf>
19. Ian S Burnett, Fernando Pereira, Rik Van de Walle y Rob Koenen. The MPEG-21 Book [Libro digital], febrero de 2007.
20. Lars-Ingemar Lundström. Understanding Digital Televisión [Libro digital], 26 agosto de 2008.

21. **Johan Hjelm.** Why IPTV? Interactivity, Technologies and Services [Libro digital], 19 de enero 2009.
22. http://images.google.com/cu/imgres?imgurl=http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo330/2s06/projects/EspinozaAlarcon/pro_elo330/macrobloques.jpg&imgrefurl=http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo330/2s06/projects/EspinozaAlarcon/ELO-330%2520Algoritmos%2520de%2520compresion%2520de%2520Video..html&usq=__3morVxmZs02tDwLAnclrbqi-5N4=&h=249&w=468&sz=22&hl=es&start=2&um=1&tbnid=pp8KGv0Q0lqAHM:&tbnh=68&tbnw=128&prev=/images%3Fq%3DMacrobloque%26hl%3Des%26lr%3Dlang_es%26sa%3DG%26um%3D1
23. Paola Sunna. AVC/H.264 an advanced video coding system for SD and HD broadcasting. [En línea], abril de 2005. http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev_302-sunna.pdf
24. Johnny Zhang. Advanced Video Coding: MPEG-4/H.264 and Beyond. [En línea], 21 de noviembre de 2005. http://getonebyone.googlepages.com/media_h264
25. Vallori, Jaime. Mosaic. IPTV versus Internet TV. [En línea] 2007. <http://mosaic.uoc.edu/articulos/jvallori0507.html>
26. Pedro Casas Hernández, Diego Guerra Vidal, Ignacio Irigaray Bayarres. Calidad de Servicio Percibida en Servicios de Voz y Video sobre IP. 2005.
27. Good, Robin. Masternewmedia. IPTV Vs. Televisión Vía Internet: Diferencias Clave. [En línea] 2008. <http://www.masternewmedia.org/es/iptv-vs-television-via-internet/diferencias-clave.htm>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

ADSL: Línea Digital Asimétrica del Subscriptor.

B

B: Bidireccional.

Bit rate: Es la velocidad con que se transmiten los bits en un segundo.

Bloque: Es la unidad fundamental de la información de la imagen

Broadcast TV: Servicio de televisión digital por difusión.

C

CABAC: Código Aritmético Binario Adaptivo basado en el Contexto.

CAVLC: Código adaptivo de longitud variable basado en el contexto.

Cb: Componente de crominancia del color azul.

CBR: Razón de Bit Constante.

CIF: Señal de video en Formato Intermedio.

Códec: Codificador-Decodificador.

Coeficiente de transformación: Es una unidad escalar que está asociada con el índice de frecuencias de una o dos dimensiones de una transformada inversa.

Cr: Componente de crominancia del color rojo.

CR: Razón de compresión.

Croma: Es un adjetivo especificando que un arreglo de muestras o muestra sencilla está representando uno de dos señales de diferencia de colores respecto a los colores primarios. El símbolo usado es Cb o Cr.

Crominancia: Componente especial para representar la información de color y saturación.

CPE: Equipo Terminal de Usuario

Cuadro: Un cuadro contiene un arreglo de muestras de luma y dos arreglos de muestras de color. Un cuadro está compuesto de dos campos, un campo superior y un campo inferior.

Cuadro codificado: Es una representación codificada de un cuadro.

D

DRM: Sistema de control de derechos

DCT: Transformada Coseno Discreta de Fourier.

Decodificador: Es la representación de un proceso de decodificación.

E

EPG: Guía electrónica de programación.

ES: Flujo Elemental.

F

Flujo de bits: Una secuencia de bits que forman la representación de imágenes codificadas y asociadas que forman una o más secuencias de video codificado.

FMO: Ordenamiento Flexible de Macrobloques.

FR: Referencia Total.

G

GOP: Grupo de Imágenes.

H

HDTV: Televisión de alta definición.

HE: Head End.

HG: Home Gateway.

HHR: Alta Resolución Horizontal.

I

I: Intra.

IGMP: Protocolo de Dirección de Grupos de Internet.

Imagen codificada: Una imagen codificada puede ser un campo codificado o un cuadro codificado. Es un término referido a una imagen primaria codificada o una imagen redundante codificada, pero no ambas.

Imagen de referencia: Una imagen de referencia contiene muestras que pueden ser usadas para inter-predicción en el proceso de decodificación de subsecuentes imágenes en orden de decodificación.

IP: Protocolo de Internet.

IPTV: Televisión por el Protocolo de Internet.

ISO: Organización Internacional de Normalización.

ITU-T: Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector Telecomunicaciones.

J

JVT: Equipo Conjunto de Video.

L

Luma: Es un adjetivo que especifica que un arreglo de muestra está representando la señal monocromática relacionada a los colores primarios. El símbolo de luma es Y.

Luminancia: Es una componente especial para representar la información del brillo.

M

Macrobloque: Es la unidad fundamental de la imagen y además está compensada en movimiento.

MPEG: Grupo de Expertos para Imágenes en Movimiento.

MPEG-PS: Protocolo para el Transporte de Programas en la Codificación MPEG.

MPEG-2 TS: Protocolo de Transporte para el Flujo de Video Codificado en MPEG-2.

Multiplexor: Equipo capaz de conformar un único flujo a partir de múltiples entradas.

MSE: Error Medio Cuadrático.

MW: Middleware.

N

NAL: Capa de Abstracción de Red.

Nivel de coeficiente de transformación: Es una cantidad entera que representa el valor asociado con un índice de frecuencia tridimensional en el proceso de decodificación previo a la escala para cómputo de un valor de coeficiente de transformación.

NR: Sin Referencia.

NTSC: Comité Nacional de Sistemas de Televisión.

P

P: Predictiva.

PAL: Línea de Fase Alternada.

PES: Flujo Elemental Paquetizado.

PPV: Video Pay per View.

Predicción: Es una representación de un proceso de predicción.

Píxeles: Son los elementos individuales de la imagen representados en filas y columnas que conforman la imagen.

Proceso de decodificación: Es un proceso que lee un flujo de bits y produce imágenes decodificadas.

Proceso de predicción: Referido al uso de un predictor para proporcionar una estimación de un valor de muestra o elemento que está siendo decodificado.

Predictor: Es una combinación de muestras previamente decodificadas o elementos usados en el proceso de decodificación.

PSNR: Razón Pico de la Señal a Ruido.

Q

QoE: Calidad de Experiencia.

QoS: Calidad de Servicio.

R

Resilience: Capacidad de recuperación ante un evento.

RGB: Rojo, Verde y Azul.

RR: Referencia Reducida.

RTCP: Protocolo de Control para el Transporte en Tiempo Real.

RTP: Protocolo de Transporte en Tiempo Real.

S

SDTV: Televisión de Definición Estándar.

Secuencias de video codificado: Una secuencia de unidades de acceso.

SECAM: Color Secuencial con Memoria.

STB: Set Top Box.

Streaming: Forma de transmitir información (generalmente multimedia), que permite al cliente ir consumiendo la información mientras que se está descargando.

SHDTV: Súper HDTV

SVOD: VoD por suscripción.

T

TCP/IP: Protocolo de Control para el Transporte /Protocolo Internet.

ToIP: Telefonía sobre el Protocolo de Internet.

Triple play: Es una tecnología que combina los servicios de voz (teléfono), datos (Internet) y video (televisión) en una sola red, transmitidos a través de un mismo “caño” y prestados por el mismo operador.

TSTV: Time Shift TV.

TV: Televisión.

TVD: Televisión Digital.

U

UDP: Protocolo de Datagramas de Usuario.

V

VBR: Razón de Bit Variable.

VCEG: Grupo de Expertos en Codificación de Video.

VCL: Capa de Codificación de Video.

VCLs: Código de Longitud Variable.

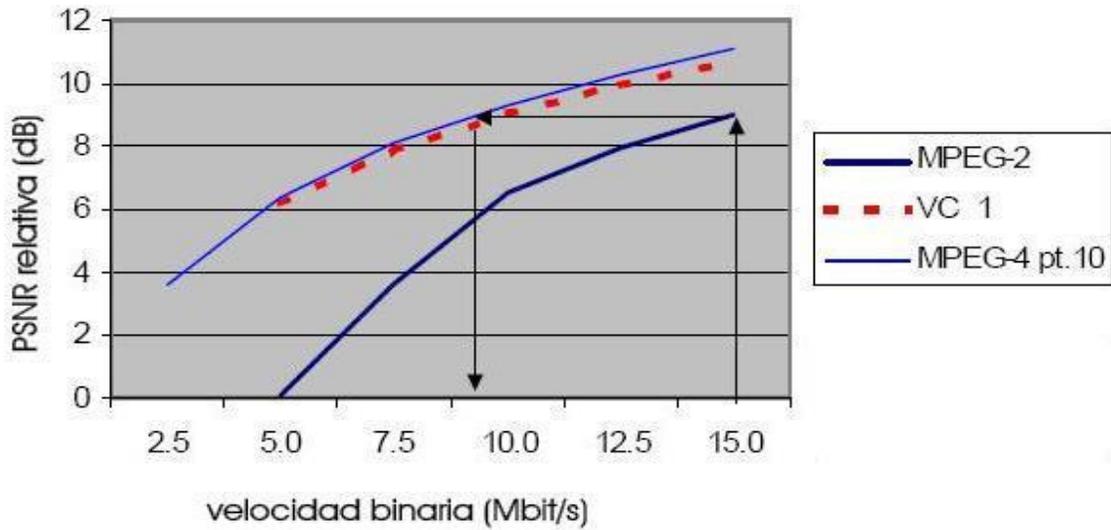
Vector de movimiento: Es un vector bi-dimensional usado para inter- predicción que provee un desplazamiento desde las coordenadas en la imagen decodificada hacia las coordenadas en una imagen de referencia.

VoD: Video bajo demanda.

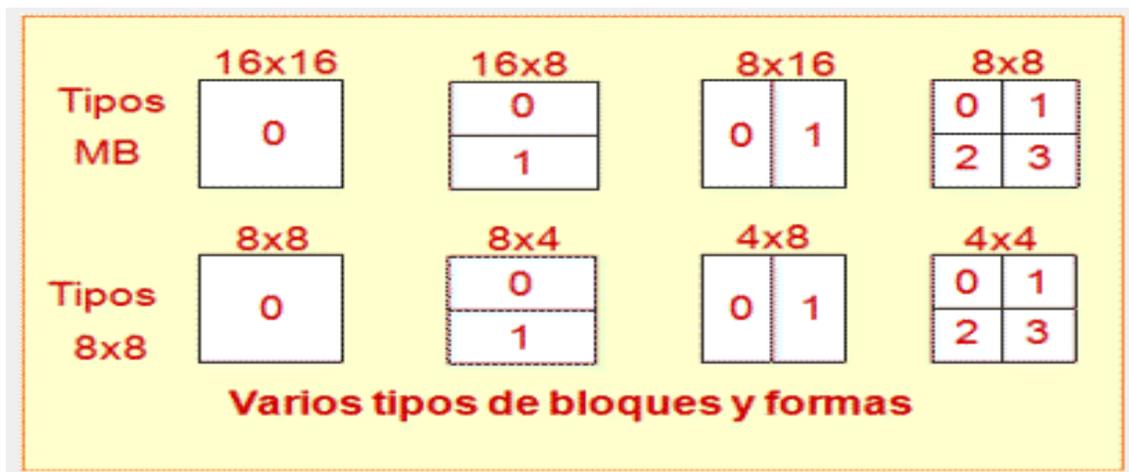
VoIP: Voz sobre el Protocolo de Internet.

ANEXOS

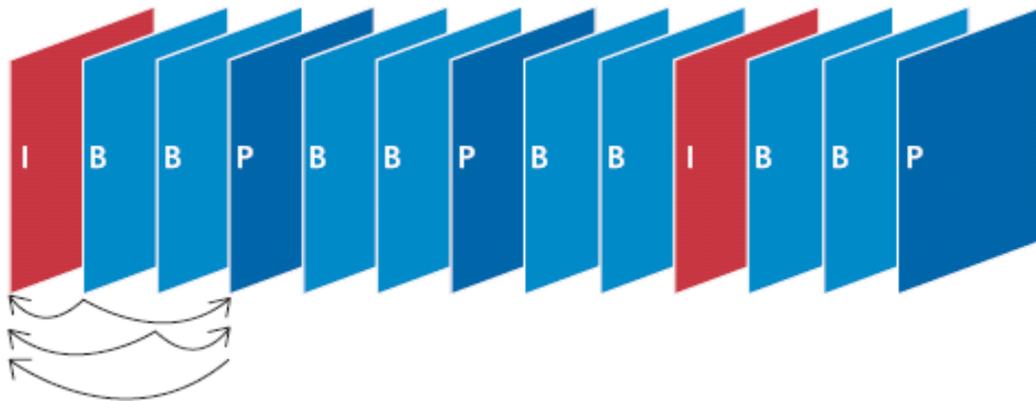
Anexo 1. Relación entre el valor máximo de una señal y el ruido de cuantificación (PSNR) (17)



Anexo 2. Particiones de macrobloques y sub macrobloques (18)



Anexo 3. Estructura de un GOP. (19)



Anexo 4. Formato de cabecera de la secuencia de video codificada (16)

Sequence header.													
Sequence_header_code	Horizontal_size_value	Vertical_size_value	Aspect_ratio_information	Frame_rate_code	Bit_rate_value	Marker_bit	vbv_buffer_size_value	Constrained_parameters_flag	Load_intra_quantiser_matrix	Intra_quantiser_matrix [64]	Load_non_intra_quantiser_matri x	Non_intra_quantiser_matrix [64]	...
32 bits	12 bits	12 bits	4 bits	4 bits	18 bits	1 bits	10 bits	1 bits	1 bits	8*64	1 bits	8*64	bits

Anexo 5. Listado de Expertos que colaboraron en la validación de la propuesta

Expertos	E-mail
María Luisa Herrera Corbelle	marialuisa@uci.cu
Orestes Rodríguez Morales	orestes@uci.cu

Ramón Torres Méndez	<u>rtorresm@uci.cu</u>
Serguei Guerra Fernández	<u>sgfernandez@uci.cu</u>
Omar Alexander Guzmán Obregón	<u>omaralexander@uci.cu</u>
Osmany Daniel Blanco Almeida	<u>osmanydb@uci.cu</u>
Rodney del Valle Torres	<u>rodneyvt@uci.cu</u>

Anexo 6. Encuesta de autovaloración

Compañero (a):

En la ejecución de la presente tesis, deseamos someter a la valoración de un grupo de expertos, la propuesta de “Parámetros para medir la calidad de video en redes de IPTV (Televisión por el Protocolo de Internet) utilizando como estándar de codificación el MPEG-4 parte 10/H.264”. Para ello, necesitamos conocer el grado de dominio que Ud. posee de la tecnología IPTV y de los parámetros necesarios para garantizar la calidad de video en esta tecnología. Con este fin deseamos que responda lo que se le pide a continuación.

Nombre y apellidos: _____

Centro de trabajo: _____

Labor que realiza: _____

Años de experiencia: _____ Especialidad: _____

Categoría docente: _____ Categoría científica: _____

País: _____

1.- Marque con una cruz (X) el grado de conocimiento que Ud. tiene sobre la temática que se investiga:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

2.- Marque con una cruz (X) las fuentes que le han servido para argumentar el conocimiento que tiene Ud. de la temática que se investiga. Resalte con otro color la que más ha influido en Ud.

No.	Fuentes de argumentación	Grado de influencia		
		Alto	Medio	Bajo

1.-	Análisis realizado por Ud.			
2.-	Experiencia.			
3.-	Trabajos de autores nacionales.			
4.-	Trabajos de autores extranjeros.			
5.-	Su propio conocimiento del tema.			
6.-	Su intuición.			

Anexo 7. Encuesta a expertos

Compañero (a):

La presente tesis tiene como objetivo principal proponer un conjunto de parámetros que permitan medir la calidad de video en redes de IPTV (Televisión por el Protocolo de Internet) codificado en MPEG-4 parte 10/H.264. Se necesita conocer criterios sobre este importante tema, dada las condiciones de las nuevas tecnologías, y con vista al establecimiento de mejoras en la calidad de la transmisión.

1. Para garantizar la calidad del video se proponen los siguientes parámetros. Valore el grado de factibilidad de los mismos de acuerdo a la siguiente escala.

MA-Muy Adecuado

BA-Bastante Adecuado

A-Adecuado

PA-Poco Adecuado

NA-No adecuado

No.	Parámetros	Factibilidad
1	Latencia o retardo	
2	Jitter	

3	Pérdida de paquetes	
4	Perfil	
5	Nivel	
6	Formato de Cromaticidad	
7	Tamaño de las imágenes	
8	Número de cuadros por segundo	
9	Razón de aspecto	
10	Razón de compresión	

a) Si lo considera necesario proponga otros parámetros y sus valores.

2. A continuación se mencionan los diferentes parámetros propuestos para medir la calidad de video teniendo en cuenta el tipo de servicio y sus valores umbrales. Estos valores son los adecuados para garantizar la calidad requerida. En caso de considerarlos **PA** o **NA** proponga un valor.

Para la televisión estándar (SDTV):

No.	Parámetros	Valor	Factibilidad	Valor recomendado
11	Latencia o retardo	<200 ms		
12	Jitter	<50 ms		

13	Pérdida de paquetes	<6/horas		
14	Perfil	Principal		
15	Nivel	3		
16	Formato de Cromaticidad y Luminancia	4:2:0		
17	Tamaño de las imágenes	720 x 480 pixel		
18	Número de cuadros /seg	30		
19	Razón de aspecto	4:3		
20	Razón de compresión	2		

Para la alta definición (HDTV):

No.	Parámetros	Valor	Factibilidad	Valor recomendado
21	Latencia o retardo	<100 ms		
22	Jitter	< 40 ms		
23	Pérdida de paquetes	<4/horas		
24	Perfil	Alto		
25	Nivel	4		
26	Formato de Cromaticidad y Luminancia	4:2:0		
27	Tamaño de las imágenes	1408 x 1152		

		pixel		
28	Número de cuadros/seg	30		
29	Razón de aspecto	16:9		
30	Razón de compresión	4		

3. Enumere del 1 al 10 los siguientes parámetros según la importancia que usted le concede, siendo el 10 el más importante.

Parámetros	Importancia
Latencia o retardo	
Jitter	
Pérdida de paquetes	
Perfil	
Nivel	
Formato de Cromaticidad	
Tamaño de las imágenes	
Número de cuadros/seg	
Razón de aspecto	
Razón de compresión	

4. Exprese otros criterios o recomendaciones que pudieran servir para garantizar la calidad de video con los parámetros propuestos.

Gracias por su colaboración.