

Experiencia del VNOC UNAM en la implementación de un sistema de videoconferencia distribuido para la Red Nacional de Investigación y Educación en México: VC-CUDI

José Luis Rodríguez Valdez
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Operaciones de Videoconferencia (VNOC UNAM)
Circuito Exterior. S/N. Ciudad Universitaria, Ciudad de México
luisfca@unam.mx

Resumen. En el presente trabajo, se hace una breve descripción de la evolución de la infraestructura y los servicios de videoconferencia que la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI) ha brindado desde sus inicios a las instituciones afiliadas en México, y cómo el Centro de Operaciones de la Red de Videoconferencia (VNOC, por sus siglas en inglés) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) colaboró en la gestión de y puesta en marcha del sistema multipunto de videoconferencias denominado VC-CUDI. Se menciona también cómo se realizó de manera general y sin detalles demasiado técnicos la configuración de estos equipos para su funcionamiento en un ambiente virtualizado y distribuido. Al final se presentan las ventajas y posibles desventajas que tiene la solución de videoconferencia basada en software, en comparación con otros sistemas multipunto basados en hardware.

Palabras clave: virtualización, videoconferencia, unidad de control multipunto, UNAM, CUDI, RNIE, México.

Eje temático: infraestructura y desarrollo de software.

1 Introducción

Sin duda alguna, las Redes Nacionales de Investigación y Educación (RNIE) han cambiado la forma de realizar las actividades en las instituciones educativas en todo el mundo. Aunque su actividad principal sea la operación de la red dorsal o *backbone* en un determinado país para conectar redes académicas y con otras RNIE, estas pueden brindar distintos servicios de acuerdo a las necesidades de sus miembros [1]. Uno de estos, es el servicio multipunto de videoconferencia, que es utilizado para interconectar varios puntos terminales entre en una conferencia audiovisual y permite la colaboración entre los asistentes.

Debido a la dispersión geográfica de las instituciones de educación superior (IES) en México, la videoconferencia es una herramienta de uso cotidiano para la realización de diferentes actividades a distancia. Los cursos, seminarios, exámenes de grado difusión de actividades, así como reuniones de trabajo que llevan a cabo académicos, investigadores, y directivos, son realizadas en gran medida a través de la tecnología de la videoconferencia en la red CUDI.

Como lo menciona Fabián Romo [2], hasta hace algunos años los servicios de videoconferencia eran basados en redes de alta capacidad y altos costos, como los enlaces dedicados tipo E1, y en la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN, por sus siglas en inglés). Sin embargo, actualmente y debido a las gestiones y actividades que realizan las RNIE, las IES cuentan con enlaces de alta capacidad a un costo relativamente bajo en las que se pueden transmitir diversas aplicaciones, una de ellas es la videoconferencia de alta calidad.

Existen diferentes programas, sistemas y equipos que permiten a los usuarios utilizar recursos de audio y video para comunicaciones interactivas más productivas que una simple llamada o conferencia telefónica. Aunque no es posible interconectar de manera directa cualquier dispositivo o equipo que cuente con una cámara, micrófono y elementos de audio para llevar a cabo una reunión colaborativa, hay tecnologías y aplicaciones que permiten el intercambio de información para comunicarse, ya sea de manera directa o a través de un sistema intermedio que haga una traducción entre diferentes plataformas, lo que se le conoce como *gateway* para permitir la interoperabilidad de sistemas [3]¹.

¿De qué manera se pueden conectar diferentes sistemas de sala, computadoras, tabletas electrónicas y teléfonos inteligentes en una sola conferencia para lograr reuniones a distancia entre instituciones educativas? El sistema VC-CUDI presentado en este trabajo cuenta con esta característica, conectar sistemas de diferentes plataformas utilizando los principales estándares de la industria de la videoconferencia.

2 Antecedentes y evolución de los servicios de videoconferencia en la UNAM y CUDI

En la Universidad Nacional Autónoma de México, el proyecto de la red de videoconferencia se inició en 1995, y en 1998 se conforma la Red Nacional de Videoconferencia [4] con las instituciones afiliadas en ese momento. Inicialmente, la conectividad entre varias entidades era a través de unidades de control multipunto (MCU, por sus siglas en inglés) basados en el protocolo H.320, que es el estándar para comunicaciones de banda estrecha [5].

Los servicios multipunto eran operados a través del Centro de Operaciones de la Red de Videoconferencia (VNOC, por sus siglas en inglés) de la UNAM. En 2002, la Universidad contaba con conectividad hacia 40 instituciones en México conformando así la Red Nacional de Videoconferencia Educativa (RNVE). En ese mismo año, la UNAM, a través de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA) en ese entonces, hace una propuesta para administrar el Centro de Operaciones de la Red de Videoconferencia CUDI utilizando los recursos tecnológicos y la experiencia del personal del VNOC de la UNAM, solicitud que fue aceptada, estableciendo de esta manera el VNOC CUDI operado por el VNOC de la UNAM.

¹ Con base en *Cisco IP Videoconferencing Solution Reference Network Design Guide*. p. 1-6

Aunque los sistemas y unidades de control multipunto H.320 fueron el soporte tecnológico en los inicios de la Red de Videoconferencia en la UNAM y CUDI, estos ya son obsoletos y no se utilizan en la red. Actualmente el estándar principal para conexiones de videoconferencia es el H.323, que hace referencia a los sistemas de comunicación basados en paquetes [6].

En sus inicios la red de videoconferencia de CUDI tenía como miembros al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), el Instituto Politécnico Nacional (IPN), el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Universidad de Guadalajara (UDG), la Universidad de la América Puebla (UDLAP) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) [7]² como se muestra en la siguiente figura:



Fig. 1. Ubicación geográfica de las primeras instituciones de la Red de Videoconferencia CUDI. Fuente: elaboración CUDI.

Por 5 años, los servicios de videoconferencia de CUDI fueron soportados por el VNOC de la UNAM en la Ciudad de México. Fue hasta 2007 cuando CUDI adquiere su propio sistema de videoconferencias multipunto conformado por una MCU Tandberg MPS800 de 40 puertos y un Gatekeeper (GK) Tandberg de 25 llamadas concurrentes como los mostrados en la siguiente figura:

² Con base en Soledad Ramirez y Cecilia Castañeda (coord), *CUDI Internet Avanzado: Red Nacional de Educación e Investigación - Unión de visiones y vinculación Institucional*, pp. 11 y 12



<https://goo.gl/xx8Bqk>



<https://goo.gl/GF10pS>

Fig. 2. Primer MCU y Gatekeeper de CUDI. Fuente: Tandberg.

Estos sistemas fueron instalados en el nodo de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en el norte de México y operados en la Ciudad de México con la infraestructura del VNOG UNAM.

La conectividad entre sistemas era realizada usando direcciones IP. Es decir, un sistema en el punto A que quiere conectarse al punto B, debe de marcar la dirección IP del punto B. Si bien este procedimiento es el más utilizado, se tenía una ventaja al utilizar el GK, que brinda las funciones para crear un plan de marcación en una zona H.323, permite la traducción de direcciones y realiza tareas de control de acceso a los servicios [8]³. De esta manera, se utilizó el GK para establecer la zona H.323 con el identificador 52, mismo que funcionó para identificar a la red de videoconferencia de CUDI ante otras redes internacionales, pero principalmente para crear el plan de marcación que daría acceso a las instituciones afiliadas a los servicios multipunto de CUDI como se muestra en la siguiente figura:

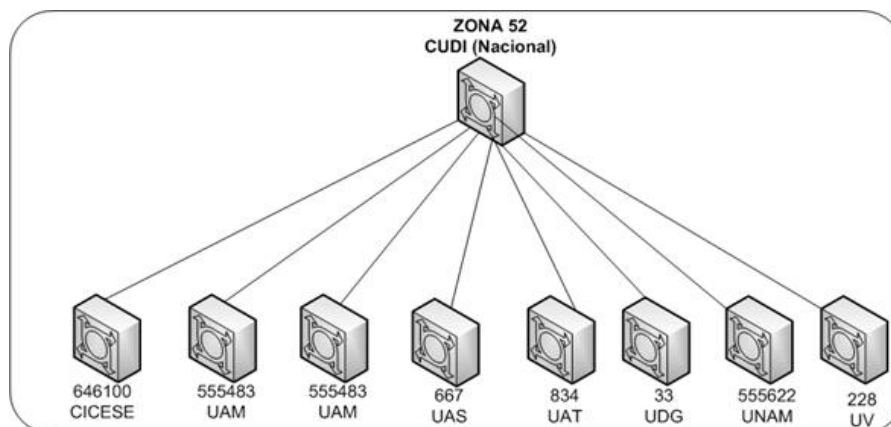


Fig. 3. Red de videoconferencia de CUDI basado en un plan de marcación. Fuente: elaboración propia.

³ Con base en Cisco. *Introducción de Gatekeepers para H.323*, [s.p.]

De acuerdo con la figura, el objetivo era que cada institución afiliada a la red CUDI pudiera tener un identificador de zona H.323 basado en su código de larga distancia telefónica y su prefijo de organización en México para registrarse en el gatekeeper de CUDI. De esta forma, una institución pudiera realizar marcaciones tipo E.164 [9] basadas en el *Global Dialing Scheme* (GDS) [10], que simplifican notablemente las marcaciones entre sistemas como se ilustra en la siguiente figura:

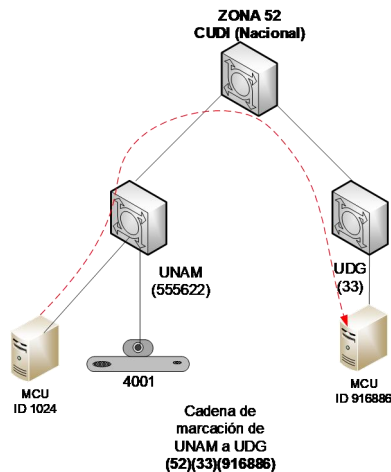


Fig. 4. Ejemplo de marcación entre MCU's usando gatekeepers en la red H.323. Fuente: elaboración propia.

En el ejemplo de la figura anterior, se puede observar que para marcar del MCU de la UNAM al MCU de la Universidad de Guadalajara (UDG), no se utilizan las direcciones IP, sino solamente una cadena de números muy similar a los utilizados en la red telefónica. En este caso, primeramente, los sistemas terminales deben de registrarse al GK de su institución y este estar registrado en el GK CUDI. De esta forma el terminal de UNAM no necesita marcar una dirección IP sino la cadena 5233916886 para acceder a la sesión del MCU de la UDG identificada como 916886. Con el servicio multipunto de CUDI registrado en el mismo GK, las instituciones tenían 2 opciones, registrar su GK al de CUDI y marcar de forma similar a la del ejemplo de la UDG; o en su caso, sino contaban con un GK propio, registrar su equipo terminal al GK CUDI y simplemente marcar el número de servicio multipunto en el MCU de CUDI.

Adicionalmente, otro de los servicios prestados por el VNOC UNAM para CUDI fue el agendamiento de reuniones. Para esta actividad, se utilizó el sistema de reservaciones Rapla [11] del VNOC UNAM, como el mostrado en la siguiente figura, que simplificó en gran manera la forma de asignar los servicios multipunto de la red CUDI.

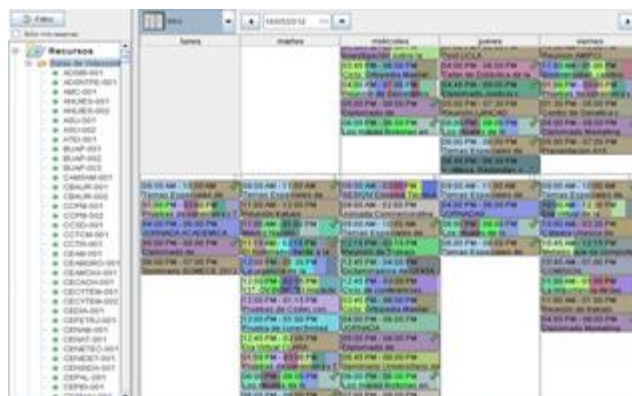


Fig. 5. Sistema de reservaciones del VNOc UNAM y CUDI. Fuente: captura de pantalla del sistema Rapla del VNOc-UNAM

3 Proyecto de actualización de infraestructura de videoconferencia

En CUDI existen diversos grupos técnicos y comunidades que buscan el desarrollo de nuevas herramientas y aplicaciones que hagan uso de la Red Nacional de Investigación y Educación en México [12]⁴. El Grupo Técnico de Videoconferencia, conformado por los responsables técnicos de videoconferencia en las instituciones afiliadas a CUDI, tiene como misión realizar actividades que permitan mejorar y aprovechar el uso de las comunicaciones audiovisuales en las actividades académicas y de investigación de las instituciones miembros de CUDI [13]⁵. Una de estas actividades es identificar las necesidades y evaluar las tecnologías que permitan acercar a las instituciones de educación superior (IES) en México a mejores servicios de videoconferencia y colaboración.

Diversos fueron los factores que dieron paso a replantear los servicios de videoconferencia de CUDI. Sin duda, uno de estos fue que los usuarios requerían de nuevas formas de comunicación sin tener que acudir a una sala de videoconferencia que depende de la disponibilidad que se tenga en la institución educativa. Los participantes requerían de conectividad desde su oficina, lugar de trabajo, o espacio en donde tuvieran conexión de datos o internet. Otro factor fue la interoperabilidad con sistemas de sala y nuevas tecnologías emergentes.

Aunque diversas soluciones proponían la modalidad de videoconferencia de escritorio usando computadoras personales o laptops, la mayoría eran ofrecidas en forma de una aplicación descargable o *plug-in*. Sin embargo, y debido a que ya se encontraba disponible la tecnología, se hizo como requerimiento de la aplicación de escritorio a través de una computadora fuera utilizando WebRTC, que permite el uso aplicaciones con comunicaciones en tiempo real (RTC, por sus siglas en inglés), por

⁴ Con base en *Acerca de CUDI*. www.cudi.mx, [s.p.]

⁵ Con base en *Menú de Misión*, <http://www.cudi.edu.mx/videoconferencia/index.html>, [s.p.]

ejemplo audio y video, en navegadores de internet [14]; conectividad con dispositivos móviles y los sistemas de videoconferencia de sala (H.323).

Para la evaluación de sistemas participaron los fabricantes Acano, Cisco, Pexip Infinity, y Polycom. Durante esta actividad colaboraron las instituciones miembros de Grupo de Videoconferencia de CUDI: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), la Universidad de Colima (UCOL) la Universidad Veracruzana (UV), la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Universidad de Guadalajara (UDG), y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Al final de estas pruebas, Pexip Infinity resultó seleccionado en términos de costo-beneficio, y funcionalidades del sistema.

3.1 Multipunto basado en hardware vs basado en software

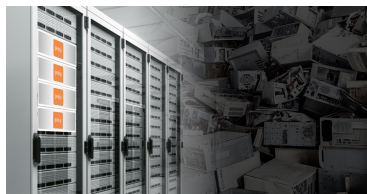
Las soluciones que se ofertaron para la actualización de la infraestructura fueron de dos tipos: sistemas con tarjetas procesadoras de audio y video, y las instaladas en una plataforma de servidor o virtualizada.

Para el segundo caso, de acuerdo a *VMware* [15] la virtualización “es el proceso de crear una representación basada en software (o virtual), en lugar de una física”, por lo que parte importante en este caso es saber el tipo de características que debe de tener el servidor para poder manejar eficientemente la codificación de señales de audio, video, y señalización. Para lo anterior, se requiere también de un sistema llamado *hypervisor* que permita crear y administrar el entorno virtualizado. Sin embargo, hasta hace unos años, en la Red UNAM y CUDI no se visualizaba un servicio de videoconferencia en software debido a que no se contaba con la experiencia en estos sistemas para H.323, por lo que se ponía en duda si un sistema MCU virtualizado podría tener la capacidad de codificar señales de video en alta definición.

EL MCU basado en hardware emplea procesadores de señales digitales (DSP, por sus siglas en ingles) que utilizan los MCU basados en hardware cuya funcionalidad primaria es decodificar los flujos de señal de audio y video entrantes, componer una sola señal o *stream* para cada terminal participante y finalmente volver a codificarla antes de enviarla. Esto requiere de una gran cantidad de poder de procesamiento. Un MCU basado en software elimina la necesidad de uso de los DSP y puede funcionar en servidores virtualizados en nubes públicas o privadas [16].



<https://goo.gl/rx9eRF>



<https://www.pexip.com/blog>

Fig. 6. MCU Polycom RMX (hardware) y sistema *Pexip Infinity* (virtualizado). Fuente: *Polycom* y *Pexip Infinity*.

En la evaluación del sistema *Pexip Infinity* se realizaron diversas pruebas de concepto en servidores locales la Dirección de Cómputo y de Tecnologías de Información y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC) de la UNAM. En general, se instaló la plataforma en uno de los servidores del Centro de Datos de la UNAM, se llevaron a cabo marcaciones desde el servicio multipunto y desde las terminales (H.323, computadoras, y dispositivos móviles) en diferentes ambientes de red, y se hicieron transferencias de contenido entre equipos. Al final se revisaron los registros de los servidores con el objetivo de evaluar su rendimiento en términos de uso del procesamiento, uso de memoria RAM, y calidad de las señales entre terminales de videoconferencia.

Sin duda estas fueron pruebas muy importantes en la elección de esta tecnología. El segundo factor en la elección fue el costo, que aproximadamente era de 3 a 1 entre la solución basada en software versus la solución basada en hardware. Aunque también se observó que no se cuenta en *Pexip Infinity* con varias funcionalidades que un MCU tradicional basado en hardware tiene en apoyo a la operación y administración de los servicios.

3.2 Cambio de paradigma: sesiones H.323 vs salas virtuales de VC-CUDI

Mientras que la forma de conectividad que se utilizó en los servicios de videoconferencia de CUDI fue el de asignación de sesiones basadas en número de 4 dígitos para acceso a servicios multipunto H.323, con el nuevo sistema, al que se le denominó VC-CUDI para identificarlo en la RNEI, se dio un giro a esta modalidad. Se introduce el modelo de salas virtuales de reuniones (VMR, por sus siglas en inglés). Una sala virtual, de acuerdo con el fabricante, es muy similar a una sala de reuniones física. Los participantes saben dónde está, tiene un nombre y algunas herramientas de colaboración como el envío de mensajes (*chat*). Cuenta también con una pantalla donde se puede compartir información, documentos, entre otros [18]⁶.

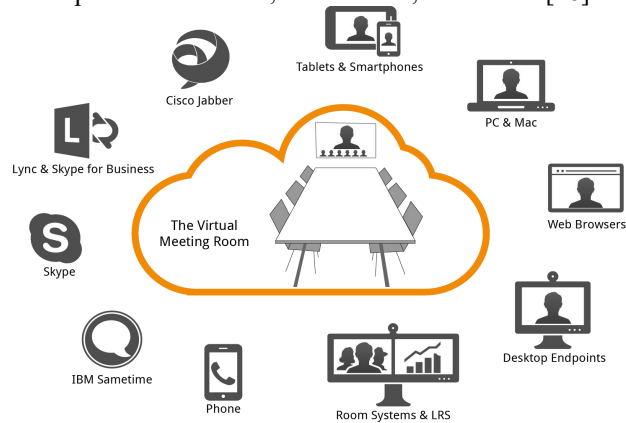


Fig. 7. Sala virtual de reuniones (VMR). Fuente: *Pexip Infinity* [18].

⁶ Con base en *What is a Virtual Meeting Room, how you can benefit from having one?*, www.pexip.com

Como se observa en la figura, VC-CUDI tiene la característica de comunicar diferentes sistemas en una sala virtual. Aunque el servicio principal es para salas H.323, se ha utilizado más *WebRTC*. De esta manera se integran a usuarios que no cuenten con una sala y equipo de videoconferencia usando sus capacidades de conectar a equipos personales como laptops, equipo de escritorio, tabletas electrónicas, y teléfonos inteligentes.

El sistema VC-CUDI permite conexiones H.323, SIP, WebRTC, RTMP (*streaming*), y *Microsoft Link / Skype for Business*; tiene soporte para los principales estándares de audio, video y contenido en la industria de la videoconferencia. Acepta conexiones desde 8 Kbps para llamadas en modo audio y hasta 6 Mbps por participante de video; las resoluciones de video son desde QCIF (*Quarter Common Intermediate Format*) y hasta Full HD 1080p (1920x1080). En la parte de seguridad, maneja administración para certificados SSL (*Secure Socket Layer*), uso de TLS (*Transport Layer Security*) así como soporte para *firewall traversal* [18]⁷. Con lo anterior, se establece el objetivo de VC-CUDI que es proporcionar a sus miembros medios de comunicación y colaboración, móviles, flexibles y seguras.

4 Generalidades en la implementación del sistema VC-CUDI

En la fase de implementación, fue importante entender el funcionamiento central de *Pexip Infinity* para que el integrador y el fabricante apoyará en la identificación de requerimientos finales en la instalación. Tres son sus principales características, 1) es un sistema basado en software, 2) funciona en una plataforma virtualizada para voz, video y datos, 3) permite llamadas en modo *gateway*⁸. Su arquitectura básica consiste en dos diferentes máquinas virtuales (VM, por sus siglas en inglés): una para el nodo de administración (MN, por sus siglas en inglés) y otra para el nodo de conferencia (CN, por sus siglas en inglés). Estas VM se instalan en un *hypervisor* como VMWARE ESXi⁹. Ambas VM pueden estar montadas en un solo servidor como se muestra en la siguiente figura:

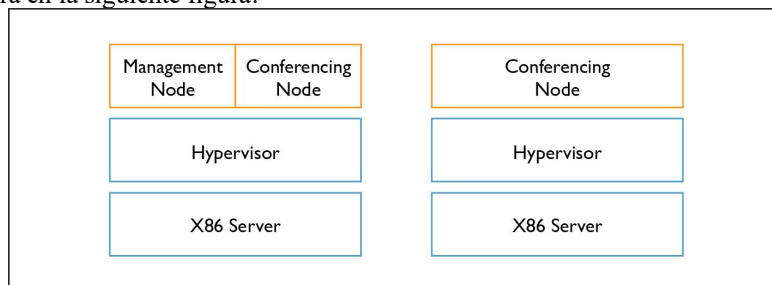


Fig. 8. El *Management Node* y el *Conference Node* de Pexip configurados en máquinas virtuales de servidores X86. Fuente: *Pexip Infinity* [18]

⁷ Con base en *Pexip Infinity version 14.1 features and specifications*, www.pexip.com [s.p.]

⁸ Con base en *The Pexip distributed architecture*, www.pexip.com [s.p.]



⁹ Nombre del *hypervisor* desarrollado por la empresa VMware, www.vmware.com [s.p.]

En la figura anterior se representan 2 servidores: el primero tiene configurado dos VM, una con el MN y un CN; en el segundo servidor se tiene una sola VM para un CN. En general, el nodo de administración lo utiliza el sistema para crear y administrar los nodos de conferencia. El nodo de conferencia es donde se realizan las conexiones de los diferentes sistemas participantes. Esta es la configuración mínima que se puede tener en *Pexip Infinity*. Un servidor puede alojar hasta 2 VM dependiendo de sus capacidades de hardware. Una implementación de este sistema, puede tener uno o varios nodos de conferencia. Debido a esta característica, se planeó en un sistema distribuido de VC-CUDI con la finalidad de contar con respaldos de los servicios en caso de algún incidente y diversificar el uso del ancho de banda en la RNIE.

Las universidades participantes en esta primera etapa fueron la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), la Universidad de Guadalajara (UDG), y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) quienes proporcionaron parte de su infraestructura de telecomunicaciones para lograr que el proyecto VC-CUDI se pusiera en marcha. El convenio que CUDI propuso fue que las instituciones que pudieran proporcionar además en préstamo un servidor para la instalación de un nodo de conferencia, a cambio podrían obtener el cincuenta por ciento de los recursos en ese equipo para uso institucional de acuerdo a sus necesidades.

Por otra parte, el termino virtualización sugiere que las máquinas virtuales y las aplicaciones que contengan pueden ser instaladas en cualquier hardware, esto no sucede así en realidad en el caso de *Pexip Infinity*. Se requieren de características específicas para que la solución funcione adecuadamente. La documentación oficial de *Pexip Infinity* describe una serie de recomendaciones en su página del diseño del server [18]¹⁰. Para el caso de los nodos que se instalaron en la UNAM, las especificaciones de los servidores fueron las siguientes:

Tabla 1. Especificación de los servidores para MN y CN.

Servidor para MN y CN	Servidor para 2 CN
<p>Marca: Cisco Modelo: UCSC-C220-M4S Procesador: Intel XEON 2.X GHz-2600 12C/30 MB Caches Memoria: 32 GB Disco duro: 1 TB</p>  <p>Imagen de: https://goo.gl/109UWJ</p>	<p>Marca IBM Modelo System x3550 M4 Procesador: CPU E5 2670 x 2 Memoria RAM: 196 GB Disco duro: 1 TB</p>  <p>Imagen de: https://goo.gl/BCggpo</p>

¹⁰ Información disponible en *Infinity Server Design Guide*, www.pexip.com [s.p.]

Por la colaboración de la UNAM y CUDI, se decidió apoyar a este proyecto brindando la infraestructura de telecomunicaciones para instalar un servidor para el nodo de administración propiedad de CUDI y aportar un segundo servidor para un nodo de conferencias propiedad de la UNAM. En el caso de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), se propuso aportar un servidor y su infraestructura para un nodo de conferencias. Adicionalmente, uno de los nodos de conferencia fue instalado en KIO Networks [19], un centro de datos que ofrece servicios de hospedaje de servidores en México.

4.1 Configuraciones de red

Los requerimientos principales para configuración de red de los servidores y máquinas virtuales son los siguientes:

Tabla 2. Requerimientos de red en los servidores para el Nodo de Administración y los nodos de Conferencia.

Servidor para MN y CN	Servidor para 2 CN
3 direcciones IP: 1 para el servidor principal 1 para la VM del MN 1 para la VM del CN Nombre del servidor o <i>hostname</i> para cada VM 2 direcciones IP de servidores DNS 2 direcciones IP de servidores NTP	3 direcciones IP: 1 para el servidor principal 1 para la VM del CN-1 1 para la VM del CN-2 Nombre del servidor o <i>hostname</i> para cada VM 2 direcciones IP de servidores DNS 2 direcciones IP de servidores NTP

4.2 Registro en DNS de los dominios de VC -CUDI

Paralelamente, se solicitó al Centro de Información de la Red de la UNAM (NIC-UNAM), responsable de la administración de dominios de CUDI, el registro en el *Domain Name System* (DNS) para el acceso a los servicios de la siguiente forma:

Tabla 3. Configuración de dominios de VC-CUDI en el DNS

Nodo geográfico	Dominios registrados
UNAM-1 (Ciudad de México)	vc.cudi.edu.mx vcreuniones.cudi.edu.mx
UNAM-2 (Ciudad de México)	vcunam.cudi.edu.mx vcnoc.cudi.edu.mx
BUAP (Puebla)	vcbuap.cudi.edu.mx vccentro.cudi.edu.mx
KIO (Ciudad de México)	vcdiasvirtuales.cudi.edu.mx vccursos.cudi.edu.mx

De la tabla anterior, el usuario que desee ingresar a una sala virtual de VC-CUDI, lo podrá realizar desde cualquiera de los servicios registrados en DNS si es que lo hace por WebRTC/Lync/Skype for Business/SIP, o si es por H.323 a cualquiera de las direcciones IP de las máquinas virtuales donde reside el servicio de nodo de conferencia. Con estas características es posible que si un usuario no puede acceder a un nodo de conferencia desde cualquier terminal, intente en otro nodo, con otro URI u otra dirección IP pero usando el identificador asignado a la sala virtual. De esta forma se puede acceder a una reunión usando cualquiera de los nodos disponibles en la red de VC-CUDI.

4.3 Optimización del Nodo de Administración de VC-CUDI

El punto medular de VC-CUDI es el nodo de administración (MN), de tal forma que si este presenta una falla o caída de red, los nodos de conferencia estarían disponibles por un tiempo limitado de aproximadamente 24 horas de acuerdo a la especificación de PEXIP y posteriormente cualquier nodo de conferencia, aunque este en el mismo segmento de red, estaría inalcanzable desde las terminales. Por lo anterior, con el apoyo del Centro de Datos de la UNAM, se instaló el MN en una de las plataformas de alta disponibilidad (HA, por sus siglas en inglés) con los que cuenta el Centro con redundancia en toda su infraestructura de red, energía, y hardware. De tal forma que la instalación final esta como se muestra en la siguiente figura:

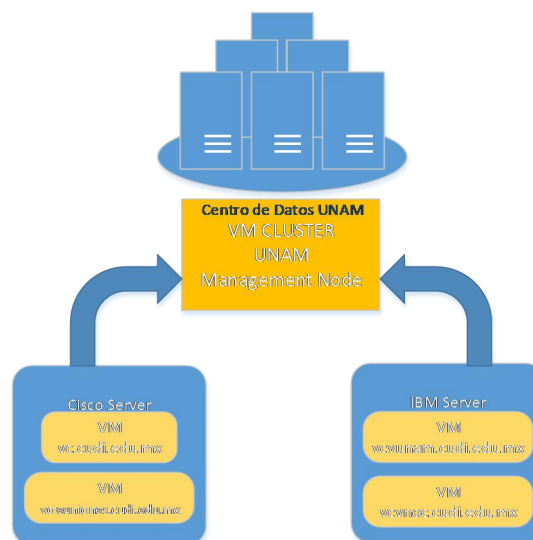


Fig. 9. Nodo de administración instalado en una plataforma de alta disponibilidad. Fuente: elaboración propia.

Con lo anterior se aseguró que el nodo de administración estuviera con un alto grado de disponibilidad superando a la implementación en servidores físicos. La solución distribuida geográficamente se configuro de la siguiente forma:

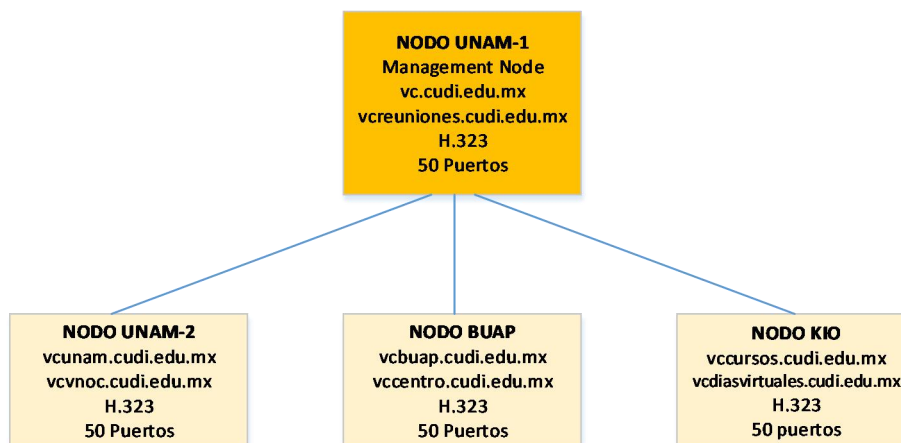


Fig. 10. Configuración de VC-CUDI distribuido geográficamente. Fuente: elaboración propia.

4.4 Criterios de identificación de servicios de videoconferencia

Con la experiencia de los números cortos o de 4 números en el anterior sistema de videoconferencia multipunto, se planearon series de dígitos para identificar y clasificar las salas virtuales de acuerdo a las funciones y miembros de CUDI [12]¹¹:

Tabla 4. Plan de numeración para servicios de VC-CUDI

Serie	Asignación
0001 – 0999	Staff de CUDI
1001 – 1999	Comités de CUDI
2001 – 2999	Comunidades de CUDI
3001 – 3999	Grupos Técnicos de CUDI
4001 – 4999	Miembros de CUDI
Subdivisiones de los miembros de CUDI	
4101 – 4099	Asociados Académicos - Universidades
4101 - 4119	Asociados Académicos - Centros Conacyt
4201 – 4299	Asociados Académicos - Centros Tecnológicos
4301 – 4399	Asociados Académicos Universidades Politécnicas

¹¹ Con base en *Miembros de CUDI*, www.cudi.mx [s.p.]

La numeración mostrada en la tabla es importante tanto para la creación de una sala virtual, como para el acceso a los servicios. Uno de los requisitos para configurarla en el sistema es indicar un alias numérico, mismo que durante la conexión de un terminal a una la sesión es uno de los identificadores para el acceso de los participantes remotos a una reunión virtual.

5 Operación básica de VC-CUDI

En la actualidad, la red de instituciones de afiliadas a CUDI se compone de 18 asociados académicos, 28 Centros CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), 92 institutos tecnológicos, 40 universidades tecnológicas, 71 afiliados académicos y 5 afiliados institucionales [12]¹². La red de videoconferencia paso de 8 sedes en 2002 a cerca de 250 sedes de las instituciones miembros de la RNIE como se muestra en la siguiente figura:



Fig. 11. Mapa actualizado de los miembros de la Red CUDI. Fuente: elaboración CUDI.

De acuerdo con el tipo de membresía de CUDI, se da prioridad a los miembros que son asociados académicos, y el resto puede tener el servicio de VC-CUDI de distinta forma. En este sentido, se consideró tener dos tipos de servicio: sala virtual dedicada y sala virtual bajo demanda que consisten en lo siguiente:

¹² *Idem*

Tabla 5. Consideraciones para asignación de salas virtuales

Sala virtual dedicada	Sala virtual bajo demanda
Se asigna una sala virtual por institución miembro de CUDI. Tiene un nombre que identifica a la institución. Ej. UDG Es completamente administrada por el responsable técnico de la institución.	Es una sala propiedad de CUDI Tiene un nombre genérico consecutivo. Ej. Sala 01 Se asigna mediante solicitud de una institución.

5.1 Creación de una sala virtual en VC-CUDI

Para configurar una sala virtual, el administrador debe tener presente las siguientes consideraciones:

- Nombre de la sala para referencia a los usuarios
- Definir si se requiere un número (PIN) de acceso
- Definir si se permiten usuarios invitados, o solamente tiene acceso los usuarios los que ingresen un PIN
- Tipo de *layout* que los usuarios ven (distribución de ventanas en la conferencia)
- Alias de acceso a la sala que pueden ser:
 - Numérico para H.323
 - Alfanumérico para WebRTC
 - URI para acceso desde tabletas y teléfonos inteligentes
 - URI para acceso desde Lync / Skype for Business

Con los alias de acceso, el administrador indica al usuario de la sala virtual cuál es el método de acceso a la misma. Esto dependerá del tipo de dispositivo que tenga para entrar a la reunión virtual. El siguiente ejemplo muestra la configuración de una sala virtual:

- Nombre de la sala: Videoconferencia
- PIN de acceso: 436576
- Usuarios invitados: requerido
- *Layout*: 1 + 7
- Aliases:
 - Numérico H.323: 3005
 - WebRTC: videoconferencia
 - URI dispositivos móviles: videoconferencia@vcunam.cudi.edu.mx
 - URI Lync / Skype for Business: videoconferencia@vcunam.cudi.edu.mx

El usuario final cuenta con guías e infografías de conexión al servicio multipunto que CUDI ha puesto a su disposición desde su página web¹³.

Adicionalmente, la capacitación para el uso de VC-CUDI permitió a los usuarios adoptar esta tecnología rápidamente. Para lo anterior, se realizaron talleres virtuales

¹³ Mayor información en *Videoconferencia CUDI | VC-CUDI*, <http://www.cudi.edu.mx/content/vc-cudi>

dirigidos a los usuarios de salas en conjunto con la empresa responsable de la implementación. Las reuniones se hicieron mediante VC-CUDI y estuvieron presentes 9 responsables de instituciones asociadas académicas, 4 coordinadores de grupos técnicos y 7 coordinadores de comunidades CUDI. La siguiente figura muestra los principales tipos de conexión a una sala virtual:

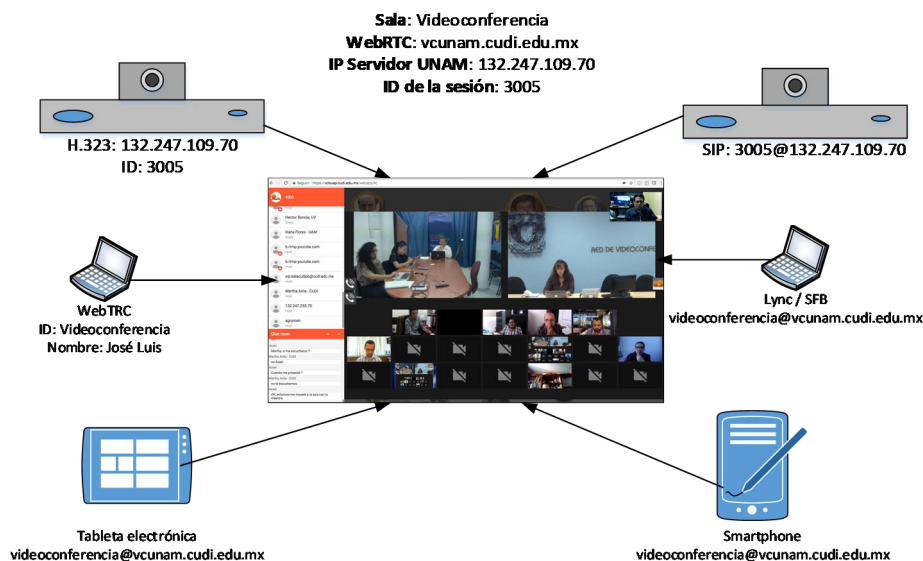


Fig. 12. Sala virtual con diferentes accesos. Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura, el usuario tiene diferentes formas de acceso a una sala virtual dependiendo de la terminal que tenga disponible. No solo se puede conectar a través de un servidor o nodo de conferencia, sino que lo puede hacer desde cualquier otro nodo en la red VC-CUDI empleando el ID de la sesión o nombre de la sala virtual.

Otra funcionalidad VC-CUDI es el envío de una sesión a streaming de *YouTube*. Este es una facilidad que permite a las instituciones grabar y enviar a la plataforma de *YouTube* una sesión en vivo. Para lo anterior se requiere que el usuario tenga registrada una cuenta en el portal de *YouTube* y una sala virtual de VC-CUDI. Básicamente, se configura un canal de *YouTube* desde su portal, el usuario copia el URL que se genera automáticamente y en VC-CUDI agrega una conexión como lo haría para agregar a otro participante en la sesión seleccionando el protocolo RTMP (*Real Time Messaging Protocol*)¹⁴. En este campo escribe la cadena que previamente copio del portal de *YouTube*, y una vez que da clic en el enlace, la conexión hacia el canal de *YouTube* se inicia.

¹⁴ Es un protocolo diseñado para multiplexar y empaquetar señales multimedia. Fuente: <http://www.adobe.com/devnet/rtmp.html>



Fig. 13. Transmisión en *YouTube* de una reunión en VC-CUDI. Fuente: canal de *YouTube* de CUDI.

6 Resultados y conclusiones

Con una capacidad total de 300 puertos simultáneos y a un año de puesto en marcha VC-CUDI, de acuerdo con los registros del uso del sistema, se han creado 93 salas virtuales y realizado 1,473 sesiones de videoconferencia con más de 14,240 conexiones [12]¹⁵. Algunos de los eventos más importantes que se han realizado utilizando VC-CUDI han sido: la primer reunión anual de la Red Temática Conacyt y Comunidad CUDI, la Red Latinoamericana de Tecnología Educativa (Red LaTE) en México, en la que participaron países como Colombia, Argentina, Uruguay y Perú. Además de una sesión especial con el Centro de Desarrollo en Telemedicina (TEMDEC por sus siglas en inglés) de la Universidad de *Kyushu*, en Japón¹⁶; así como sesiones con la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN)¹⁷.

La implementación de VC-CUDI ha permitido entre otras ventajas:

- incorporar la funcionalidad de WebRTC, que permite a los usuarios de computadoras personales conectarse desde cualquier navegador de Internet que incluya el estándar sin la necesidad de instalación de aplicaciones adicionales;
- descentralizar la carga de ancho de banda que usualmente tiene un

¹⁵ Con base en *Usando VC-CUDI el sistema de videoconferencia de la RNEI Mexicana*, http://www.cudi.edu.mx/boletin/2016/12_boletin_diciembre.html

¹⁶ Noticia de CUDI disponible en <http://www.cudi.edu.mx/noticia/usando-vc-cudi-el-sistema-de-videoconferencia-de-la-rnei-mexicana>

¹⁷ Sesión inaugural de la "Red de Amigos del CERN" <http://www.cudi.edu.mx/eventos/sesion-inaugural-de-la-red-de-amigos-del-cern>

nodo de video al contar con varios nodos de conferencia donde los usuarios se pueden conectar de diferentes dispositivos;

- agregar funcionalidades a los usuarios, como el uso de chat disponible para los clientes de WebRTC; así como la grabación y *streaming* de video a *YouTube*, inclusive desde otras redes sociales como *Facebook*¹⁸ brindando a los usuarios más posibilidades de transmisión de eventos;

- facilitar la operación de la red de videoconferencia al delegar responsabilidad al usuario que se le asigna una sala virtual dedicada. De esta forma, el administrador de una sala virtual agenda sus eventos de acuerdo a sus necesidades sin tener que solicitar permisos adicionales al VNOC CUDI.

Sin embargo, VC-CUDI ha presentado algunas particularidades que como se comentó al inicio de este trabajo no permiten tener un control total del sistema como se hace en una MCU basada en hardware *on-premise* (en las instalaciones del usuario). Algunos ejemplos son:

- no se cuenta con la diversidad de presentación de ventanas (layouts), *Pexip Infinity* solo incluye 4, otros sistemas cuentan de 10 a 20 variantes, y su manejo en una sala virtual no resulta como generalmente el usuario lo solicita;

- no se tiene una consola de administración completamente gráfica que permita realizar operaciones sobre la sesión o sobre el participante. Por ejemplo bloquear la señal de video, solamente se puede bloquear la del audio. Requiere de poder realizar operaciones de administración vía web. Muchas de las principales operaciones se hacen desde el entorno gráfico de la sala virtual.

- requiere de más capacitación para el administrador en la parte de configuración de máquinas virtuales, respaldos de los servicio a nivel *Pexip Infinity* y a nivel de sistemas operativos, así como en la seguridad de los servidores. En este proyecto colaboran especialistas en centros de datos, que soportan la actividad de monitoreo de la solución y en la realización de los respaldos de las máquinas virtuales en los periodos de tiempo establecido.

Cabe resaltar que el fabricante ha llevado a cabo diversas actualizaciones del sistema *Pexip Infinity* que es visible en la interfaz del usuario y en otras funciones. Cada actualización que se realiza a la plataforma toma muy poco tiempo, posiblemente menos de una hora, y la probabilidad de fallas después de una actualización es muy baja. Sin duda, son puntos importantes en un sistema basado en software. Falta mucho por hacer en VC-CUDI, sin embargo es una buena opción para brindar servicios multipunto y multiplataforma de bajo costo en una red nacional.

¹⁸ Para más información ver *Manual de Transmisión YouTube*
http://www.cudi.edu.mx/sites/default/files/CUDI/images/vc-cudi/manual_youtube_streaming.pdf

Agradecimientos

El autor desea expresar su agradecimiento a las autoridades, colegas, y personalidades de las siguientes instituciones por las facilidades otorgadas y su participación en el desarrollo del proyecto VC-CUDI:

- Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación de la Universidad Nacional Autónoma de México
 - o Dr. Felipe Bracho Carpizo - Director
 - o Dirección de Telecomunicaciones
 - M. en C. Ma. de Lourdes Velázquez Pastrana
 - Ing. Roberto Rodríguez Hernández
 - Ing. Norberto Montalvo García
 - Ing. Arturo González Román
 - o Dirección de Sistemas y Servicios Institucionales
 - Act. Fabián Romo Zamudio
 - Ing. Pedro Bautista
 - Ing. Oscar Luna
 - Mtra. Karla Erazo
 - Lic. Guillermo Vázquez
- Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet
 - o Lic. Carlos Casasús
 - o M. en C. Salma Jalife
 - o Lic. Eduardo Romero
 - o Lic. Martha Avila
 - o Ing. Silvia Chávez
 - o Lic. Daniel Aranda
- Multimedia S.A. de C.V.
 - o Ing. Teodoro Lopez

Referencias

1. GEANT Association. The Case for NRENs. National Research and Education Networks,
http://www.caseforrens.org/Resources_and_Tools/Document_Library/Documents/What%20is%20an%20NREN.pdf
2. Revista Digital Universitaria. Tecnologías audiovisuales en la educación.
http://www.revista.unam.mx/vol.5/num10/art71/nov_art71.pdf
3. Cisco. Cisco IP Videoconferencing Solution Reference Network Design Guide,
http://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/borderless-networks/ip-videoconferencing-solution/net_design_guidance09186a00800d67f6.pdf
4. Revista Digital Universitaria. Currículo de Fabián Romo Zamudio.
<http://www.revista.unam.mx/vol.5/num10/art71/curriculum.htm>
5. ITU. H.320. <https://www.itu.int/rec/T-REC-H.320/es>

6. ITU. H.323. <https://www.itu.int/rec/T-REC-H.323/es>
7. Ramirez, S. & Castañeda, C. (coord): CUDI Internet Avanzado: Red Nacional de Educación e Investigación - Unión de visiones y vinculación Institucional. México, Crown Quarto (2013)
8. Cisco. Introducción de Gatekeepers para H.323, http://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/voice/h323/5244-understand-gatekeepers.html
9. ITU-E.164, <https://www.itu.int/rec/T-REC-E.164-201011-I/es>
10. Global Dialing Scheme https://www.revolvy.com/topic/Global%20Dialing%20Scheme&item_type=topic
11. Rodríguez Valdez, José Luis. "Rapla: Sistema de planificación de recursos implementado en una red de videoconferencia." (2014)., <http://documentas.redclara.net/handle/10786/735>
12. Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet A.C. <http://www.cudi.mx>
13. Grupo Técnico de Videoconferencia <http://www.cudi.edu.mx/videoconferencia/index.html>
14. WebRTC <https://webrtc.org/>
15. Virtualización, <http://www.vmware.com/latam/solutions/virtualization.html>
16. Software MCU comparison - What does the market offer? <http://www.telepresence24.com/2013/07/11/software-mcu-comparison/>
17. ¿Qué es el VNOC?, <http://repositorio.cudi.edu.mx/handle/11305/387>
18. Pexip Inifinity, <https://www.pexip.com>
19. KIO Networks <https://kionetworks.com>

HYPERLINK