

## RECOMENDACIÓN UIT-R BT.1720\*

**Métodos de medición y clasificación de la calidad del servicio de los servicios de radiodifusión de vídeo digital a través de redes de protocolo Internet de banda ancha**

(Cuestión UIT-R 100/6)

(2005)

**Cometido**

La presente Recomendación especifica los requisitos de calidad de funcionamiento y los métodos de medición objetiva de la calidad del servicio (QoS) aplicables a la distribución de servicios de radiodifusión de vídeo digital a través de redes protocolo Internet de banda ancha. Los requisitos de calidad de funcionamiento especificados se basan en una clasificación de la QoS IP a diversos niveles, que van desde «excelente» a «fuera de servicio». Estos requisitos se fundamentan en la medición objetiva de extremo a extremo de los valores de unos pocos parámetros en las secuencias IP transmitidas, que se lleva a cabo en los equipos de las instalaciones del cliente y se devuelven al extremo emisor. Los métodos y parámetros de medición objetiva recomendados influyen en la QoS que recibe el usuario.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que se está produciendo un amplio desarrollo de los sistemas de televisión mediante la radiodifusión y otros medios y que con su desarrollo se dispone de nuevos niveles de calidad potencial de la imagen;
- b) que con el desarrollo de nuevas tecnologías de transmisión de imágenes de televisión mediante radiodifusión y otros medios pueden elegirse parámetros del sistema de televisión sobre la base de compromisos entre la calidad de la imagen y el coste de la transmisión y presentación de éstas;
- c) que para la definición de los requisitos de los sistemas de televisión y las diversas secciones que componen la cadena de suministro del servicio, el nivel potencial de la calidad de la imagen que deben dar estos sistemas es un elemento importante;
- d) que la Norma MPEG-2 de la ISO/CEI especifica los mecanismos de codificación y transporte para audio, vídeo y datos conexos, y es la adoptada para los servicios de vídeo digital,

*considerando además*

- a) que los servicios de televisión digital han comenzado a distribuirse en redes IP de banda ancha mediante tecnologías y protocolos multidifusión IP (la distribución multidifusión IP es análoga a las técnicas de radiodifusión en la transmisión radioeléctrica);
- b) que en una red IP los servicios de televisión interactivos, por ejemplo vídeo a la carta (VoD), corresponden normalmente a un método de distribución de contenido unidifusión y ya se ofrecen al usuario final;

---

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 9 del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones.

c) que en una red IP los receptores de vídeo decodifican los canales de televisión emitidos por IP y los presentan en la pantalla del televisor,

*observando*

1 que la tasa de pérdida de paquetes, la latencia y la fluctuación son requisitos cruciales del transporte IP para evaluar la calidad de funcionamiento de la red IP de extremo a extremo,

*recomienda*

1 que los métodos de medición de la calidad de servicio (QoS) de los servicios de radiodifusión de televisión digital emitidos a través de una red IP de banda ancha se adapten a las características concretas de los servicios de transporte ofrecidos por una red de comunicaciones IP;

2 que para los servicios de vídeo, se midan y se empleen los requisitos del *observando* 1 para la calidad de funcionamiento de la red IP de extremo a extremo, como se indica en el Anexo 1;

3 que las mediciones de extremo a extremo se hagan en las secuencias de vídeo después de haber eliminado la estructura de empaquetado IP, como se describe en el Anexo 2;

4 que se mida la QoS de extremo a extremo, a fin de lograr una buena aproximación a la calidad ofrecida al usuario final, teniendo en cuenta los efectos de la red IP en las secuencias de vídeo; en el Anexo 3 se muestra un modelo de medición del sistema de una cadena de transmisión IP de servicios de televisión.

## Anexo 1

### Capa IP

#### 1 IP - requisitos de transporte

Las redes IP constan de múltiples tramos, pueden ser complejas y normalmente emplean diferentes tecnologías de transmisión a lo largo de los trayectos de red. Para la pila del protocolo de control de transmisión/protocolo Internet (TCP/IP) todo esto son capas «inferiores a la capa 3».

Gracias a las mediciones y a los parámetros de calidad en la capa IP, es posible definir valores de referencia para los requisitos de red que son independientes de las tecnologías de transmisión subyacentes y resultan convenientes para evaluar la calidad de extremo a extremo.

El ruido introducido en una red de paquetes IP se describe mediante los siguientes parámetros:

- *Tasa de pérdida de paquetes (PLR, packet loss ratio)*: Relación entre el número de paquetes perdidos en la red y el número total de paquetes transmitidos<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> De acuerdo con el esquema de medición y la metodología propuesta en esta Recomendación, el número total de paquetes perdidos en el parámetro PLR es la suma de paquetes perdidos IP (IP *packet loss ratio* (IPLR)) y paquetes con error IP (IP *packets error ratio* (IPER)), como define la Recomendación UIT-T Y.1541. Una definición más completa de este parámetro aparece en la Recomendación UIT-T G.1020 donde el § 7.7.1 se refiere a la «pérdida (trama/paquetes) general (incluido en red y destino)» para tramas o paquetes. Como el encabezamiento de la medición se encuentra en la parte superior de la capa de transporte, si para un paquete IP la suma de verificación del IP del protocolo de datagramas de usuario (UDP) falla, este paquete no estará presente en la capa de medición (o *real time protocol* (RTP)).

- *Latencia*: Intervalo de tiempo que transcurre entre la transmisión inicial y la recepción final de un paquete.
- *Fluctuación*: Variación de la latencia.

La calidad de las secuencias de vídeo impone un valor mínimo de los requisitos de caudal en sentido descendente; los requisitos del caudal de extremo a extremo en sentido ascendente dependerán del grado de interactividad de la aplicación.

Este Anexo 1 no garantiza que la clasificación que proporciona sea suficiente para evaluar la calidad percibida de una radiodifusión de TV a través del sistema IP, ya que el comportamiento de la red de extremo a extremo IP se mide antes de que se aplique la corrección de errores en recepción (FEC).

## **2 Clase de servicio IP de emisión de secuencias de vídeo**

Los servicios de vídeo, tales como VoD o servicios de televisión, se clasifican también como servicios de emisión de secuencias. En los entornos de televisión de alta definición los requisitos de alto nivel son los siguientes:

- buena calidad de audio/vídeo;
- gran disponibilidad;
- interactividad media.

Estos requisitos de alto nivel se han de convertir en valores de los requisitos de transporte para una red IP.

Como se indica en el Anexo 3, es el extremo emisor el que ha de introducir en la red contenido de buena calidad, de acuerdo con la máxima anchura de banda de extremo a extremo y la velocidad de paquetes disponible para los servicios de vídeo. La pérdida de paquetes reduce la calidad del vídeo.

Para preservar una buena calidad de la imagen es indispensable que el valor de la tasa de pérdida de paquetes sea pequeño.

## **3 Mediciones de transporte IP**

La red IP no debe saber si la señal de vídeo, o cualquier capa superior, emplea FEC o cualquier otra técnica de corrección de errores, y sólo debe garantizar que la calidad de funcionamiento sea la necesaria antes de que se apliquen técnicas de corrección de errores en capas superiores.

### **3.1 Parámetros**

El Cuadro 1 contiene los parámetros de medición de la red IP. Todas las mediciones se realizan desde el punto B al punto C en el modelo de medición del sistema descrito en el Anexo 3.

CUADRO 1

Parámetro	Equipo	Motivación	Método de supervisión
PLR	Equipo en las instalaciones del cliente (CPE, <i>customer premises equipment</i> ) decodificador de salón (STB, <i>set top box</i> )	Calidad de la imagen, estimación de la pérdida de información de vídeo	Durante el servicio o mediante secuencias de prueba con (RTP/RTCP) o números de secuencia en la cabecera de los paquetes  Resumen periódico de la PLR: Informes cada minuto  La medición de la PLR exige el análisis de un número de paquetes al menos diez veces mayor que el correspondiente al valor de la PLR deseado  Esto determina la velocidad a la que se puede informar de la PLR
Latencia de la red	Sonda de prueba en el lado usuario, dentro del CPE (STB) o lo más próximo posible al enlace de acceso del usuario	Reproducción fluida	Secuencia de prueba
Fluctuación	CPE (STB)	Reproducción fluida	Durante el servicio o mediante secuencias de prueba con la RTP/RTCP o sellos de tiempo en la cabecera de los paquetes
Caudal en sentido descendente	CPE (STB)	Clasificación del servicio, supervisión	Señal de prueba representativa del caso más desfavorable de codificación, prueba de caudal
Caudal en sentido ascendente	CPE (STB)	Clasificación del servicio, supervisión	Prueba de caudal

### 3.2 Valores

Antes de dar los valores de referencia para los requisitos de transporte, es importante observar que en la arquitectura de entrega de servicios de vídeo se emplea una memoria intermedia en el extremo del CPE (STB) para eliminar (hasta cierto punto) la fluctuación introducida por la red y lograr así una reproducción continua de los cuadros de vídeo.

A continuación se indican los valores que han de lograrse en la red y se explican los motivos de ello.

#### 3.2.1 Valor de la PLR

Es preferible especificar un valor de la PLR que sea «independiente del códec» y sirva para el caso más desfavorable.

El valor de la PLR necesario para garantizar la entrega perfecta de servicios de vídeo por una red IP es de  $10^{-5}$ .

Este requisito de PLR es notablemente más restrictivo que los objetivos IPRL actualmente especificados en la Recomendación UIT-T Y.1541<sup>2</sup>.

Este valor puede parecer un requisito restrictivo. Se ha hecho una estimación aproximada teniendo en cuenta que posiblemente el usuario se dará cuenta de toda pérdida de información de vídeo.

El resultado real de pérdida de paquetes es impredecible, dado que depende del tipo de cuadro erróneo o de la parte del cuadro que falta en el decodificador (fondo, primer plano, espacial, temporal, etc.). El grado de recuperación de la señal cuando se produce una cierta pérdida depende de la potencia del propio códec. Por último, el tipo de escena que se reproduce (imagen fija, en movimiento, etc.) también influye sobremanera en la posibilidad de que el usuario perciba una degradación de la señal de vídeo.

Para reducir aún más la proporción de bits erróneos (BER) que ofrece el decodificador de vídeo, pueden aplicarse técnicas de corrección de errores típicas a las secuencias de vídeo.

### 3.2.2 Latencia y fluctuación

Los valores de latencia y fluctuación pueden variar en función de las características concretas del servicio multimedios, por ejemplo la interactividad, y de acuerdo con el tamaño de la memoria antifluctuación y del retardo de reproducción del CPE (STB).

Por ejemplo, en los servicios de emisión de secuencias de vídeo de gran calidad pueden tolerarse latencias del orden de cientos de milisegundos y fluctuaciones del orden de decenas de milisegundos.

Cabe reconocer que la definición de los valores objetivo para la fluctuación y la latencia necesita más estudio, aun teniendo en cuenta la diferente evolución de la interactividad de las aplicaciones, tales como videoconferencia, que tendrá repercusión en el tradicional servicio de televisión fundamentalmente unidireccional.

## 4 Disponibilidad del servicio de extremo a extremo IP

La disponibilidad del servicio de vídeo depende de todos los elementos que controla el operador y que atañen a la distribución del servicio de vídeo, desde el dispositivo de red más próximo a la fuente de vídeo hasta el dispositivo de acceso más próximo al usuario.

Puede definirse una función de disponibilidad de los servicios de emisión de secuencias vídeo utilizando la clasificación de la disponibilidad del servicio IP indicada en la Recomendación UIT-T Y.1540: Si  $PLR > PLR_{out}$ , el servicio puede considerarse no disponible.

Se propone un valor para  $PLR_{out}$  de  $0,01^3$ .

## 5 Clasificación de los servicios de red IP

En relación con los servicios vídeo, la calidad de funcionamiento de una red IP puede clasificarse según el valor de la PLR ofrecida al usuario. La PLR debe medirse entre los puntos B y C del modelo de medición del sistema descrito en el Anexo 3.

---

<sup>2</sup> Existen planes para soportar el transporte de vídeo digital con unas nuevas clases de QoS con valores de  $IPLR < 10^{-5}$ .

<sup>3</sup> Este valor se refiere a un sistema donde no se utiliza FEC; en el futuro otros estudios que definan el esquema FEC pueden dar lugar a la definición de un valor distinto para  $PLR_{out}$ .

NOTA 1 – En relación con la transmisión de servicios de vídeo, la inclusión del efecto de latencia y fluctuación a efectos de clasificación de las redes IP, así como la evaluación del impacto de la definición de un sistema FEC, deben ser objeto de más estudios.

## Apéndice 1 al Anexo 1

### Ejemplo de una clasificación de servicio de red IP

Este Apéndice proporciona un ejemplo de una clasificación de servicio de red IP.

A continuación figura la clasificación utilizada para los servicios de televisión digital:

$PLR \leq 10^{-5}$	calidad de servicio excelente (ESQ)
$PLR < 2 \times 10^{-4} - 10^{-5} >$	calidad de servicio media (ISQ)
$PLR < PLR\_out - 2 \times 10^{-4} >$	calidad de servicio deficiente (PSQ)
$PLR < PLR\_out - 1 >$	servicio IP de extremo a extremo no disponible.

El Cuadro 2 muestra las clases de servicio de la capa IP relacionadas con la QoS percibida por el usuario. La calidad de la imagen también depende de la codificación (velocidad binaria, tamaño de la imagen, método de reactualización interna, etc.) y de los parámetros de transmisión (tamaño del paquete, FEC, etc.).

El intervalo de evaluación para una disponibilidad de servicio de extremo a extremo es de 1 a 5 min.

La clasificación del servicio de red se basa en un intervalo de evaluación de 30 min.

La calidad de funcionamiento de extremo a extremo de una red IP puede calcularse sumando los intervalos de tiempo en los que el valor de la PLR medida estaba entre los umbrales anteriores durante el intervalo de tiempo considerado, como se muestra en el siguiente ejemplo:

CUADRO 2

Clase	Tiempo ESQ %	Tiempo ISQ %	Tiempo PSQ %	Nota
A	$\geq 99,8$	entre 0 y 0,2	entre 0 y 0,1	Se calcula durante el servicio
B	$\geq 99,8$	entre 0 y 0,1	entre 0,1 y 0,2	Se calcula durante el servicio
D	$< 99,8$	–	–	Se calcula durante el servicio

En este ejemplo no se incluye el tiempo durante el cual el servicio no está disponible de extremo a extremo.

## Anexo 2

### Mediciones de extremo a extremo

En una red IP, cada CPE (STB) puede comportarse como un punto extremo de medición. Esto ofrece la inestimable oportunidad de tener una sonda de medición en cada CPE de vídeo instalado. Las mediciones y la supervisión realizadas en el CPE son las más próximas a la percepción real del servicio que experimenta el usuario.

La utilización de un CPE como sonda de medición plantea el problema de que el CPE no está bajo el control físico del operador de red y, por tanto, las mediciones pueden verse afectadas por el equipo de usuario (el cable no está bien enchufado, problemas de cableado vertical o uso inadecuado de la red doméstica). El STB debe tener la capacidad de dar información adicional sobre la calidad de la señal de vídeo que se está decodificando; dos indicadores importantes de la disponibilidad del servicio y de la calidad de funcionamiento general son el desbordamiento de la memoria del receptor y la velocidad de cuadro. Las mediciones en el CPE deben emplearse para:

- medir la calidad de funcionamiento de la red IP de extremo a extremo;
- medir la calidad de funcionamiento a cualquier nivel jerárquico o punto de agregación mediante el análisis estadístico y el procesamiento de datos que explota la correlación entre los datos;
- estimar la calidad de vídeo ofrecida al usuario final del servicio;
- realizar sesiones de prueba especializadas empleando para ello señales de prueba para clasificación y diagnóstico de problemas.

Por ejemplo, algunos operadores de redes realizan mediciones de extremo a extremo en todos los STB (decodificadores de salón) de su red residencial a fin de evaluar de extremo a extremo la calidad del servicio vídeo y la calidad de funcionamiento de la red; los STB contestan periódicamente con informes sobre la velocidad de cuadro y la pérdida de paquetes a fin de conocer continuamente la calidad del servicio en funcionamiento.

#### 1 Mediciones del receptor de vídeo

En el Cuadro 3 se muestran los parámetros que deben medirse en los receptores de vídeo para estimar la calidad de vídeo, como se describe en el modelo de medición del sistema.

Estas mediciones pueden emplearse para todos los tipos de evaluación antes indicados.

CUADRO 3

Parámetro	Valor	Equipo	Objetivo	Método de supervisión	Trayecto de medición <sup>(1)</sup>
Velocidad de cuadro de vídeo	Según las normas de vídeo	STB	Calidad de la imagen	Durante el servicio mediante métodos que dependen del códec. Muestreo	De A a D
Memoria intermedia infrautilizada	No aplicable	STB	Calidad de la imagen, reproducción fluida	Durante el servicio, mientras se reproduce vídeo. Muestreo. Mide sucesos de infrautilización y porcentaje de tiempo de servicio gastado por el STB en un estado de «infrautilización».	D
Desbordamiento de memoria intermedia	No aplicable	STB	Calidad de la imagen, reproducción fluida	Durante el servicio mientras se reproduce vídeo. Muestreo. Mide sucesos de infrautilización y porcentaje de tiempo de servicio gastado por el STB en un estado de «desbordamiento»	D
Parámetros específicos de la codificación	No aplicable	STB	Calidad de la imagen y del servicio	Durante el servicio, mientras se reproduce vídeo. Muestreo	No aplicable

<sup>(1)</sup> Véase la Fig. 2.

NOTA 1 – Deben realizarse más estudios sobre los parámetros de calidad de vídeo que puede devolver el decodificador STB y que pueden ayudar a evaluar de manera más adecuada el proceso de reproducción de vídeo que tiene lugar en el decodificador.

## 2 Análisis de la velocidad de cuadro

La velocidad de cuadro varía según la norma de televisión.

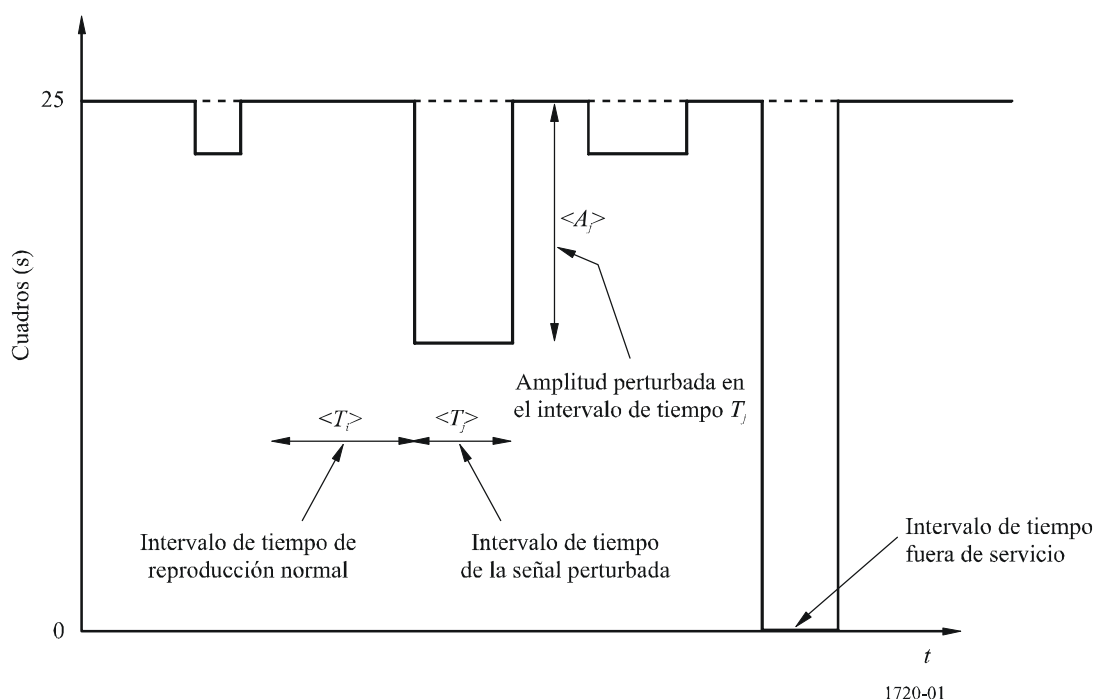
La salida del decodificador generará exactamente la velocidad de cuadro original, salvo si se pierde información de vídeo.

La medición de la velocidad de cuadro a la salida del decodificador da una buena estimación de la continuidad del servicio.

La Fig. 1 muestra, como ejemplo de una secuencia de vídeo de 25 cuadros/s, la información que puede obtenerse mediante un análisis de la velocidad de cuadro:



FIGURA 1  
Análisis de la velocidad de cuadro



## Anexo 3

### Modelo de medición del sistema

La forma más sencilla del modelo de distribución de servicios de televisión en una red IP consta de tres partes:

- *El extremo emisor*: Formado por todos los dispositivos y aplicaciones necesarios para generar las señales de vídeo que se envían por la red.
- *La red de transporte*: Que se encarga de transportar la señal de vídeo hasta los CPE del usuario final.
- *El CPE*: Que es el punto extremo IP (normalmente un STB) que decodifica la señal de vídeo y la proyecta en un aparato de televisión conectado normalmente al mismo.

Es necesario establecer acuerdos de nivel del servicio (SLA, *service level agreement*) para el transporte de secuencias de vídeo entre el extremo emisor y la red de transporte (en particular, entre el suministrador del servicio y el operador de red, si no es el mismo).

Pueden suministrarse audio, vídeo, datos y servicios interactivos por la red de transporte IP si el extremo emisor y los STB cumplen las condiciones necesarias. Todos los servicios y normas son compatibles con la pila TCP/IP; se ha de garantizar que la red IP tiene el nivel de calidad de funcionamiento necesario y han de proporcionarse puntos de prueba en los que se pueda medir dicha calidad. En esta Recomendación se considera que la calidad de la señal de vídeo de entrada que se transmite por la red IP está bajo el control y la responsabilidad del extremo emisor.

El extremo emisor debe introducir las secuencias de vídeo en la red, de conformidad con las reglas de transporte correspondientes a la red IP. Estas reglas deben definir:

- la máxima velocidad de paquetes por secuencia;
- el máximo número de secuencias soportable;

- la máxima anchura de banda por secuencia (o la velocidad de paquetes para un determinado tamaño de paquete);
- el protocolo de transporte que ha de emplearse;
- el tamaño del cuadro (capa de transporte);
- el tamaño del paquete;
- la separación entre paquetes permitida;
- el máximo tamaño de ráfaga.

Por su parte, la red IP debe garantizar el cumplimiento del nivel de servicio acordado para la entrega de secuencias de vídeo a los usuarios finales.

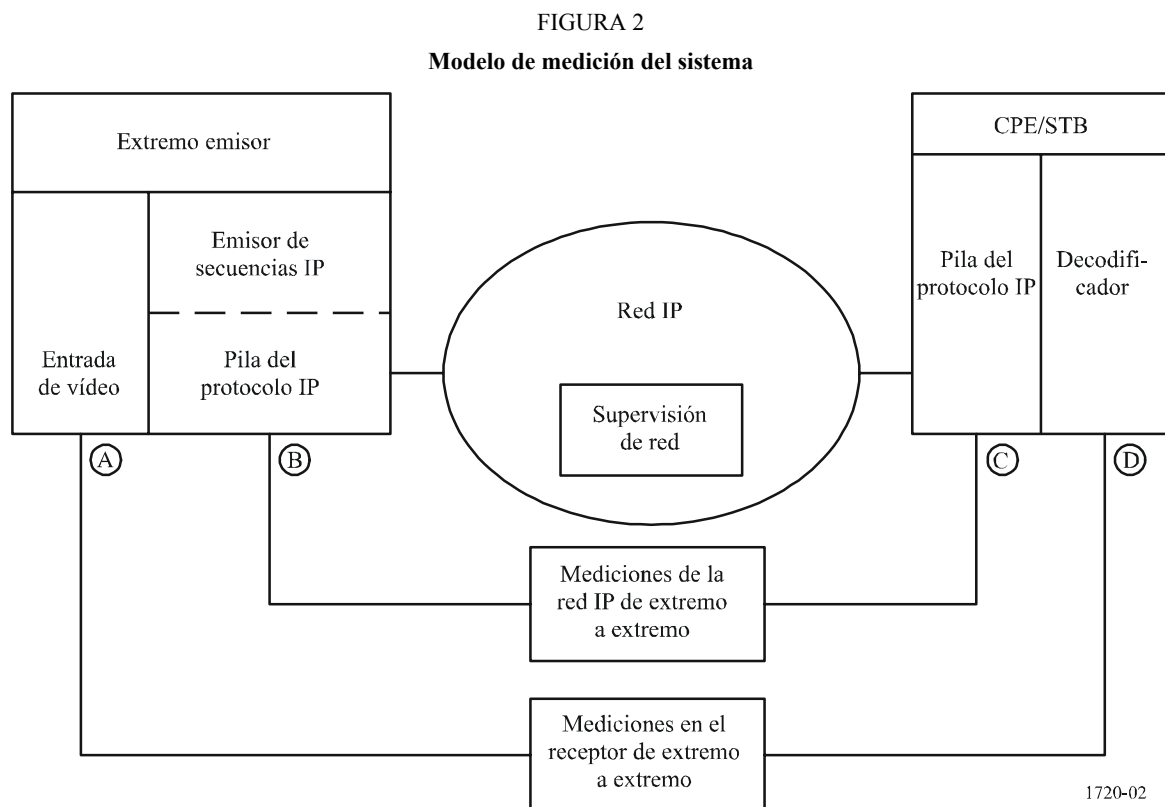
En una red IP, los VoD están, por lo general, relacionados con los métodos de distribución unidifusión de contenido, mientras que los servicios de televisión se distribuyen mediante protocolos basados en la multidifusión IP.

El protocolo de transporte IP empleado para la distribución unidifusión puede ser el UDP o el TCP, mientras que la distribución multidifusión se transporta por encima del UDP.

La determinación del nivel de servicio debe basarse en las mediciones de extremo a extremo, que han de facilitar información sobre:

- la calidad que se ofrece al usuario;
- los efectos de la red IP en la señal de vídeo.

En la Fig. 2 se muestra el modelo de medición del sistema que resume este enfoque.



Los puntos de referencia A, B, C y D se describen como sigue:

Punto de referencia	Descripción
A	Codificador de vídeo
B	Capa IP en el extremo emisor (datos IP sin procesar)
C	Capa IP en el CPE (datos IP sin procesar)
D	Decodificador de vídeo

### Glosario

BER:	Proporción de bits erróneos
CPE:	Equipo en las instalaciones del cliente ( <i>customer premises equipment</i> )
FEC:	Corrección de errores en recepción
IPER:	Tasa de paquetes con error IP
IPLR:	Tasa de pérdida de paquetes IP
MPEG:	Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento ( <i>Moving Picture Experts Group</i> )
PLR:	Tasa de pérdida de paquetes ( <i>packet loss ratio</i> )
QoS:	Calidad del servicio
RTCP:	Protocolo de control en tiempo real ( <i>real-time control protocol</i> )
RTP:	Protocolo en tiempo real ( <i>real-time protocol</i> )
SLA:	Acuerdo de nivel de servicio ( <i>service level agreement</i> )
STB:	Decodificador de salón ( <i>set top box</i> )
TCP/IP:	Protocolo de control de transmisión/protocolo Internet ( <i>transmission control protocol/Internet protocol</i> )
UDP:	Protocolo de datagramas de usuario ( <i>user datagram protocol</i> )
VoD:	Vídeo a la carta ( <i>video-on-demand</i> )

### Referencias Bibliográficas

Recomendación UIT-T G.1020 (referencia informativa)

Recomendación UIT-T Y.1540 (referencia normativa)

Recomendación UIT-T Y.1541 (referencia normativa)

---