

*Sexta Conferencia de Directores de Tecnología de Información, TICAL 2016  
Gestión de las TICs para la Investigación y la Colaboración  
Buenos Aires, 13 al 15 de septiembre de 2016*

## **Experiencia en la transmisión por videoconferencia de aplicaciones médicas de alta definición utilizando la Red Nacional de Investigación y Educación (RNIE) Mexicana**

José Luis Rodríguez Valdez, Arturo González Román, Norberto Montalvo García

Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet A.C (CUDI).  
Centro de Operaciones de Videoconferencia (VNOC CUDI)  
Circuito Exterior. S/N. Ciudad Universitaria, Ciudad de México  
[luisfca@unam.mx](mailto:luisfca@unam.mx), [agroman@unam.mx](mailto:agroman@unam.mx), [norberto@unam.mx](mailto:norberto@unam.mx)

**Resumen.** El presente trabajo comparte la experiencia de un caso de éxito en el uso de tecnologías y redes de telecomunicaciones para la capacitación de médicos en distintos países. La Asociación Mexicana de Endoscopia Gastrointestinal utilizó por primera vez la videoconferencia de alta definición y la infraestructura de las Redes Nacionales de Investigación y Educación de México, Estados Unidos, Japón y Corea para la transmisión en vivo de cirugías utilizando diferentes técnicas de endoscopia gastrointestinal en la detección temprana de cáncer. Este trabajo describe los estándares de comunicación y codificación de video y audio utilizados así como los requerimientos de las redes para poder transmitir en alta definición a través de sistemas de videoconferencia a los distintos sitios participantes. Además explica las pruebas realizadas, los problemas encontrados y las soluciones para su éxito.

**Palabras clave:** videoconferencia, alta definición, médicos, endoscopia, México, CUDI.

### **1 Introducción**

Hoy en día la videoconferencia en las educativas y de investigación en México, así como en muchas partes del mundo es una herramienta de comunicación audiovisual interactiva que entre sus principales bondades que tiene son las de reducir considerablemente costos en viajes y traslados para hacer reuniones mas productivas entre dos o mas personas. De forma genérica, es una tecnología que permite la comunicación simultánea entre 2 o mas interlocutores geográficamente dispersos mediante el intercambio de audio, vídeo y datos [1].

Existen diversas aplicaciones de la videoconferencia [1], sin duda una de las mas utilizadas es para la educación a distancia. Usualmente, las transmisiones que requieren de videoconferencia en cursos académicos son basadas en el equipo de videoconferencia conectado a pantallas o proyector, y algunos dispositivos adicionales como cámara de documentos, o computadora, como el mostrado en la siguiente figura.



**Fig. 1.** Sala de videoconferencia académica

Los sistemas de videoconferencia están clasificados de diferentes formas y depende de varios factores, tales como el número de participantes en la reunión y el tamaño de la sala o lugar de instalación. Comúnmente, son tres de tipos:

- Sistemas de videoconferencia personal o de escritorio
- Sistemas de videoconferencia de sala o de grupo
- Sistemas de videoconferencia para grandes auditorios



**Fig. 2.** Ejemplos de videoconferencia personal, grupal, y para auditorios [20].

Con los cambios de hardware y software en los últimos años en los sistemas de videoconferencia por parte de los fabricantes, se ha logrado mejorar sustantivamente la calidad de imagen y sonido de las transmisiones permitiendo calidades de alta definición (HD, por sus siglas en inglés). A pesar del uso constante de esta tecnología, no se ha utilizado toda su capacidad en redes académicas, muy probablemente por la falta de infraestructura y capacidad en las redes de datos. Uno de los propósitos del presente artículo es compartir la experiencia de los problemas y los aciertos que se tuvieron durante una transmisión por videoconferencia con calidad de alta definición de extremo a extremo. Los eventos de este artículo tienen lugar en instituciones médicas, descritas mas adelante, en los que se realizaron transmisiones bidireccionales a otras sedes receptoras como parte de cursos en los que se realizaron demostraciones de procedimientos gastrointestinales en vivo.

La Red Nacional de Investigación y Educación en México cuenta con 266 instituciones afiliadas que tienen a su disposición los servicios que brinda CUDI [13]. La Universidad Nacional Autónoma de México es una de los Asociados Académicos que colabora activamente en el diseño y operación de la infraestructura de telecomunicaciones para este tipo de proyectos en el que pueden participar instituciones nacionales e internacionales.

## 2 Necesidad de transmisión con la más alta calidad disponible

Desde el punto de vista académico, durante una conexión por videoconferencia se requiere una calidad estándar para lograr su cometido. Para ejemplificar este caso, el profesor esta enfrente de la cámara del equipo de videoconferencia, inicia su exposición dirigiéndose a su público y tiene una computadora a su lado para presentar diapositivas relativas al tema en cuestión. No se requiere de alta definición en estos casos, sino que la calidad del video sea el adecuado para tomar lectura de lo que se esta presentando como se muestra en la siguiente figura.



Fig. 3. Ejemplo de conexión en ambiente académico [20]

Por otra parte, el audio también debería de ser entendible, que no se corte o presente otros problemas que impidan la transmisión del sonido del ponente. Si no existe algún problema en el medio de transmisión o en la configuración del equipo la visualización de las láminas es fluida. El video en imágenes estáticas de texto, gráficas o imágenes, no presenta mayor problema para ser entendido correctamente. Aún y cuando tenga cierto retardo en formarse la imagen digital en pantalla, después de algunos milisegundos podría ser visualizada en cuanto se termine de formar la imagen en el monitor o pantalla. En algún momento, este sería uno de los peores casos en una transmisión de videoconferencia estable. Por el contrario, se puede presentar también la situación de que no sea posible establecer la comunicación o se tenga un enlace deficiente que no permita llevar a cabo una sesión interactiva.

Sin embargo, para el caso de transmisión de imágenes y video para casos médicos, fallas en el medio de transmisión o en el equipo de videoconferencia no puede suceder o se deben de minimizar de manera que sea factible una comunicación de la más alta calidad. De otra forma, la tecnología no estaría alcanzado su objetivo. Los participantes en un caso médico no están obligados a saber qué es lo que sucede detrás de una transmisión remota entre especialistas que están trabajando, con endoscopías, ultrasonidos, radiografías o algún otro estudio. Son los expertos en la tecnología de video quienes deben de aportar los elementos para el éxito de la conectividad, o en su caso indicar los factores por los que no se puede llevar a cabo una transmisión para apoyar estas aplicaciones. Un ejemplo del trabajo realizado por los doctores que trabajan con imagen digitales se muestra en la siguiente figura.

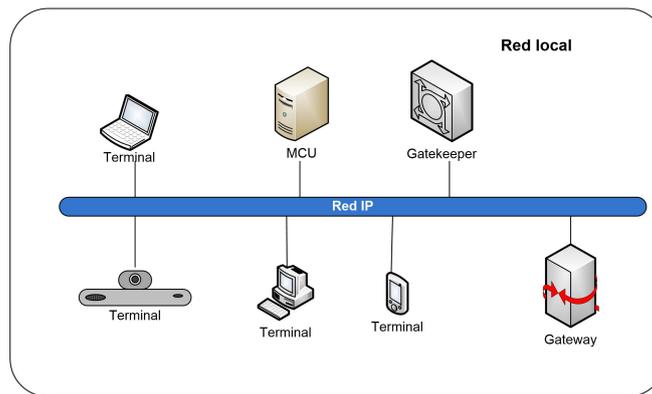


**Fig. 4.** Ejemplos de señales de equipo médico endoscópico [5]

En esta experiencia, se observó que los usuarios de las áreas de salud, tales como médicos, cirujanos, etc., son los más exigentes en cuanto a la calidad de las señales de video se refiere para el logro de sus objetivos. Muchos de los equipos de diagnóstico avanzado que son utilizados en hospitales, entregan señales de video en alta definición de manera local, y esas señales son las esperadas en el sitio remoto donde se va a tener la colaboración.

### 3 Estándares de comunicación y codificación

Uno de los estándares utilizados para servicios de videoconferencia profesional es el H.323 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, por sus siglas en inglés), el cuál define a los sistemas de comunicación multimedia basados en paquetes [6]. Los componentes principales de H.323 son las terminales o *códecs* de videoconferencia, las unidades de control multipunto (MCU), los *gateways*, y los *gatekeepers* [7]. Los tres primeros se consideran puntos extremos (*endpoints*), de manera que generan o finalizan flujos de información, pudiendo llamar o ser llamados.



**Fig. 5.** Componentes principales de una red H.323

Los sistemas con los que se realizaron las transmisiones en estos eventos fueron sistemas que operan en H.323 para poder marcar a través de direcciones H.323 o IP,

por ejemplo 200.23.60.22. Otro estándar que es utilizado en sistemas de videoconferencia es el SIP (*Session Initiation Protocol*), desarrollado por la *Internet Engineering Task Force* (IETF) [9] que brinda otras capacidades entre llamadas multimedia. Sin embargo este estándar difiere en la forma de marcación entre equipos al manejar direcciones tipo URI (*Uniform Resource Locator*), por ejemplo *alice@company.com*. En las redes académicas de México aún no está estandarizado el uso de SIP para servicios de comunicación en *códecs* de videoconferencia.

### 3.1 Estándares de codificación de video y audio

Para entender la operación interna de una conexión de videoconferencia, es necesario mencionar algunos conceptos relacionados. Uno de ellos son los estándares de video, denominados también *códecs* de video, básicamente son necesarios para comprimir estas señales. Es importante notar que una señal directa de una videocámara sin compresión requiere de al menos 25 Mbps (Mega bits por segundo) para transmitirse [8]. Aunque las redes actuales ofrecen capacidades de 100/1000 Mbps o más, la transmisión de video sin comprimir es de alto costo todavía.

Para referir a los conceptos de codificación del video hay que mencionar nuevamente el estándar H.323, el cual es realmente una sombrilla o conjunto de estándares que permiten las comunicaciones audiovisuales entre equipos. Dentro de esta familia de estándares, se encuentran los denominados *códecs* de video H.26x. Estos *códecs* deben de estar presentes en los equipos que se quieran comunicar para que puedan establecer efectivamente la transmisión del video. De manera general, los *códecs* principalmente utilizados en la industria de la videoconferencia son los siguientes [1]:

Codec	Descripción
H.261	<i>Codec</i> de video para servicios audiovisuales Px64. Soportado en conexiones de hasta 2 Mbps. Utilizado en los inicios de la videoconferencia.
H.262	Diseñado para codificación de video en entornos de alto ancho de banda y altas resoluciones. No ha sido empleado en videoconferencia.
H.263	Estándar de codificación de video a baja velocidad binaria. Supera a H.261, pero es inferior a H.264 en la codificación del video.
H.264	Estándar de codificación de video avanzada para servicios audiovisuales genéricos. Es el estándar utilizado en videoconferencias de alta definición.

**Tabla 1.** *Códecs* o estándares de codificación de video

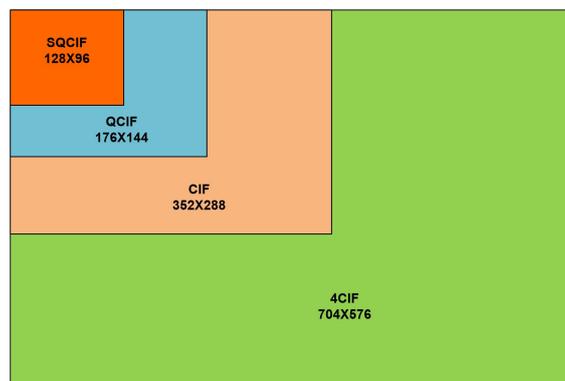
Para el caso del audio, también existen ciertos estándares o *códecs* utilizados para videoconferencia. Algunos de ellos son los desarrollados por la ITU G.711, G.722, G.723, G.728 y G.729. Estos estándares son usualmente para aplicaciones de voz. Aunque existen otros que ofrecen una mayor fidelidad, inclusive para aplicaciones musicales como el AAC-LD (*Advanced Audio Coding-Low Delay*) [2]. Este *códec* fue el utilizado en el caso aquí presentado.

Para el caso del video se tiene otra variable, los formatos de video que se manejan en diferentes partes del mundo. Estos son 3:

Formato	Descripción
NTSC	<i>National Television Systems Committee</i> , usado en Estados Unidos y Japón. Utiliza 525 líneas y 60 campos por segundo.
PAL	<i>Phase Alternate Line</i> , usado principalmente en Europa. Utiliza 625 líneas y 60 campos por segundo.
SECAM	<i>Sequentiel Couleur Avec Memoire</i> , usado en Francia y Rusia. Utiliza 625 líneas y 50 campos por segundo.

**Tabla 2.** Formatos de televisión

Para poder tener compatibilidad entre sistemas que utilizan diferente formato de video, se estandarizaron las resoluciones definiendo dos estructuras que trabajan en cualquiera de ellos CIF (*Common Intermediate Format*) y QCIF (*Quarter Common Intermediate Format*). De manera general, CIF es utilizado en equipos de videoconferencia grupales y QCIF en equipos personales o de menor tamaño de definición estándar (SD, por sus siglas en inglés).



**Fig. 6.** Comparativo gráfico de resoluciones CIF y QCIF.

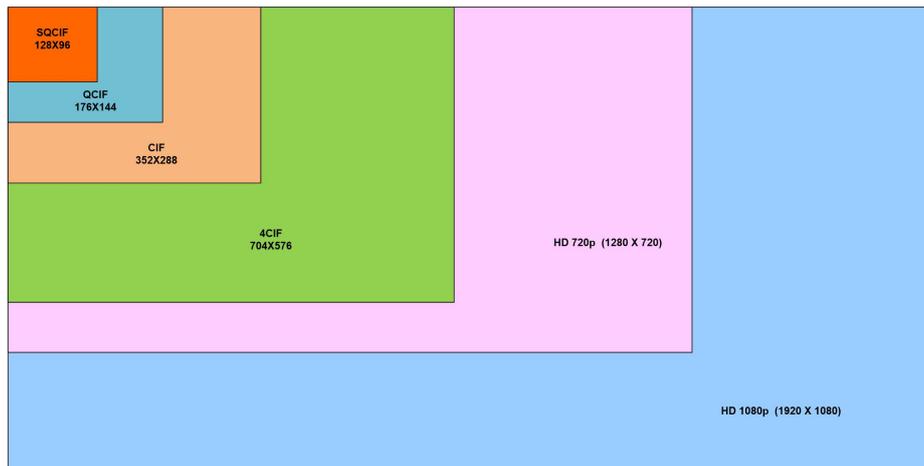
Por otro lado, para referirse a videoconferencia de alta definición es necesario referirse al formato de video de alta definición ITU-R BT.709 que especifica las características para las señales HD, su captura y transferencia. La norma de televisión de alta resolución (HDTV, por sus siglas en inglés) refiere Resolución horizontal x Resolución vertical + modo de tramas + velocidad de trama y define los siguientes estándares:

- 720p: 1280x720 progresivo, 60 tramas/s
- 1080i: 1920x1080 entrelazado, 30 tramas/s (60 campos/s)

- 1080p: 1920x1080 progresivo, 60 tramas/s

Para clarificar, 1080i se refiere a que el video es “interlazado” debido al proceso de formación del video. Este se realiza por líneas pares e impares, lo cual contribuye a la sensación de movimiento y reduce el parpadeo percibido o *flicker*. Para el caso de 1080p, el video es llamado de escaneo progresivo. En este proceso, los pixeles de video son dibujados línea tras línea, con lo que se logra que la imagen se vea mas nítida, particularmente en escenas con movimientos muy rápidos [17].

Un equipo que está preparado para HD debe de ser capaz de mostrar señales de HDTV, y se dice que tiene HD integrado si incluye un *códec* de HD. En el caso de 1080p (es decir, 1920x1080 pixeles, modo progresivo, 60 tramas/s), se denomina *full HD*. Es importante señalar que los equipos de videoconferencia alta definición en general utilizan 1080p en sus codecs de video. Los estándares NTSC y PAL/SECAM tienen una relación de aspecto 4:3 a diferencia de los HDTV que tienen la relación de aspecto de 16:9 como se ilustra en la siguiente figura:



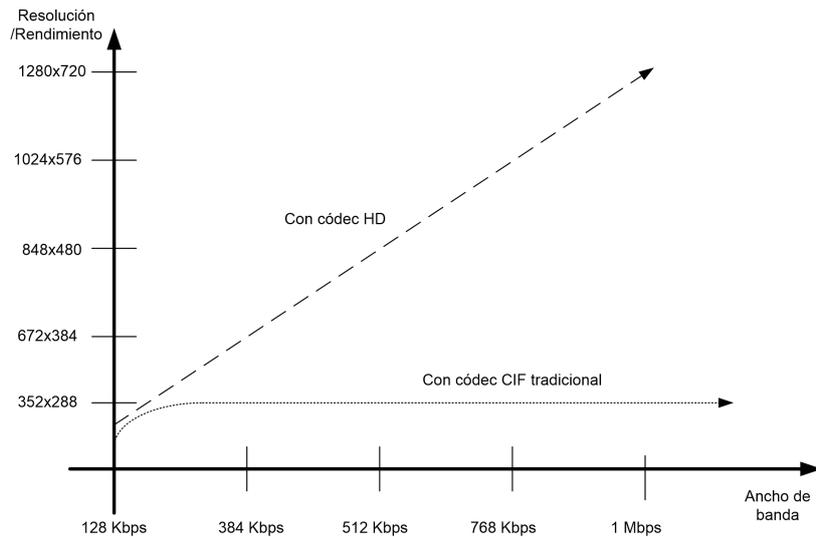
**Fig. 7.** Comparativo de resoluciones de definición estándar y alta definición.

### 3.2 Consideraciones de videoconferencia de alta definición

La calidad y nitidez del video radica en varios factores del medio de transmisión y del equipo de videoconferencia. Uno de ellos es el ancho de banda, el cual que mide la capacidad de transporte de un canal de comunicaciones [8], y es lo que se tiene disponible en una red de datos, medido en bits, Kilobits, Megabits, o Gigabits por segundo. Teóricamente, si se tiene mas ancho de banda en la red, se podría tener mayor calidad en una transmisión de video. Sin embargo, esto también dependerá del tipo de códec de video que se utilice o que se tenga disponible en un equipo.

Usualmente, en conexiones de videoconferencia de definición estándar, el ancho de banda requerido tradicionalmente es de 384 Kbps. De acuerdo con Javier Luque [1],

una conexión por videoconferencia basada CIF o de definición estándar no mejora la resolución de la imagen (no se gana nitidez) a mayor tasa de conexión, únicamente se consigue menor efecto de *pixelado* (imagen borrosa) como se puede mostrar en la siguiente gráfica:



**Fig. 8.** Aumento de tasa de transmisión utilizando *codecs* SD y HD.

De acuerdo a lo anterior, el ancho de banda disponible si repercute en la calidad de la imagen siempre y cuando se utilice equipos de videoconferencia con los *codecs* adecuados que permitan la transmisión en alta definición. Un códec HD permite mejorar la calidad del video en rendimiento y resolución a medida que se aumenta el ancho de banda en una llamada de videoconferencia.

La pregunta sería, cuánto ancho de banda es necesario para realizar una transmisión por videoconferencia en alta definición? De acuerdo con el fabricante Polycom [10], para la planeación una red de videoconferencia se deben considerar tasas adicionales al ancho de banda requerido que es el *overhead* del protocolo IP (*Internet Protocol*). En la siguiente tabla se muestran las tasas de transmisión requeridos para videoconferencia SD y HD en Ethernet:

Calidad	Tasa	Ethernet
Videoconferencia SD	192 Kbps	230 Kbps
	384 Kbps	460 Kbps
	512 Kbps	614 Kbps
	768 Kbps	920 Kbps
Videoconferencia HD	1024 Kbps	1.2 Mbps
	1472 Kbps	1.8 Mbps
	1920 Kbps	2.3 Mbps
	3840 Kbps	4.6 Mbps

	4096 Kbps	4.9 Mbps
--	-----------	----------

**Tabla 3.** Tasas de ancho de banda para videoconferencia

Es en esta parte del ahorro del ancho de banda donde juega un papel importante el códec de compresión utilizado. Una señal de 1080p sin comprimir es transmitida en aproximadamente 1.5 Gbps. El códec de video comprime la señal de video en casi el 99% de su totalidad en menos de 90 milisegundos. Es así como se logra que una señal en 720p utilice aproximadamente 2 Mbps y una de 1080p utilice 4 o 6 Mbps[2].

### 3.3 Consideraciones en el estado de la red para transmitir alta definición

Para poder brindar un servicio de videoconferencia en alta definición, es muy importante contar con diferentes aspectos, como audio, iluminación, video, etc.; que van muy de la mano con la calidad del enlace entre dos o mas equipos. Sin duda, un factor muy importante es el estado de la red de datos. Muchos de los aspectos de red no están bajo control del operador del equipo de videoconferencia. En este sentido, se debe de apoyar con el responsable del departamento de informática o TI (Tecnologías de la Información) para revisar cualquier eventualidad de sus instalaciones o gestionar algún cambio con el proveedor del servicio de Internet. Si no se tienen condiciones en la red, la conexión puede experimentar notables problemas como pixelado, congelamiento o pérdida de sincronización en el video, así como cortes en el audio que resultan en una experiencia frustrante para los participantes.

Aunque depende del fabricante y su tecnología para indicar los rangos aceptables para lograr una conexión de alta definición, generalmente se tienen 3 métricas de rendimiento de la red que hay que tener en cuenta para que la sesión funcione correctamente [11]:

Métrica	Descripción
Pérdida de paquetes ( <i>packet loss</i> )	Es la pérdida por paquetes durante una transmisión. Debe de ser menor o igual al 0.05%
<i>Jitter</i>	Es el retraso en la llegada de paquetes de un punto a otro. Debe de ser menor o igual a 10 ms (milisegundos)
Latencia ( <i>latency</i> )	Es la suma de retardos de paquetes en una red. Debe de ser menor o igual a 150 ms (milisegundos)

**Tabla 4.** Factores que impactan en una conexión de videoconferencia.

Como responsable de la operación de un equipo de videoconferencia, es importante identificar estas métricas en los paneles de control o menús de estadísticas que muestra el *códec* de videoconferencia e informarlas al responsable de TI. Lo anterior con la finalidad de esta persona o grupo de personas puedan dar seguimiento en caso de que se presente alguna contingencia.

Otro problema que afecta a la videoconferencia es el relacionado con la seguridad en la red. Muchas de las organizaciones utilizan sistemas de protección informática en sus redes conocidos como *firewalls*. Son diversos factores los que pueden afectar una conexión entre sistemas de videoconferencia que están entre firewall. Uno de ellos es

el uso de la función NAT (*Network Address Translation*) en los firewalls, la cual asigna direcciones IP privadas a los equipos dentro de su red, ocasionando que los equipos externos no puedan conectarse con los equipos que están en esa red [1]. Por lo anterior, para garantizar los enlaces de videoconferencia se solicitó que no existieran firewalls entre cada uno de los puntos a conectar.

#### 4 Requerimientos del servicio de alta definición

En el marco de la XLIII Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Endoscopia Gastrointestinal realizado en Septiembre de 2015, en la que se presentan actualidades de la especialidad entre médicos que practican procedimientos endoscópicos, se realizó la solicitud de una transmisión en alta definición (*Full HD 1080p*) a la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI), teniendo como una de las sedes emisoras el Instituto Nacional de Cancerología (INCAN) [3] en la Ciudad de México. Por otra parte la sede receptora fue el Centro de Exposiciones de Mazatlán (MIC, por sus siglas en inglés) [4], en el estado de Sinaloa, al noroeste de México en la que se esperaba una asistencia de unas 1,000 personas. La distancia estimada es de unos 880 Kilómetros entre ambas entidades.

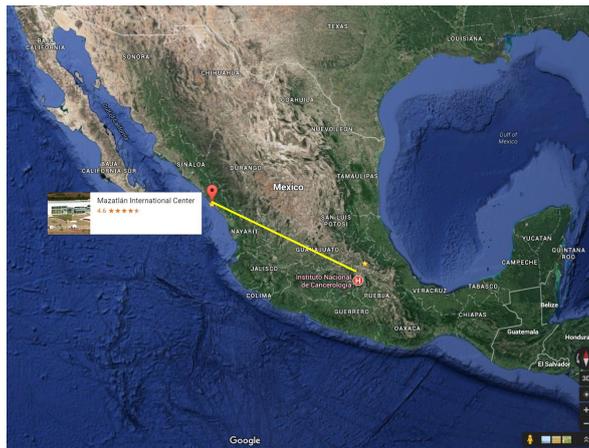


Fig. 9. Puntos de conexión por videoconferencia en México.

Lo anterior con la finalidad de realizar un curso a distancia con la condición de que las señales de extremo a extremo se recibieran con calidad de alta definición *full HD 1080p*. El contenido de este curso, como se mencionó al inicio de este documento, fue la transmisión de endoscopias en vivo en la que participaron médicos de diversos países y en donde mostraron sus técnicas en el uso de sistemas endoscópicos. Para la primera parte, la solicitud inicial fue una conexión punto a punto entre el INCAN y el MIC con interactividad audiovisual como parte fundamental en ambos puntos solicitados. Esto quiere decir que las personas en Ciudad de México deberían de poder enviar audio y video a Mazatlán, y a su vez, el auditorio en Mazatlán debería poder recibir audio y video, así como realizar preguntas y respuestas de un panel de

médicos situados en el estrado del auditorio como se muestra en la siguiente fotografía:



**Fig. 10.** Panorama general requerido en el auditorio del evento.

En una segunda etapa del curso, también se realizó una conexión por videoconferencia con instituciones médicas de Asia como la *ASAN Medical Center* de Corea y el Hospital *Kyushu* en Japón. Las actividades y la organización que hicieron posible este evento fueron coordinadas por un grupo de doctores en esta especialidad como el Dr. Miguel Angel Tanimoto del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán en México (INCMNSZ) [18], y el Dr. Shuji Shimizu del *Telemedicine Development Center of ASIA* (TEMDEC) [19]. Las conexiones de videoconferencia con las instituciones asiáticas fueron coordinadas por personal técnico de Japón y Corea representados por el Ing. Shunta Tomimatsu quien asistió al evento en México.

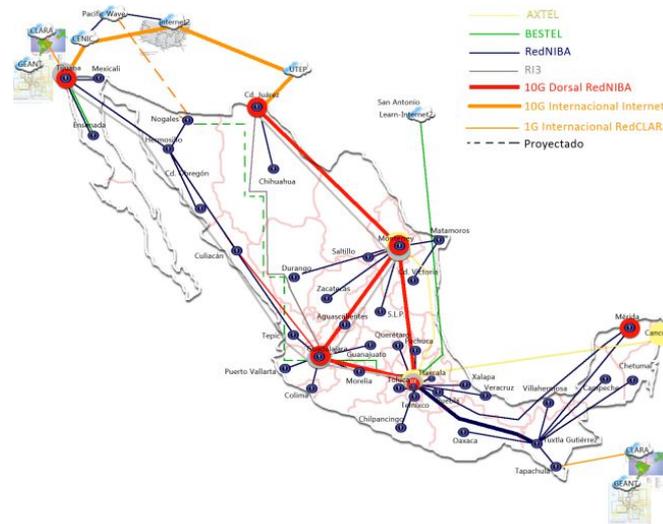
#### **4.1 Entidades tecnológicas involucradas**

*Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI)*. Es una asociación civil sin fines de lucro que gestiona la Red Nacional de Educación e Investigación (RNEI) en México para promover el desarrollo de nuestro país y aumentar la sinergia entre sus integrantes. CUDI es el organismo que busca impulsar el desarrollo de aplicaciones que utilicen esta red, fomentando la colaboración en proyectos de investigación y educación entre sus miembros [13].

*VNOC CUDI operado por la UNAM* a través del Departamento de Comunicaciones Audiovisuales y el Centro de Operaciones de Videoconferencia (VNOC) [14], de la *Dirección General de Tecnologías y de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad Nacional Autónoma de México (DGTIC – UNAM)* [15].

#### **4.2 Propuesta para los servicios de videoconferencia de alta definición**

Para realizar las primeras pruebas de transmisión, el Centro de Operaciones de la Red CUDI (NOC CUDI) fue el responsable de verificar y establecer los elementos de ruteo que permitieran un óptimo desempeño del servicio de videoconferencia. Como resultado de las actividades coordinadas entre el NOC CUDI y el personal de TI de los puntos terminales, se establecieron inicialmente las condiciones para conectar los equipos de videoconferencia. Esto se hizo utilizando los recursos de la denominada Red Nacional de Impulso a la Banda Ancha (RedNIBA) [13] proporcionado al INCAN con un ancho de banda de 100 Mbps y conexión hacia la dorsal de la Red CUDI. La infraestructura desplegada en México, tanto por CUDI y otras entidades gubernamentales forman en su conjunto la Red Nacional de Investigación y Educación en México. Esta topología se muestra en la siguiente figura:



Actualizado el 24 de octubre de 2013 NOC-CUDI

**Fig. 11.** Red dorsal o *backbone* de la RNIEM de México

Por su parte, el VNOC CUDI tuvo la tarea de proponer la tecnología de videoconferencia para el evento. En este sentido, se propusieron equipos Cisco SX80 ya que ofrecen una gran variedad de interfaces de audio y video, facilidad de operación, e interoperabilidad con equipo de otras marcas. La siguiente figura ilustra este sistema:



**Fig. 12.** Equipo Cisco SX80

En forma general las capacidades del equipo son las siguientes [16]:

- Estándares H.323/SIP
- Ancho de banda de hasta 6 Mbps punto a punto en H.323 o SIP
- Alta definición de hasta 1080p60
- Interoperabilidad de video en H.261, H.263, H.264, y H.265 (SIP).
- Conectividad de hasta 4 fuentes de video, 3 en HDMI (*High Definition Multimedia Interface*) y una DVI (*Digital Visual Interface*)
- Salida de hasta 3 señales de video, 2 en HDMI y una en DVI
- Conectividad de hasta 8 micrófonos directamente al códec y hasta 6 salidas de audio
- Disposición de diversas ventanas en el video

Adicionalmente, se realizó un diagrama en el que se ve de manera general el esquema de conectividad propuesto para el evento:

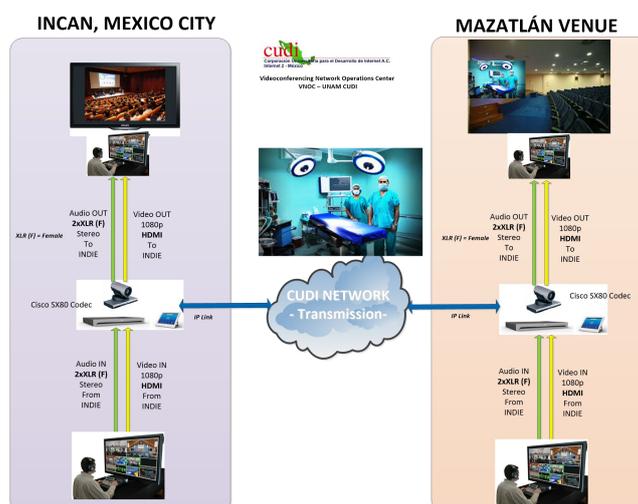


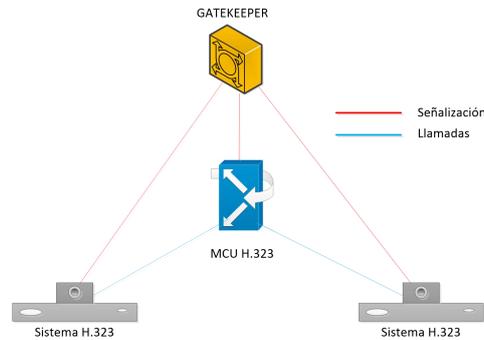
Fig. 13. Esquema general de conectividad para la transmisión de videoconferencia.

#### 4.3 Pruebas de conectividad y resultados preliminares

La verificación del estado de los enlaces en cada uno de los puntos previos a la realización del evento fue una de las primeras actividades. De esta forma, miembros del VNOC CUDI se desplazaron al INCAN y al MIC para realizar las primeras pruebas con los *códecs* de videoconferencia. La siguiente configuración general fue utilizada:

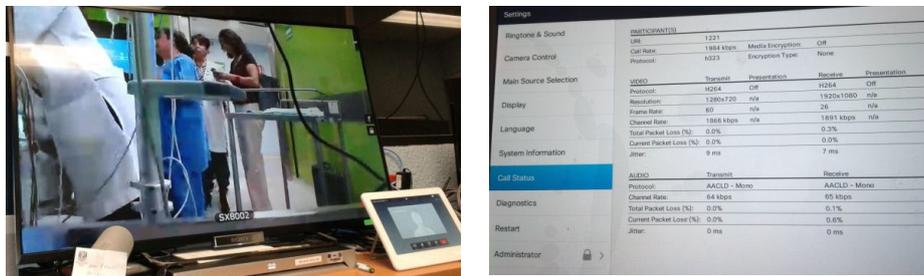
- Dirección IP: Estática o manual
- Gatekeeper: Habilitado hacia UNAM
- Protocolo: H.323
- Velocidad de la llamada: Auto

Se utilizó la infraestructura multipunto de la DGTIC-UNAM para realizar las pruebas como se ilustra en la siguiente figura:



**Fig. 14.** Diagrama de conexión H.323.

En la configuración, se puede observar que se tienen registrados los sistemas a un gatekeeper. Al ser un elemento que provee señalización y control en una red H.323, el uso del sistema *gatekeeper* en los equipos de la Red UNAM es una condición para facilitar el acceso a los servicios multipunto. Por otro lado, se hace uso de un sistema de control multipunto (MCU) para poder tener mas capacidad de conexiones. En esta primera conexión se tuvieron muchos problemas como baja calidad y cortes en el video. La estadística de uno de los equipos mostrada en la siguiente figura confirman los problemas en los enlaces.



**Fig. 15.** Imagen borrosa (pixelada) y estado de la llamada con problemas en un códec.

Una de las características actuales de los equipos de videoconferencia es la realización de las llamadas en modo automático (Auto). Lo que significa que no se le indica al sistema a que tasa de velocidad llamar. El equipo negocia la llamada con la capacidad que tenga el punto remoto o la capacidad de la red en ancho de banda. En esta caso se observa que el equipo realiza la llamada a 1984 Kbps, casi 2 Mbps, que no es suficiente para alcanzar una señal de 1080p solicitada por los organizadores del evento. Adicionalmente, el enlace no se ve simétrico en la transmisión y recepción. Se estableció la transmisión en 720p (1280x720) y la recepción en 1080p (1280x1080). De igual forma el *frame rate* o tasa de cuadros por segundo esta fuera de sincronía. Se transmiten 60 cuadros por segundo y se reciben 26 cuadros por segundo (*fps*, por sus

siglas en inglés). Aunque la pérdida de paquetes y el *jitter* están en rangos aceptables la calidad de la señal es deficiente y no es aceptable para alta definición.

En cuanto a la interconexión de video entre el códec de videoconferencia y la mezcladora de video de la empresa productora, esta se realizó utilizando cables de alta definición con interfaces HDMI. Para el audio fue solicitada conexión en RCA (analógico) para su conexión al códec, que cuenta con *Euroblock*, a través de un convertidor físico. La siguiente figura ilustra lo anterior:

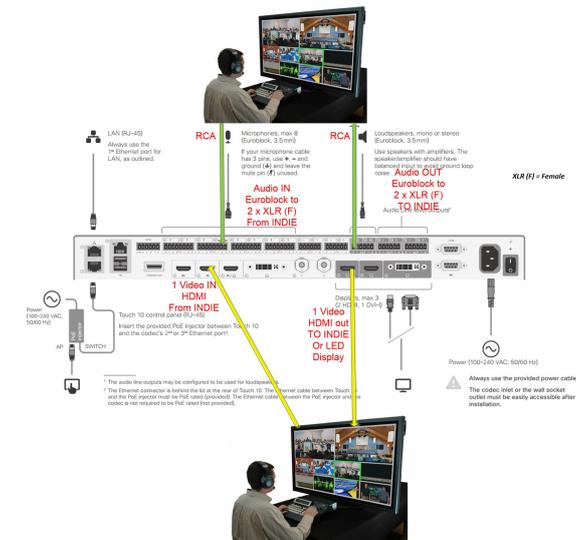


Fig. 16. Interfaces de conexión entre el códec y la producción del evento.

Se observó que ambas señales de video, las que se reciben en el códec y las que se envían a las consolas de producción en HDMI, son en formato 1080i, el video de los equipos de la empresa productora (básicamente la mezcladora de video en ambos puntos), funcionan en 1080i, y el equipo de videoconferencia utiliza 1080p. Dado lo anterior, se tuvo la problemática de que las señales no son compatibles entre si para envío y recepción entre estos sistemas. La siguiente imagen ilustra las pruebas realizadas con los equipos y el personal médico de INCAN:



**Fig. 17.** Equipo médico y tecnológico en fase de pruebas

#### 4.4 Solución de la problemática

Se visualizaron dos casos que resolver, por un lado la parte de la conectividad de red y por otro lado la interoperabilidad entre señales HDMI o de alta definición. Las siguientes acciones se realizaron para volver a evaluar la calidad de las señales:

- Solicitud al NOC de CUDI el apoyo para revisión de los enlaces de red en el INCAN y el MIC, de esta manera se pudieron identificar posibles inconsistencias en la red que podrían impedir la correcta transmisión. Derivado de esta solicitud, el NOC CUDI y el personal de TI de los puntos remotos, realizaron en conjunto algunos ajustes en los sistemas de ruteo, por lo que se llevaron a cabo las gestiones necesarias con el proveedor del servicio de Internet para realizar nuevamente pruebas de conexión hasta lograr el mejor desempeño de la red en la transmisión deseada.
- Eliminación del registro del *gatekeeper* en la configuración de los equipos de videoconferencia
- Marcación directa o punto a punto entre los *códecs* de videoconferencia, es decir, sin la utilización del sistema de control multipunto o MCU.
- Se realizaron pruebas de marcación con H.323 y SIP, verificando la estabilidad del protocolo H.323 el cual fue finalmente utilizado.
- Para la parte de interoperabilidad del video 1080i entre los *codecs* y las mezcladoras de video, se utilizó un escalador de video de 1080i a 1080p como se muestra en la siguiente figura:



**Fig. 18.** Solución para conectar 1080i y 1080p

Con lo anterior, se solucionaron los problemas de red en los puntos de conexión y se logró la interoperabilidad entre los diferentes formatos de video. Las estadísticas que demuestran lo anterior se verificaron en las pantallas de los sistemas de videoconferencia en ambos puntos remotos como se ve en la siguiente figura:

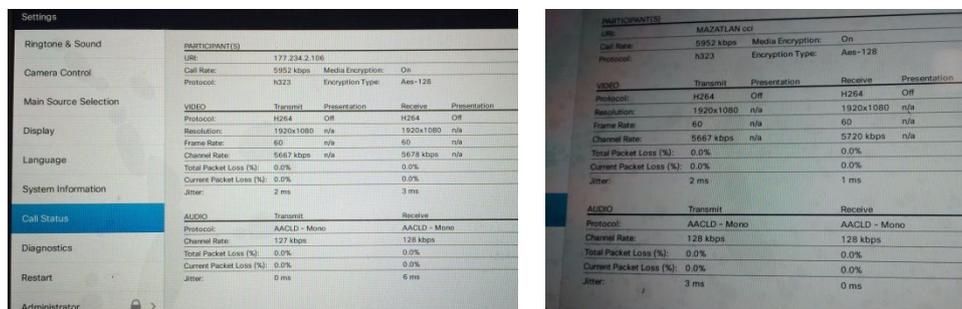


Fig. 19. Estado de las llamadas en INCAN y MIC.

En general, se observa que el estado de las llamadas en transmisión y recepción en ambos puntos indica lo siguiente:

- Velocidad de la llamada: 5952 Kbps
- Protocolo de comunicación H.323
- VIDEO
  - o Protocolo de video: H.264
  - o Resolución: 1920x1080
  - o Cuadros por segundo: 60
  - o Velocidad del canal de video: 5667 Kbps
  - o Pérdida de paquetes: 0.0%
  - o Jitter: 3 milisegundos
- AUDIO
  - o Protocolo de audio: AACLD
  - o Velocidad del canal de audio: 127 Kbps
  - o Pérdida de paquetes: 0.0%
  - o Jitter: 0 milisegundos

Lo cual confirma técnicamente que se está transmitiendo y recibiendo en *full HD (1080p)* al observar que se tienen una resolución de 1920x1080 a 60 cuadros por segundo y sin pérdidas en el medio de transmisión. En cuanto a la calidad visual y sonora, la recepción del video estuvo funcionando con la calidad esperada durante un espacio de 8 horas continuas.

## Conclusiones

Con esta experiencia, se identificó y se confirmó lo siguiente:

- CUDI cuenta en México con una red dorsal de altas capacidades para el uso de diversas aplicaciones y conexiones internacionales que en colaboración académica requieren del uso intensivo del ancho de banda y calidad de servicio, un ejemplo de esto es la transmisión de videoconferencia de alta definición.

- Actualmente, el servicio de videoconferencia es funcional para transmisiones que requieren de alta calidad en la imagen, como el tipo de aplicaciones médicas que se transmitieron en este evento.
- Las pruebas punto a punto son fundamentales sin equipo de control de llamada o multipunto en medio de los servicios para descartar cualquier posibilidad de falla usando estos equipos.
- Los equipos terminales de videoconferencia deben de estar actualizados tanto en hardware y software de manera que permitan la mejor interoperabilidad y experiencia en transmisiones de alta definición.
- Para lograr videoconferencia de alta definición 1080p o *full HD* es importante contar con redes de datos con muy bajo o nula pérdida de paquetes (menor al 0.05%) y un nivel de  *jitter*, por debajo de los 10 milisegundos, para que se cuente con una señal muy limpia.
- La disponibilidad de ancho de banda es también una característica que influye directamente en la calidad de la señal. Para que se tenga una calidad de 1080p se debe de contar entre 4 y 6 Mbps disponibles en la red.
- La importancia de los estándares en el uso de las tecnologías de videoconferencia es fundamental para lograr una comunicación lo mas transparente posible para el usuario. El uso excesivo de dispositivos intermedios podría introducir problemas técnicos que demeriten la calidad de una transmisión.
- Muchos de los dispositivos y equipos que usan el estándar de video de alta definición utilizan el formato 1080i que no es interoperable directamente con equipos que usan el formato 1080p. Es necesario contar con un equipo convertidor intermedio que permita la conversión entre un formato y otro.
- La mas alta calidad de una imagen HD se alcanza teniendo disponible 60 cuadros por segundo. En conexiones con bastante movimiento y detalle de imagen, una conexión a 30 cuadros por segundo se observa algún pixelado en la formación del video.
- Se debe de contar con la coordinación de actividades entre los operadores de los sistemas de videoconferencia y el personal de redes y/o TI para lograr un plan de trabajo previsorio, de esta manera se podrá dar una oportuna solución a fallas, logrando un desempeño óptimo para los eventos de videoconferencia.

## **Agradecimientos**

Los autores desean expresar su agradecimiento a las autoridades, colegas, y personalidades de las siguientes instituciones por las facilidades otorgadas y participación en el trabajo:

- Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación de la Universidad Nacional Autónoma de México
  - o Dr. Felipe Bracho Carpizo
  - o M. en C. Ma. de Lourdes Velázquez Pastrana
  - o Ing. Roberto Rodríguez

- Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet
  - o M. en C. Salma Jalife
  - o Ing. Silvia Chávez
  - o Lic. Daniel Aranda
  - o Comunidad de Salud: Nancy Gertrudiz
- Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán
  - o Dr. Miguel Angel Tanimoto
- Telemedicine Development Center of Asia (TEMDEC)
  - o Dr. Shuji Shimizu y su equipo de trabajo
  - o Ing. Shunta Tomimatsu

## Referencias

1. Luque, Javier. Videoconferencia. Tecnología, sistemas y aplicaciones. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México (2009)
2. Szigeti, T., McMenemy, K., Saville, R., Glowacky, A.: Cisco Telepresence Fundamentals. Cisco Press, Indianapolis, USA (2009)
3. Instituto Nacional de Cancerología. <http://www.incan.salud.gob.mx>
4. Centro de Convenciones de Mazatlán. <https://mazatlaninternationalcenter.com/>
5. Stanford University. [https://web.stanford.edu/group/salisbury\\_robotx/cgi-bin/salisbury\\_lab/?page\\_id=383](https://web.stanford.edu/group/salisbury_robotx/cgi-bin/salisbury_lab/?page_id=383)
6. Unión Internacional de Telecomunicaciones. <https://www.itu.int/rec/T-REC-H.323/es>
7. Tandberg. Videoconferencing Standards (PDF). [http://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/telepresence/endpoint/mxp-series/white\\_papers/white\\_paper\\_video\\_conferencing\\_standards.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/telepresence/endpoint/mxp-series/white_papers/white_paper_video_conferencing_standards.pdf)
8. Wilcox, J. R. (2000). *Videoconferencing & Interactive Multimedia: The Whole Picture*. Gilroy, CA: Telecom Books.
9. The Internet Engineering Task Force. <https://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>
10. Polycom. Preparing Your IP Network for High Definition Videoconferencing (PDF). <http://www.polycom.com/content/dam/polycom/common/documents/whitepapers/hd-video-conferencing-wp-enus.pdf>
11. Cisco. Preserving TelePresence Quality Over the WAN with Performance Routing (PfR). [http://www.cisco.com/web/services/news/ts\\_newsletter/tech/chalktalk/archives/201104.html](http://www.cisco.com/web/services/news/ts_newsletter/tech/chalktalk/archives/201104.html)
12. Asociación Mexicana de Endoscopia Gastrointestinal. <http://www.amegendoscopia.org.mx/>
13. Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet A.C. <http://www.cudi.mx/>
14. Departamento de Comunicaciones Audiovisuales de la DGTIC. <http://vnoc.unam.mx>
15. Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación. <http://tic.unam.mx>

16. Cisco. Cisco TelePresence SX80 Codec Data Sheet.  
<http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/collaboration-endpoints/telepresence-quick-set-series/datasheet-c78-731242.html>
17. PC Magazine. 1080i vs. 1080p: What's the Difference?  
<http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2413044,00.asp>
18. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.  
<http://www.innsz.mx>
19. Telemedicine Development Center of Asia (TEMDEC).  
<http://www.temdec.med.kyushu-u.ac.jp/eng/index.php>
20. Fotografías tomadas de diversos sitios públicos de empresas e instituciones en Internet.