

DOI: <https://doi.org/10.46502/issn.2710-995X/2021.6.05>

Savón Berenguer, A., & Blanco Lores, H. (2021). Sistema de Transmisión Interhospitalaria de Imágenes Médicas. *Orange Journal*, 3(6), 48-57. <https://doi.org/10.46502/issn.2710-995X/2021.6.05>

Sistema de Transmisión Interhospitalaria de Imágenes Médicas

Interhospital Communication System of Medical Images

Recibido: 14 de noviembre de 2021

Aceptado: 17 de diciembre de 2021

Escrito por:

Asday Savón Berenguer¹⁶

<https://orcid.org/0000-0002-2188-6459>

Henry Blanco Lores¹⁷

<https://orcid.org/0000-0003-3132-5759>

Resumen

La transmisión de imágenes médicas entre instituciones hospitalarias, basada en estándares modernos y de manera segura, constituye una demanda no satisfecha dentro del Sistema de Salud de Cuba. Particularmente los departamentos radiológicos, que basan sus servicios en sistemas PACS, perciben tanto el incremento de los volúmenes diarios de información médica por las distintas modalidades imagenológicas como la reducción de personal especializado para analizar estos altos volúmenes. Las herramientas informáticas desplegadas en las instituciones hospitalarias no garantizan la compatibilidad con la normativa DICOM para la transmisión de imágenes médicas, lo cual limita o impide el intercambio entre ellas.

Se propone una solución basada en el sistema imagis PACS, desplegado en toda la región oriental de Cuba, y los servicios DICOM ofrecidos a través de la web que implementa el servidor DICOM ligero Orthanc, basados en el estándar DICOM. Se diseña un experimento para la validación de la solución, del cual se exponen los resultados obtenidos.

Palabras clave: transmisión inter-hospitalaria, imágenes médicas, DICOMweb, Orthanc, imagis.

Abstract

The transmission of medical images between hospital institutions, based on modern standards and in a safe manner, constitutes an unsatisfied demand within the Cuban Health System. Particularly radiological departments, which base their services on PACS systems, perceive both the increase in the daily volumes of medical information by the different imaging modalities and the reduction of specialized personnel to analyze these high volumes. The computer tools deployed in hospital institutions do not guarantee compatibility with the DICOM regulations for the transmission of medical images, which limits or prevents the exchange between them.

A solution is proposed based on the imagis PACS system, deployed throughout the eastern region of Cuba, and the DICOM services offered through the web that implements the lightweight Orthanc DICOM server, based on the DICOM standard. An experiment is designed for the validation of the solution, of which the results obtained are exposed.

Key Words: medical images, DICOMweb, imagis, interhospital communication, Orthanc

¹⁶ Licenciado en Ciencias de la Computación, Centro de Biofísica Médica, Especialista "B" en Ciencias Informáticas, Gestión y Procesamiento de Datos Biomédicos, Patricio Lumumba s/n, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

¹⁷ Máster en Ciencias de la Computación Henry Blanco Lores, Centro de Biofísica Médica, Investigador Auxiliar, Gestión y Procesamiento de Datos Biomédicos, Patricio Lumumba s/n, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

Introducción

Transmitir imágenes médicas e información médica asociada, de forma rápida, segura y estandarizada, desde cualquier lugar y en cualquier momento, es un gran anhelo para la mayoría de las instituciones radiológicas cubanas, necesitadas de servicios de diagnóstico remoto, consultas de segunda opinión y discusión de casos. Aunque ha habido avances en este sentido por la industria nacional de software a través de sistemas como, imagis PACS y Alas PACS, aún quedan aspectos importantes a resolver para lograr una independencia tecnológica respecto a plataformas comerciales utilizadas para desarrollar estos servicios. No obstante, considerando la gran cantidad de sistemas y herramientas de código abierto orientados a la imagenología y disponibles además en Internet, creemos que: la transmisión inter-hospitalaria de imágenes médicas, de forma rápida, segura y estandarizada, es factible a través de una solución integral compuesta por varias de estas herramientas con sistemas de factura nacional como el sistema PACS imagis.

La transmisión rápida y segura de las imágenes médicas es un factor esencial para afrontar la actual sobrecarga de información existente, vinculada a la radiología (Acuña, 2020), (Prats & Izquierdo, 2020). Estos servicios radiológicos, soportados actualmente por sistemas de información conocidos como PACS, han visto crecer el volumen de imágenes generadas diariamente debido al incremento y especialización de modalidades imagenológicas como tomografía computada, resonancia magnética y ecocardiografía. A su vez esto ha provocado una notable insuficiencia respecto a la cantidad de radiólogos necesarios para procesar y analizar estos grandes volúmenes de datos (Acuña, 2020), (Oprisan, Arriagada, Delgado & Bonmatí, 2021), (Solís & Serrano, 2020), (Umaña, 2021). Una de las soluciones a este problema ha sido la creación de centros de diagnóstico a distancia y de teleradiológico, lo que pone en primer plano el tema de la velocidad y la seguridad de la transmisión a través de redes de área global (Galván, Velázquez, Benítez, Ortellado, Rivas, Barrios & Hilario, 2017), (Moreno, 2017). Alcanzar velocidades próximas a los Gigabits por segundo y proveer un marco seguro de transmisión e integridad de los datos, son aspectos especialmente sensibles en las imágenes médicas. Por ejemplo, transmitir un estudio de tomografía computada (e.g., 200 imágenes de 512 KB) de forma local, en una institución médica, tomaría unos pocos segundos en completarse. Sin embargo, entre instituciones médicas este tiempo podría tomar varios minutos; que al multiplicarse por la cantidad de estudios que se generan diariamente en una institución de salud (no menos de 50 estudios diarios) tomaría horas en completar esta tarea.

Por otro lado, la seguridad de la transmisión, así como la integridad de las imágenes y datos asociados, es algo de alta sensibilidad en los servicios de salud. La no anonimización de los datos, así como la posibilidad de que las imágenes puedan ser interceptadas y alteradas por un tercero durante el proceso de transmisión, pueden generar serios problemas en el diagnóstico radiológico e incluso generar demandas judiciales por parte de los perjudicados (Emaldi, 2021), (Álvarez *et al.* 2020). En las redes de área local este problema es menos grave dado que, por regla, el acceso externo a los datos está limitado por cortafuegos o firewalls. Además, existe un protocolo de comunicación de imágenes médicas, conocido como DICOM, que proporciona diferentes mecanismos de seguridad, tanto en la transmisión local de los datos, como en la integridad de éstos. Sin embargo, en las redes de área global el escenario es diferente considerando que el protocolo DICOM no es permitido y que los protocolos de comunicación de datos más utilizados, HTTP (navegación web), SMTP (correo electrónico) y FTP (transferencia de archivos) no fueron concebidos para las imágenes médicas. En este otro escenario, las imágenes médicas son empaquetadas dentro de tramas correspondientes a los protocolos mencionados, y estos a su vez se apoyan en protocolos de seguridad muy populares conocidos como, SSL y TLS para proveer la necesaria seguridad e integridad de los datos durante la transmisión.

Diversas herramientas para la transmisión inter-hospitalaria de imágenes médicas disponibles en Internet, bajo el modelo de código abierto, junto a otras desarrolladas en Cuba, bajo el modelo de código cerrado, pueden ser utilizadas en beneficio de los servicios radiológicos. Uno de los casos más atractivos es el servidor ligero DICOM de código abierto, Orthanc (Jodogne, 2018). Este sistema provee una interfaz de usuario y varios plugins asociados que facilitan la búsqueda, recuperación y transmisión de imágenes médicas en servidores DICOM disponibles en redes de área local y global. Esta joven plataforma (creada en 2015), está disponible en los repositorios de varias distribuciones de Linux, haciéndolo muy atractivo para su uso inmediato. De hecho, varios sistemas de tipo comercial (e.g., GE Healthcare y Osimis) utilizan esta herramienta. Otro interesante sistema bajo el mismo modelo de código abierto es Dicoogle (Lebre,

Pinho, Silva & Costa, 2020). A través de su interfaz de usuario, algunos servicios web y una interfaz de programa, el sistema facilita la transmisión inter-hospitalaria de imágenes médicas. Su utilidad ha sido demostrada al ser utilizado como base de sistemas de software comerciales (e.g., “PACScenter”). Similarmente ha servido de base a actividades de investigación vinculadas a las imágenes médicas. En el ámbito nacional cubano destacan los sistemas PACS, Alas (Vega Izaguirre, Ciudad Ricardo, Duque García & Soler Izquierdo, 2020) e imagis (Mesa Pujals, Rodríguez Siret & Hernandez-Cortes, 2021), ampliamente utilizados en el sistema nacional de salud cubano. El primero bajo un modelo de tipo código cerrado y dirigido a sistemas operativos Windows; mientras que el segundo utiliza un modelo de código abierto y ha sido optimizado para sistemas Linux. Tanto Alas como imagis, brindan facilidades para el intercambio interhospitalario de imágenes médicas, utilizando protocolos propietarios, no compatibles con la normativa DICOM. Esto obviamente impone importantes barreras de integración no solo entre ellos sino con sistemas PACS de terceros; lo que va en detrimento de mejorar los servicios de comunicación de imágenes médicas en sentido general.

Las experiencias alcanzadas en el desarrollo de sistemas PACS propios, unido a la disponibilidad de herramientas compatibles con DICOM de tipo código abierto, crean las condiciones necesarias para el desarrollo de soluciones integrales que posibiliten la transmisión rápida, segura y estandarizada de las imágenes médicas. En este trabajo son presentadas evidencias sobre la factibilidad de este tipo de soluciones. En particular son aprovechados los servicios web proporcionados por el servidor DICOM Orthanc y el alcance del sistema PACS, imagis, en toda la región oriental de Cuba. Especial énfasis se realiza en ilustrar los tiempos de transmisión inter-hospitalaria de imágenes médicas para diferentes modalidades imagenológicas, simulando además el posible flujo de información en un entorno clínico real. La siguiente sección muestra la configuración de los sistemas Orthanc, DCM4CHEE¹⁸ e imagis para lograr una transmisión segura, rápida y estandarizada. El diseño de los experimentos realizados es descrito, así como el procesamiento y análisis realizado a los datos obtenidos. En la sección Resultados y Discusión son presentados los tiempos de transmisión en diferentes situaciones operacionales, similares a las existentes en la práctica radiológica diaria. Por último, en la sección Conclusiones el significado de estos resultados son contrastados con respecto a nuestra hipótesis fundamental de trabajo.

Marco Teórico

DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) es un estándar mundial que especifica cómo debe realizarse la codificación y la transmisión de imágenes médicas y otros datos asociados (e.g., reportes imagenológicos), en una red digital de alcance local, utilizando el protocolo de red TCP/IP. Define además la codificación en disco de los objetos DICOM.

DICOMweb es una normativa, incluida en el estándar DICOM, que especifica cómo debe realizarse la comunicación de objetos DICOM (e.g., imágenes y reportes médicos) a través de la web, utilizando protocolos HTTP/HTTPS.

En sentido general, un PACS (Picture Archiving and Communication System) es un sistema de hardware y software, especializado en el almacenamiento y la transmisión de imágenes médicas en redes de computadoras y que comúnmente está basado en el estándar DICOM.

Metodología

Con el objetivo de demostrar la factibilidad de la transmisión inter-hospitalaria de imágenes médicas de forma rápida y segura fueron realizados varios experimentos de comunicación de imágenes utilizando herramientas de tipo PACS, disponibles en Internet bajo el esquema de código abierto. La idea fundamental de estos experimentos ha sido simular el posible intercambio de imágenes entre servicios de radiología de la región oriental de Cuba.

¹⁸ Este popular servidor de imágenes médicas está disponible bajo la modalidad de código abierto.

Hospitales Participantes

Específicamente, las pruebas fueron realizadas entre tres importantes hospitales del oriente cubano. Estos hospitales representan una referencia en la región debido a la calidad de los servicios radiológicos que prestan, así como el volumen de imágenes que generan:

- Hospital Clínico Quirúrgico, Juan Bruno Zayas (Hospital JBZ). Ubicado en la ciudad de Santiago de Cuba, dispone de equipamiento imagenológico de alto nivel. En particular un resonador magnético de 1.5 Tesla, un tomógrafo axial computarizado monocorte y un equipo de rayos-X digitales.
- Hospital Clínico Quirúrgico, Saturnino Lora (Hospital SLT). Conocido como “Hospital Provincial” está también ubicado en la ciudad de Santiago de Cuba. Dispone de equipos de tomografía axial computarizada y de equipos de rayos-X digitales.
- Hospital Clínico Quirúrgico, Lucía Iñiguez Landín (Hospital LIL). Está ubicado en la ciudad de Holguín. Posee equipos de resonancia magnética, tomografía axial computarizada y equipos de rayos-X digitales.

Redes de Comunicación y Configuraciones Utilizadas

Los experimentos de comunicación de imágenes fueron realizados utilizando la red de datos para el sector de la salud conocida como CNICM¹⁹. En el caso de las provincias de Santiago de Cuba y Holguín fueron utilizadas las redes homólogas de cada uno de estos territorios, denominadas como CPICM²⁰ -Santiago y CPICM-Holguín respectivamente. La figura 1 (ver debajo) muestra el esquema general de interconexión entre 2 instituciones de salud de Santiago de Cuba (Hospital JBZ y el Hospital SLT), además de la interconexión entre el hospital JBZ y el Hospital LIL de la provincia de Holguín. Adicionalmente, la figura 2 muestra una versión simplificada de la configuración de red utilizada en la transmisión de imágenes entre las tres instituciones de salud mencionadas, utilizando los sistemas DCM4CHEE y Orthanc.

En cada una de las instituciones de salud consideradas existe un servidor de imágenes médicas compatible con el estándar DICOM (DCM4CHEE). Este servidor, conectado a la red local de la institución, recibe imágenes procedentes de las modalidades imagenológicas existentes (e.g., escáneres de CT, MR y equipos de RX) y distribuye estas imágenes a las diferentes estaciones de visualización radiológicas. Adicionalmente, para cada institución fue configurado un servidor ligero de imágenes médicas (Orthanc), encargado de transmitir imágenes médicas a través de redes de área global como se ilustra en la figura 2. Cada uno de estos servidores ligeros son visibles entre ellos dentro de la red de salud donde fueron configurados. En el caso de los servidores Orthanc de los hospitales Juan Bruno Zayas y Saturnino Lora Torres, ambos de la ciudad de Santiago de Cuba, estos están conectados a través del CPICM de esa ciudad. Y a su vez son enlazados con el hospital Lucía Iñiguez Landín de Holguín a través del CPICM de esa ciudad y del CNICM de Ciencias Médicas, conocido popularmente como INFOMED.

¹⁹ Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas.

²⁰ Centro Provincial de Información de Ciencias Médicas.

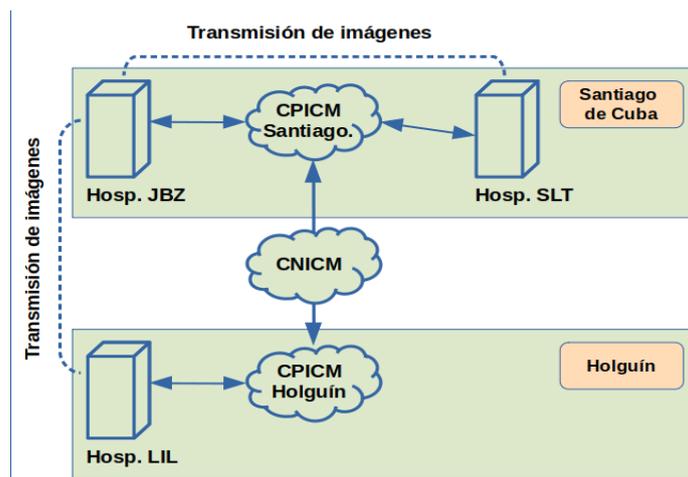


Fig. 1. Esquema general de interconexión entre 3 hospitales de la región oriental de Cuba para la transmisión de imágenes médicas.

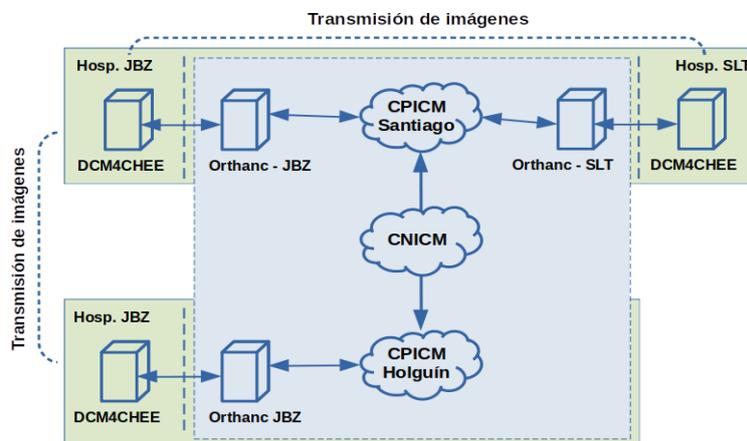


Fig. 2. Esquema de red correspondiente a los servidores de imágenes (DCM4CHEE y Orthanc) y la interconexión utilizada en los experimentos de transmisión de imágenes entre tres hospitales de la región oriental de Cuba.

Juego de Datos y Transmisión de Imágenes

Considerando los tipos de imágenes generados en la práctica diaria por las instituciones de salud participantes, tres conjuntos de datos fueron conformados, uno por cada modalidad imagenológica (i.e., CT, MR y RX) como se muestra en la tabla debajo. Las pruebas de transmisión inter-hospitalaria de las imágenes fueron simuladas considerando diferentes y en especial los peores escenarios para la transmisión de grandes volúmenes de datos.

Tabla 1.0.

Estudios imagenológicos correspondientes a tres modalidades frecuentemente utilizadas en la práctica radiológica de hospitales cubanos. La cantidad de estudios listada se corresponde con el promedio de estudios diarios realizados.

Modalidad Imagenológica	Cantidad de Estudios	Tamaño de los Datos
Tomografía Axial Computada (CT)	40	1.70 GiB
Resonancia Magnética (MR)	26	0.68 GiB
Radiografías Digitales (RX)	40	1.03 GiB

Los juegos de datos listados en la tabla anterior (tabla 1.0) fueron enviados en tres horarios diferentes en el caso de la transmisión intra-provincial (i.e., entre hospitales de Santiago de Cuba) y en dos horarios, en el caso de la transmisión inter-provincial (Juan Bruno Zayas y Lucía Íñiguez Landín). Los horarios fueron escogidos con arreglo al tráfico de red durante la práctica médica en estos hospitales. Las mediciones son realizadas durante 6 días en ambos casos.

Una primera transmisión es realizada a las 9:00 am, momento en que ya los servicios imagenológicos llevan no menos de 1.5 horas de iniciados, y los diferentes especialistas vinculados a las imágenes utilizan herramientas para el intercambio de información vinculada a su quehacer diario (e.g., correo electrónico, navegación web, etc.). Un segundo momento de transmisión de datos es considerado a las 11:00 am. En este escenario la cantidad de estudios ha crecido a no menos de la mitad de los casos generados diariamente como promedio. Más aún, en este momento la utilización de otros servicios de información de red, y por tanto el tráfico en la red, continúa creciendo y alcanza valores próximos al máximo diario. Un último momento para la transmisión de datos es considerado a las 2:00 pm. En este escenario el volumen de imágenes alcanza valores próximos al máximo diario. En cualquiera de los tres escenarios considerados asumimos un volumen máximo de imágenes a transmitir. Es decir, que la sumatoria de los estudios listados en la tabla 1.0 fue transmitida en cada uno de estos horarios. En el caso de la transmisión inter-provincial de imágenes médicas, fueron utilizados horarios correspondientes al inicio y terminación de la generación de estudios imagenológicos, es decir, 9:00 am y 2:00 pm.

Resultados y Discusión

Los principales resultados, correspondientes a los experimentos de transmisión de imágenes médicas, son presentados en esta sección. Para una mejor comprensión, estos resultados son separados de acuerdo al alcance de las transmisiones realizadas. Primeramente son presentados y analizados los resultados de las transmisiones intra-provinciales y luego los correspondientes al caso inter-provincial.

Transmisión Intra-provincial de Imágenes

Esta sección muestra los tiempos de transmisión inter-hospitalaria e intra-provincial relativos al juego de datos considerado en la sección anterior. En este caso se trata de la transmisión inter-hospitalaria entre los hospitales Juan Bruno Zayas y Saturnino Lora Torres, ambos ubicados en la ciudad de Santiago de Cuba.

Tabla 2.1.

Transmisión de estudios durante 6 días entre JBZ y SLT en el horario de las 9:00 am.

Estudio imagenológico	Hora de transmisión	Tiempo mínimo de transmisión	Tiempo máximo de transmisión	Tiempo promedio de transmisión
40 estudios de CT	9:00 am	00:06:16	00:06:34	00:06:24
26 estudios de MR	9:00 am	00:02:58	00:03:21	00:03:10
40 estudios de RX	9:00 am	00:03:31	00:05:31	00:04:08

Como ilustra la tabla 2.1, aproximadamente una hora y media después del inicio de los estudios imagenológicos, un total de 106 estudios CT, MR y RX son transmitidos en menos de 15.5 minutos (ver tiempo máximo de transmisión) desde un hospital a otro. Los tiempos mínimo y promedio de transmisión, 12 min. con 45 seg. y 13 min con 42 seg. respectivamente, no exhiben valores significativamente diferentes al tiempo máximo de transmisión. De aquí podemos inferir que en el envío de volúmenes de imágenes similares (más de 100 estudios, equivalente a no menos de 3 mil imágenes) pueda ser realizado en un tiempo relativamente aceptable, es decir, en aproximadamente un cuarto de hora.

Tabla 2.2.

Transmisión de estudios entre los hospitales JBZ y SLT por espacio de 6 días en el horario de carga alta de la red (11 am).

Estudio imagenológico	Hora de transmisión	Tiempo mínimo de transmisión	Tiempo máximo de transmisión	Tiempo promedio de transmisión
40 estudios de CT	11:00 am	00:06:15	00:06:39	00:06:25
26 estudios de MR	11:00 am	00:02:46	00:03:15	00:02:57
40 estudios de RX	11:00 am	00:03:37	00:05:11	00:04:01

En el caso del horario próximo al mediodía (Tabla 2.2), en el cual existe una alta carga en la red respecto al intercambio de datos, los resultados son muy similares al horario de la mañana. Las mediciones realizadas muestran que el tiempo máximo de transmisión es de prácticamente 15 minutos. Al considerar el tiempo mínimo y promedio de transmisión en ese horario, la mayor diferencia no supera los 5.7 minutos respecto al tiempo máximo de transmisión. Tenemos entonces que ese horario y ese volumen de datos tampoco representan un importante obstáculo para la transmisión satisfactoria de los datos entre servicios vinculados a las imágenes médicas de una misma ciudad.

Tabla 2.3.

Transmisión de estudios entre los hospitales JBZ y SLT por espacio de 6 días en el horario de carga alta de la red (2 pm).

Estudio imagenológico	Hora de transmisión	Tiempo mínimo de transmisión	Tiempo máximo de transmisión	Tiempo promedio de transmisión
40 estudios de CT	02:00 pm	00:06:12	00:06:48	00:06:28
26 estudios de MR	02:00 pm	00:02:56	00:03:08	00:03:03
40 estudios de RX	02:00 pm	00:03:39	00:06:39	00:04:20

Similarmente a los otros dos horarios considerados anteriormente, las transmisiones en el horario de la tarde son realizadas de forma relativamente rápida. Como ilustra la tabla 2.3, el total de estudios imagenológicos de las modalidades más representativas (CT, MR y RX) es transmitido, en el peor de los casos, en 16.5 minutos. Los tiempos mínimo y promedio de transmisión, unos 12.78 minutos y 13.85 minutos respectivamente, tampoco muestran grandes diferencias respecto al tiempo máximo de transmisión. Estos resultados confirman la factibilidad de intercambiar de forma rápida (alrededor de 15 minutos) grandes volúmenes de imágenes médicas, resultantes de la práctica diaria entre departamentos de radiología de diferentes instituciones hospitalarias.

En sentido general, podemos decir que los tiempos de transmisión inter-hospitalaria a nivel intra-provincial son muy favorables. Estos relativamente cortos tiempos de transmisión entre hospitales de una misma ciudad, están muy estrechamente relacionados a la topología y a la configuración de la red de salud en el territorio. Con velocidades de XXX Mbps es posible garantizar servicios de esta naturaleza y expandirlos a otras instituciones de la provincia.

Transmisión Inter-provincial de Imágenes

Esta sección muestra los tiempos obtenidos de transmisión entre instituciones hospitalarias de diferentes provincias, empleando el juego de datos presentado anteriormente. En particular, analizamos los resultados de la transmisión entre los hospitales Juan Bruno Zayas (Santiago de Cuba) y Lucía Ñíguez Landín (Holguín).

Tabla 2.4.

Transmisión de estudios entre los hospitales JBZ y LIL por espacio de 6 días en el horario de las 9 am.

Estudio imagenológico	Hora de transmisión	Tiempo mínimo de transmisión	Tiempo máximo de transmisión	Tiempo promedio de transmisión
40 estudios de CT	9:00 am	00:25:19	00:30:39	00:24:07
26 estudios de MR	9:00 am	00:18:58	00:24:06	00:22:28
40 estudios de RX	9:00 am	00:06:09	00:07:42	00:06:36

En el caso de la transmisión inter-hospitalaria de imágenes médicas entre diferentes provincias, y particularmente en la mañana, los tiempos de transmisión son aproximadamente 4 veces superiores a la transmisión intra-provincial, pero aún razonables. Específicamente, el tiempo máximo de transmisión de nuestro juego de datos es de aproximadamente una hora. Por su parte, los tiempos mínimo y promedio de transmisión (Tabla 2.4), unos 50.3 y 53.2 minutos respectivamente, no difieren de forma apreciable respecto al tiempo máximo de transmisión. En términos prácticos, estos resultados indican que, en el peor de los casos, a un facultativo le tomaría 30 minutos enviar 40 estudios imagenológicos entre 2 instituciones remotas. Esto significa que, por ejemplo, un estudio de CT (al menos unas 50 imágenes), tomaría unos 1.3 minutos en enviar 1 estudio de CT, lo que representa un muy buen desempeño para este tipo de datos. De aquí que, sea factible la transmisión inter-provincial de imágenes, aun cuando el tiempo de transmisión es significativamente mayor al caso intra-provincial.

Tabla 2.5.

Transmisión de estudios entre los hospitales JBZ y LIL por espacio de 6 días en el horario de carga alta de la red (2 pm).

Estudio imagenológico	Hora de transmisión	Tiempo mínimo de transmisión	Tiempo máximo de transmisión	Tiempo promedio de transmisión
40 estudios de CT	02:00 pm	00:26:17	00:28:15	00:27:15
26 estudios de MR	02:00 pm	00:18:34	00:21:58	00:20:38
40 estudios de RX	02:00 pm	00:05:49	00:06:57	00:06:19

Los resultados de la transmisión inter-hospitalaria e inter-provincial en el horario de la tarde son muy similares al escenario de la mañana. Los 106 estudios de imagenológicos considerados en nuestro juego de datos son transmitidos en un tiempo máximo de 56.2 minutos. Los tiempos mínimo y promedio de transmisión son de 50.7 y 54.2 minutos respectivamente (Tabla 2.5). Por tanto, podemos decir que no existen diferencias significativas respecto al tiempo máximo de transmisión. Partiendo de lo anterior, inferimos que la transmisión de volúmenes equivalentes de información imagenológica entre entidades hospitalarias es factible, en un tiempo inferior a una hora.

Estas diferencias entre los tiempos de transmisión de los datos del escenario intra-provincial y del escenario inter-provincial están motivadas a que las configuraciones de red obviamente no son las mismas. En este escenario, como es de esperar, existe una mayor heterogeneidad entre los elementos de red involucrados en la transmisión con configuraciones y velocidades de transmisión diversas e incluso menores. No obstante, como se ha ilustrado sigue siendo muy factible la transmisión inter-hospitalaria de imágenes médicas.

Conclusiones

Nuestros resultados experimentales demuestran la factibilidad de la transmisión intra e inter provincial de grandes volúmenes de imágenes médicas. La transmisión inter-hospitalaria e intra-provincial es de aproximadamente un cuarto de hora; mientras que para el caso de la transmisión inter-provincial el tiempo es menor a una hora. Podemos expresar entonces que el volumen de imágenes diario generado por un departamento imagenológico puede ser enviado remotamente en una hora, lo cual resulta en un tiempo satisfactorio.

Gran parte del volumen de imágenes generado por un departamento imagenológico está orientado a su uso interno interno y no a ser transmitido remotamente. Esto refuerza nuestro planteamiento de que la capacidad

de transmisión de la solución aquí mostrada excede la capacidad real de uso por parte de los especialistas del departamento.

El empleo en las instituciones hospitalarias de los servicios de red de datos no tiene un impacto significativo sobre los tiempos de transmisión obtenidos, lo que permite puedan realizarse las transmisiones inter-hospitalarias de manera simultánea. Lo anterior hace posible la integración de la transmisión inter-hospitalaria de imágenes médicas a la red de datos del SNS, como un servicio más, sin provocar afectaciones apreciables sobre los ya existentes.

El diagnóstico imagenológico remoto a gran escala, en las condiciones tecnológicas actuales del SNS cubano, es factible a través de la utilización combinada de herramientas de código abierto disponibles y de la solución imagis PACS.

El empleo de elementos de código abierto disponibles en el proyecto Orthanc para la implementación de un componente de software que permita la TIIM mediante el empleo de estándares modernos y seguros es posible. Esto beneficia a las entidades hospitalarias del SNS mediante la incorporación de la TIIM en resultados importantes del CBM como el imagis PACS y la Red Oriental de Imágenes Médicas, dotándolos de esta capacidad.

Referencias Bibliográficas

- Acuña, H. J. (2020). Realización de informes de tomografías para colaborar en la disminución de las listas de espera en el Servicio de Radiología e Imágenes Médicas del Hospital Monseñor Sanabria. Universidad de Costa Rica. Recuperado en 09 de septiembre de 2021, de <https://hdl.handle.net/10669/81408>.
- Álvarez, C. A., et al. (2020). Ética en el uso de las imágenes clínicas. Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado en 13 de diciembre de 2021, de: <http://hdl.handle.net/10554/50291>.
- Emaldi, A. (2021). Protección de datos personales en el ámbito sanitario y de investigación biomédica: Una visión europea. *Actualidad jurídica iberoamericana*, 14(2021), 718-747. Recuperado en 08 de septiembre de 2021, de https://idibe.org/wp-content/uploads/2021/03/20._Aitziber_Emaldi_pp._718-747.pdf.
- Galván, P., Velázquez, M., Benítez, G., Ortellado, J., Rivas, R., Barrios, A., & Hilario, E. (2017). Impacto en la salud pública del sistema de telediagnóstico implementado en Paraguay. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 41, e74. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/34003>.
- Jodogne, S. (2018). The Orthanc ecosystem for medical imaging. *Journal of digital imaging*, 31(3), 341-352. Recuperado en 10 de septiembre de 2021, de <https://doi.org/10.1007/s10278-018-0082-y>.
- Lebre, R., Pinho, E., Silva, J. M., & Costa, C. (2020). Dicoogle Framework for Medical Imaging Teaching and Research. In 2020 IEEE Symposium on Computers and Communications, 1(2020), 1-7. <https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/ISCC50000.2020.9219545>.
- Mesa Pujals, A. A., Rodríguez Siret, F., & Hernandez-Cortes, K. S. (2021). Una herramienta para la comunicación estandarizada de resultados de análisis de imágenes cuantitativos utilizando DICOM. AEIPRO. Recuperado en 08 de septiembre de 2021, de <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/3022>.
- Moreno, M. C. (2017). Sistema de diagnóstico remoto para centros de salud rurales del Ecuador (Tesis de Maestría), Pontificia Universidad Católica de Ecuador. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/13707>.
- Oprisan, A., Arriagada, E. B., Delgado, C. B., & Bonmatí, L. M. (2021). Prevalencia y factores de desgaste profesional en radiólogos durante la pandemia COVID-19. *Radiología*, 63(6). <https://doi.org/10.1016/j.rx.2021.09.003>.
- Prats, L., & Izquierdo, J. L. (2020). Patología respiratoria en la era del Big Data. *Open Respiratory Archives*, 2(4), 284-288. <https://doi.org/10.1016/j.opresp.2020.07.003>.
- Solís, P. V., & Serrano, C. M. (2020). Las Cargas de Trabajo en Radiología [Archivo PDF]. Recuperado en 10 de septiembre de 2021, de <https://facme.es/wp-content/uploads/2020/08/Las-cargas-de-trabajo-en-radiologia.pdf>.

- Umaña, A. A. (2021). Disminución en las listas de espera de ultrasonido en los servicios de radiología e imágenes médicas de los hospitales Fernando Escalante Pradilla y Maximiliano Terán Valls, durante los meses de mayo y junio de 2019. Universidad de Costa Rica. Recuperado en 10 de septiembre de 2021, de <https://hdl.handle.net/10669/81435>.
- Vega Izaguirre, L., Ciudad Ricardo, F.Á., Duque García, E.Y., & Soler Izquierdo, G. (2020). Sistema de Información Radiológica XAVIA RIS. Revista Cubana de Informática Médica, 12(2), e352. Epub 01 de diciembre de 2020. Recuperado en 09 de septiembre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592020000200006&lng=es&tlng=es.