

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 7



Diseño de un Proceso de intercambio para la Teleradiología en Centros Radiológicos Especializados

Trabajo de Diploma para optar por el Título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas

Autores: Vladimir Leonardo Álvarez Infante

Alberto Febles Peña

Tutores: Ing. Darién Menéndez Molina

Ing. Raíza García Miniet

La Habana, junio de 2011

“Año 53 de la Revolución”

DATOS DE CONTACTO

Ing. Darién Menéndez Molina: Profesor Instructor graduado de Ingeniería en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informática. Ha impartido las asignaturas Procesamiento Digital de Imágenes, Software Libre y Estándares Internacionales para la Gestión de Información en Salud. Es profesor de la facultad 7 y se desempeña actualmente como Jefe de Proyecto dentro del Departamento de Software Imagenológicos (SWMI) de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI). Correo electrónico dmenendez@uci.cu

Ing. Raíza García Miniet: Profesora Instructor graduado de Ingeniería en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informática. Ha impartido clases de investigación de operaciones. Es profesora de la facultad 7 y forma parte del grupo de trabajo del Departamento de Software Imagenológicos (SWMI) de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI). Correo electrónico rsgarcía@uci.cu

DEDICATORIA

De Vladimir:

Les dedico la realización de este trabajo a mis padres por estar siempre a mi lado en todo momento, a mi abuela Dionisia, por ser el motor impulsor en todos mis estudios y a mi hermanita Daniela por ser mi fuente de inspiración.

De Alberto:

Dedicado a Fabio y la futura África, y a su abuela Eloísa, ahora ángel de sus vidas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Revolución Cubana y a la Universidad de las Ciencias Informáticas por darnos la oportunidad de formarnos como profesionales.

De Vladimir:

Les agradezco la realización de esta tesis a todas las personas que me han ayudado a colaborar de una forma u otra con la realización de la misma.

Le agradezco a toda mi familia que me ha apoyado con mis estudios.

A mis padres, a mi hermanita Daniela, a mis abuelos Dionisia, Leonardo, Mirtha, a mis tías Naty y Bety, a mis Primos Leonardo y Natacha y a Emilio.

Le agradezco a mis tutores Darién, Raíza, y a mi oponente Andro.

Le agradezco a mis amigos Juan Manuel, Yisel, Juan Miguel, Daniel Ben, Merlín, Lorenzo, Javier y Alexis

De Alberto:

Doy gracias a todas las personas que se han visto involucradas de alguna forma con la realización de este trabajo, en especial a Vladimir y Darién.

Resumen

La transmisión de información radiológica (imágenes e informes) entre instituciones médicas se ha convertido en un servicio de vital importancia para los sistemas de salud pública en el mundo. Por ello para solucionar la falta de cooperación entre centros hospitalarios para consultas de segunda opinión, la pobre informatización de los centros de salud, así como la falta de experiencia sobre el ámbito teleradiológico.

Como objetivo general del trabajo de diploma se plantea realizar el diseño de un proceso que posibilite el intercambio de información en un centro especializado en diagnóstico teleradiológico. Para llegar al objetivo propuesto se realizó un estudio de las normas que define IHE y de los estándares para la transmisión de información médica HL7 y DICOM. Se usó la herramienta de modelado Enterprise Architect para realizar los diagramas de actividades del proceso teleradiológico. Además se utilizó BPMN como lenguaje para modelar los procesos de negocio y UML para el modelado de otros artefactos. Se identificaron los requerimientos funcionales y no funcionales que permitan el envío de la información radiológica.

Como resultado se propuso el diseño de un proceso teleradiológico que constituye una guía para efectuar la teleradiología en centros radiológicos especializados. Su implementación posibilitará la automatización de procesos con el objetivo de mejorar la calidad de la salud, así como la atención de los pacientes.

Palabras claves: Intercambio de Información de Procesos, Teleradiología, Telemedicina, Diseño de Procesos.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
1.1. Análisis Histórico Lógico de la Telemedicina.....	5
1.2. Conceptos generales asociados al dominio del problema	6
1.3. Tendencias Actuales en la Teleradiología	9
1.4. Análisis de Soluciones.....	13
1.5. Tecnologías Actuales	26
1.6. Herramientas de Modelado	30
1.7. El Análisis de los costos principales para realizar un sistema de teleradiología.	30
1.8. Clasificación de la Telemedicina en el Tiempo.....	31
CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DE LA TELERADIOLOGÍA	33
2.1. Componentes del sistema de Teleradiología.....	33
2.2. Elementos Básicos de un Sistema de Teleradiología	35
2.3. Redes para la Teleradiología	41
2.4. Seguridad de los Sistemas	44
2.5. Flujograma de trabajo en los procesos teleradiológicos.....	46
2.6. Modelo de negocio en el sistema de salud Cubano	48
CAPÍTULO 3. PROPUESTA DEL PROCESO TELERADIOLÓGICO	50
3.1 Descripción de las Actividades del Proceso Teleradiológico	50
3.2. Automatización de los Procesos	54
3.3. Cálculo para el almacenamiento en los Servidores de Imágenes.....	59
CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	67
GLOSARIO DE TÉRMINOS	70

ANEXOS	72
---------------------	-----------

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las tecnologías y las comunicaciones se ha introducido de manera muy positiva en todos los sectores de la sociedad. Hoy día se puede hablar de informática en ramas como: la cultura, el deporte, las industrias, la educación y la salud. En la medicina, su aplicación radica en los laboratorios de análisis clínicos, dispositivos electrónicos para hacer mediciones, archivos de imágenes y software de gestión hospitalaria. Estas aplicaciones centran su objetivo en ayudar al personal médico a mejorar la calidad de atención a los pacientes.

Actualmente la medicina moderna emplea grandes volúmenes de información que necesita estar disponible en el momento de tomar decisiones, tanto diagnósticas, terapéuticas como administrativas. Con el desarrollo acelerado de la tecnología médica digital, las redes informáticas y los sistemas de información, se han propiciado la construcción de centros especializados, de manera que éstos centros puedan suplir las necesidades y brindar servicios a poblados distantes.

En el mundo, en países como España, Colombia y México, existe una tendencia a la creación de centros especializados, sobre todo en el área de radiología. En estos centros hospitalarios de avanzada, se han creado las condiciones tecnológicas necesarias tales como: redes computacionales, enrutadores, sitios receptores y transmisores para el intercambio de información radiológica entre instituciones de salud, y así lograr diagnosticar una imagen en un centro de salud distante de última generación.

Todo este avance es posible gracias a la telemedicina y la teleradiología. La primera de ellas es la transferencia de información médica a distancia a través de las redes con el propósito de consultar, diagnosticar y realizar exámenes en tiempo real; su aplicación es más beneficiosa para aquellas poblaciones que viven en comunidades aisladas. La teleradiología es la transmisión de imágenes radiológicas de un lugar a otro; esta es un componente muy importante en la práctica radiológica, ya que aumenta sustancialmente la velocidad de respuesta de las decisiones médicas y permite el ahorro en desplazamientos y recursos al sistema de salud y a los pacientes. (1)

En Cuba a partir de 1998 se decide por el Ministerio de Salud Pública, abordar de conjunto con el grupo de la electrónica SIME, la implementación de una red de telediagnóstico para el sistema nacional de salud, soportada en la red telemática de salud INFOMED. Esta red permitía el intercambio constante de información a través de los sistemas Patris, producido por EICISOFT. Patris en un modelo de PACS (2)

Diseño de un Proceso de intercambio para la Teleradiología en Centros Radiológicos Especializados

Introducción

(sistema dedicado a la adquisición y almacenamiento de imágenes) sobre computadoras personales para la automatización de los departamentos de imagenología y telemedicina. (3) En cada una de las instalaciones de este sistema han sido muy específicos y diferentes los usos y beneficios que ha brindado en funciones docentes, clínicas, investigativas y organizativas. Sin embargo su uso en las instituciones de salud cubana no se potenció al máximo, lo cual no permitió su desarrollo de manera eficiente.

Con el objetivo de lograr mayor informatización en el área de la radiología, actualmente se lleva a cabo la instalación de sistemas que permitan el almacenamiento y transmisión de las imágenes médicas tales como: alas PACS Server, alas PACS Viewer y alas RIS desarrollados por la Universidad de las Ciencias Informáticas. Aunque estos productos resultan muy útiles, ninguno brinda una solución adecuada para implantar la teleradiología.

La creación de centros especializados en el diagnóstico radiológico requieren tanto de una red interna como una externa para la distribución de información radiológica entre el resto de las instituciones; con soporte para servicios tales como: diagnósticos imagenológicos remotos, el intercambio de reportes, intercambio de estudios de pacientes, servicios de mensajería, de una manera centralizada.

A pesar de la variedad de software disponible hasta el momento, no se ha podido dotar a dichos centros con estos tipos de servicios, lo cual está en franca contradicción con la proyección del desarrollo de esta rama de la medicina en Cuba. Existen centros especializados de referencia nacional que no poseen la infraestructura tecnológica necesaria para desarrollar la teleradiología. Mayormente por la falta de integración de todas sus soluciones y el poco trabajo enfocado a este tipo de centro. Por lo anteriormente expuesto, se plantea la **situación problemática** siguiente:

- ✓ Alta demanda de diagnóstico radiológico en zonas donde existe déficit de especialistas.
- ✓ Necesidad de cooperación entre centros hospitalarios para casos críticos.
- ✓ Centros especializados para la teleradiología pobremente informatizados.
- ✓ Mayor gasto de recursos y exposición de radiación a los pacientes, producto de la repetición de los estudios complementarios en cada uno de los centros.
- ✓ Los software disponibles no poseen todos los requerimientos para soportar la teleradiología.

Diseño de un Proceso de intercambio para la Teleradiología en Centros Radiológicos Especializados

Introducción

Teniendo en cuenta la situación problemática, se define como **problema a resolver**: ¿Cómo efectuar la teleradiología entre centros radiológicos especializados?

Con el objetivo de darle solución a la situación problemática se plantea como **objeto de estudio** los procesos de intercambio y distribución de información radiológica, y como **campo de acción** los procesos de intercambio y distribución de información radiológica en un centro especializado para la teleradiología.

Como **objetivo general** del trabajo de diploma se plantea: Realizar el diseño de un proceso que posibilite el intercambio de información en un centro especializado en diagnóstico teleradiológico.

Para darle cumplimiento a los objetivos específicos se definieron las siguientes **tareas de investigación**:

1. Evaluar las tendencias actuales para el intercambio de información radiológica inter-hospitalaria e intra-hospitalaria.
2. Realizar un análisis crítico y valorativo de los sistemas informáticos para el intercambio de información radiológica inter-hospitalaria e intra-hospitalaria existentes a nivel nacional e internacional.
3. Analizar y modelar los procesos de negocio asociados al intercambio y manipulación de información radiológica dentro y fuera de un centro especializado para la teleradiología.
4. Evaluar los estándares internacionales relacionados con el envío y transmisión de información radiológica y sus formas de empleo.
5. Proponer las vías de comunicación con otros centros hospitalarios conforme a los estándares médicos.
6. Definir las estrategias de integración del centro especializado para la teleradiología y las instituciones que requieren de sus servicios.
7. Especificar los Requerimientos Funcionales y No Funcionales de los sistemas que pudieran ser desarrollados para la informatización del centro para la teleradiología.
8. Evaluar la capacidad de almacenamiento necesario para almacenar los estudios médicos en correspondencia a la cantidad de solicitudes atendidas.

El documento se estructura de la siguiente manera:

Capítulo 1: En el capítulo constituye la fundamentación teórica del presente trabajo. Se aborda el estado del arte del tema a tratar a nivel nacional e internacional, se presentan las principales herramientas y tecnologías usadas para dar solución al problema propuesto.

Capítulo 2: En el capítulo se realiza un estudio de los componentes necesarios de la teleradiología. Se abordan los diferentes flujos de trabajo que se usan de manera general a nivel internacional y se presenta un estudio realizado en instituciones de salud cubana.

Capítulo 3: Se realiza la propuesta de diseño del proceso teleradiológico. Se exponen las actividades que componen esta propuesta, además de describirse las mismas. Se presentan también las aplicaciones informáticas con sus requerimientos funcionales y no funcionales, que debe de llevar el sistema para su posterior ejecución.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este capítulo se realiza un estudio detallado de los principales conceptos relacionados con la arquitectura de red y componentes de software para un centro especializado en diagnóstico radiológico. Se realiza un análisis del estado del arte a nivel nacional e internacional y de las principales herramientas, metodologías y estándares más usados para dar solución al problema propuesto.

1.1. Análisis Histórico Lógico de la Telemedicina

La Telemedicina surgió por parte del Departamento de Defensa Americano, en los años de la Segunda Guerra Mundial, con el propósito de servir de medio de soporte para mejorar la asistencia médica a los soldados que se encontraban alejados en misiones militares. A partir de 1950, Holter, Gengerelli y Glasscock, investigan la obtención de parámetros biológicos “sin tocar al hombre” y consiguen recibir por radio el electrocardiograma de personas que deambulaban por la calle a considerable distancia de la estación receptora. (4)

A principios de los años 1920 del siglo pasado, se realizan los primeros estudios sobre la telemedicina, la cual se fue desarrollando a medida del paso de los años. Los estudios históricos demuestran que la telemedicina tuvo una gran profundización y estudio por parte de sus investigadores. Entre los acontecimientos más importantes desde el inicio de la telemedicina hasta la actualidad se encuentran los siguientes:

Cronología de hitos importantes de la Telemedicina a nivel mundial: (5)

- 1924. Aparece en la revista Radio News, un artículo titulado “Doctor por Radio”, el cual abarcó la portada y se describe el esquema de la circuitería necesaria para lograrlo.
- 1951. Primera demostración que abarca varios de los estados de Estado Unidos, usando líneas dedicadas y estudios de televisión.
- 1955. En Montreal, el Dr. Albert Jutras realiza teleradiología, a fin de evitar las altas dosis de radiación que incidían en las fluoroscopias, se hizo uso de un interfono convencional.

- 1959. Nebraska, Cecil Wittson comienza sus primeros cursos de teleeducación y de telepsiquiatría, entre su Hospital y el Hospital del Estado en Norfolk, Virginia, a 180 kilómetros de distancia.
- 1971. Se inicia la era de los satélites, en especial el ATS (lanzado en 1966), con el fin de mejorar las prestaciones de una comunidad de nativos de Alaska.
- 1972. Inicio de STARPAHC, programa de asistencia médica para nativos de Papago Arizona. Se realizó electrocardiografía y radiología y se transmitió por medio de microondas.
- 1975. Finaliza el programa STARPAHC, el cual fue adaptado de un programa de atención médica para astronautas por la compañía Lockheed.
- 1988. Nasa lanza el programa "Space Bridge" a fin de colaborar con Armenia y Ufa (en esa época pertenecientes a la unión soviética), Armenia fue devastada por un terremoto. Las conexiones se hicieron usando vídeo en una dirección y voz y fax bidireccionales entre el centro médico de Yerevan, Armenia y cuatro Hospitales en Estados Unidos, extendiéndose posteriormente el programa a Ufa, para socorrer a los quemados en un terrible accidente de tren.
- 1991. Cátedra UNESCO de Telemedicina, CATAI. Primera cuantificación de ADN a distancia en el mundo, aplicado al análisis de imagen de factores pronósticos en el cáncer de mama.
- 1995. La clínica Mayo pone en marcha una conexión permanente con el Hospital Real de Ammán en Jordania, se realizaban consultas diarias entre un médico Hachemita y otros de Estados Unidos, el médico Hachemita presentaba, como si de una sesión clínica del hospital se tratase, a los pacientes de forma sucesiva; en directo los médicos americanos preguntaban o pedían al médico jordano que preguntara a su vez al paciente por sus dolencias. En otros casos eran interpretaciones de radiografías o problemas dermatológicos.
- 2001. Un doctor en New York elimina la vesícula enferma de un paciente en Estrasburgo, Francia, por medio de un brazo robot.

1.2. Conceptos generales asociados al dominio del problema

Para tener un mejor entendimiento al trabajo de diploma se presentan los siguientes conceptos:

1.2.1. Telemedicina:

Telemedicina es: “El suministro de servicios de atención sanitaria en los que la distancia constituye un factor crítico, por profesionales que apelan a tecnologías de la información y de la comunicación con objeto de intercambiar datos para hacer diagnósticos, preconizar tratamientos y prevenir enfermedades y heridas, así como para la formación permanente de los profesionales de atención de salud y en actividades de investigación y de evaluación, con el fin de mejorar la salud de las personas y de las comunidades en que viven”. (6)

Es un recurso tecnológico que posibilita la optimización de los servicios de atención en salud, ahorrando tiempo y dinero y facilitando el acceso a zonas distantes para tener atención de especialistas. El concepto comprende desde el uso del servicio telefónico estándar, tecnología inalámbrica hasta la transmisión a alta velocidad y con amplio ancho de banda de señales digitalizadas, utilizando computadoras, fibra óptica, satélites y otros dispositivos, además de software sofisticado.

Los servicios de Telemedicina incluyen aplicaciones asistenciales (Teleconsulta, Tediagnóstico, Telemonitorización), las relacionadas con la administración y gestión de pacientes (continuada asistencial, integración de niveles asistenciales) y las de información y formación a distancia para usuarios y profesionales. Algunos ejemplos de aplicaciones clínicas ensayadas con éxito incluyen, Teleradiología, Telecardiología, Teledermatología, Telepsiquiatría. Se están empleando servicios de Telemedicina en diversos sistemas sanitarios y en una variedad de escenarios, tales como zonas rurales, áreas urbanas, áreas sanitarias, prisiones, cuidados a domicilio, emergencias y conflictos bélicos.

1.2.2. Radiología:

La radiología es la rama de la medicina que se encarga de generar imágenes del interior del cuerpo, por medio de rayos x, ultrasonido y campos magnéticos, para elaborar un certero diagnóstico clínico y un efectivo plan terapéutico. Esta disciplina, aunque en menor medida, también contribuye a realizar el pronóstico de algunas enfermedades. (9)

1.2.3. Teleradiología:

El American College of Radiology (ACR) define la teleradiología como la transmisión electrónica de imágenes radiológicas desde un lugar a otro, para propósitos diagnósticos y/o de consulta. Otro de los conceptos de la teleradiología, es que se define como la transmisión electrónica de imágenes radiológicas desde un lugar a otro, con propósitos de diagnóstico y de interpretación o de consulta. Es el proceso para el

envío de imágenes radiológicas entre dos puntos a través de sistemas computacionales, mediante transmisión vía red telefónica, red de área amplia o bien por conexión de área local. (7) Para la aplicación de este proceso son necesarios tres componentes esenciales, una estación de envío de imágenes, una red de transmisión y recepción de una estación de revisión de la imagen.

Las aplicaciones más típicas son dos ordenadores conectados a través de Internet, el equipo en el extremo receptor requerirá de una pantalla de visualización de alta calidad que ha sido probado y autorizado para fines clínicos. A veces el equipo receptor tendrá una impresora de modo que las imágenes se pueden imprimir para mayor comodidad. El proceso de tele radiología comienza en la estación de la imagen que se envía. La imagen radiográfica, un módem u otro tipo de conexión son necesarios para este primer paso. La imagen se escanea y se envía a través de la conexión de red a la computadora receptora. Entre los servicios de modalidades diagnósticas que brinda la radiología se encuentran:

Resonancia Magnética

- Tomografía Computada
- Ultrasonido
- PET-CT¹
- Rayos X
- Mamografía

1.2.4. Red:

Las redes informáticas también llamadas según el lugar redes de computadoras o redes de ordenadores, son una serie de computadoras o dispositivos o de ambos, que están conectados entre sí, ya sea por un medio físico (cable) o de manera inalámbrica. Los elementos de la red pueden compartir la información sus archivos, recursos como por ejemplo las impresoras y los servicios como el correo electrónico, juegos y chats. Los administradores de redes, pueden permitir los accesos a los recursos por categorías o

¹ PET-CT: Tomografía por emisión de positrones - tomografía computarizada

prioridades según las necesidades o cargos de cada usuario o grupo de ellos. (8)

1.2.5. Telediagnóstico:

Diagnóstico a distancia o diagnóstico remoto, es la técnica que mayor impacto causa, dadas las múltiples ventajas con que se presenta y el amplio aprovechamiento de la tecnología. Consiste en evaluar o asistir en la evaluación médica de un paciente desde un centro hospitalario que se encuentre distante, haciendo uso de las telecomunicaciones para llevar a cabo esta acción. (10)

1.2.6. Teleconferencia:

Por medio de videoconferencia, es factible convocar una reunión de especialistas que estén en diferentes locaciones (sin límites geográficos), a fin de debatir diferentes situaciones. (11)

1.2.7. Almacenamiento digital (Ficha electrónica):

Consiste en la implementación del respaldo digital de documentos tales como fichas médicas (documentos clínicos electrónicos CDA HL7), placas radiológicas o exámenes, de manera de agilizar procesos internos y disminuir el espacio físico de almacenamiento de los mismos. Además esto abre posibilidades de obtención de diagnósticos que no sea en tiempo real por medio de correo electrónico, o la publicación de resultados de exámenes vía web para ser consultados por los pacientes. (12)

1.2.8. Clases a distancia (E-learning):

Es el uso académico de la videoconferencia médica, usando la misma tecnología, un docente puede impartir clases a un grupo o varios grupos de estudiantes que se encuentren distantes. (13)

1.3. Tendencias Actuales en la Teleradiología

La aplicación de la informatización de la salud comenzó con la creación de sistemas de información hospitalarios (HIS), los cuales empezaron abarcando las áreas administrativas y de gestión de los centros hospitalarios. Posteriormente, la aplicación de las tecnologías de la información a las distintas áreas asistenciales permitió crear sistemas departamentales entre los que se destacan, los sistemas de

información radiológica (RIS), los que fueron dirigidos fundamentalmente al desarrollo de PACS². Estos son sistemas de gestión de información que integran equipos de adquisición de imágenes digitales de diferentes modalidades y permiten el almacenamiento, visualización, impresión, y transmisión de las mismas. (14)

El objetivo principal de estos sistemas es conseguir que el conjunto de exploraciones realizadas a un paciente estén disponibles para el profesional médico en el lugar necesario y en el momento de tiempo preciso. Hoy día se consiguen extraordinarios niveles de conectividad e integración en HIS\RIS\PACS. La integración del PACS con el HIS facilita la recuperación de la información de un paciente relacionando los resultados de las exploraciones radiológicas con otros datos de historia clínica.

La relación del PACS con el RIS cubre las necesidades de gestión de datos de los pacientes, programación de los estudios radiológicos y gestión de archivos. Estos sistemas de telemedicina aplicados a la teleradiología, el diagnóstico asistido por computadoras o las técnicas de fusión de imagen médica son ejemplos de procesos relacionados con los avances tecnológicos y el campo del diagnóstico por imagen.

Los sistemas de información radiológicos utilizan bases de datos relacionales instaladas en potentes servidores conectados a redes de comunicación para gestionar la gran cantidad de información que genera un centro de radiología. Se desea éstos sean escalables y configurables de acuerdo con las necesidades del servicio e incluyen módulos de aplicaciones como la gestión de los flujos de trabajo, planificación de citas, gestión de datos, programación de estudios de los pacientes, gestión de costos, generación de informes estadísticos, interfaz con el HIS y con el PACS entre otros.

En los centros de referencia para el diagnóstico radiológico a nivel mundial las imágenes se adquieren directamente en formato digital (tomografía computarizada, resonancia magnética, angiografía digital). Poseen redes de comunicación de imágenes y de datos que son utilizadas en los PACS, estas suelen ser redes de área local (local area network LAN). Los sistemas incluyen herramientas para acceder a la información desde ordenadores tanto fuera como dentro del hospital. Usan también protocolos de comunicación como HL7³ que permite la integración RIS\PACS lo que posibilita el intercambio de

² PACS: Sistema de Comunicación y Archivo de Imágenes.

³ HL7: Health Level 7

información médica; así como el estándar DICOM⁴ el cual facilita la interoperabilidad al ofrecer especificaciones de interconectividad de dispositivos médicos.

Los sistemas de archivo de los PACS varían en función de la duración del almacenamiento y de la frecuencia de recuperación esperada. La capacidad de almacenamiento necesaria de un servicio de radiología puede llegar a los 10gb diarios e incluso aumentar de manera considerable en determinados centros hospitalarios. En el almacenamiento a corto plazo se utilizan discos con tecnología Redundant Array of Inexpensive Disks (RAID) que proporcionan seguridad y acceso rápido a las imágenes.

Las opciones de almacenamiento a largo plazo incluyen discos ópticos con tecnología Write-Once Read-Multiple (WORM). Las estaciones de trabajo de estos centros de referencia proporcionan un acceso rápido a las imágenes radiológicas, informes de pacientes y diversas herramientas de diagnóstico. Estas pueden configurarse de acuerdo con las necesidades para incluir desde funciones estándares de búsqueda y clasificación de estudios, uso de técnicas de ventanas, inversión y rotación de imágenes así como la realización de imágenes de ampliaciones y mediciones. (15)

El término telemedicina hace referencia a la disposición y distribución de servicios médicos a distancia. Sus aplicaciones van desde la consulta de urgencia hasta la consulta programada (telepsiquiatría, tele dermatología, revisiones cardiológicas). La más extendida es la teleradiología, cuyo principal objetivo es la conexión de centros de salud con hospitales de referencia para el establecimiento de mecanismos de consulta de expertos en la interpretación de exámenes radiológicos. Las especificaciones para los equipos utilizados en teleradiología pueden variar de acuerdo con las necesidades específicas de cada instalación, sin embargo es necesario en todos los casos que proporcionen una calidad de imagen y una disponibilidad adecuada a la clínica.

Entre las especificaciones para la teleradiología se encuentran las siguientes:

La adquisición o visualización de imágenes, donde para llevar a cabo esta teoría, la imagen debe de estar formato digital antes de que sea transmitida. Muchas imágenes son inherentemente digitales como la tomografía computarizada, ultrasonido, medicina nuclear y radiografía digital. Afortunadamente muchos

⁴ DICOM: Digital Imaging and Communication in Medicine

dispositivos de imagen están cumpliendo con la ACR-NEMA (Colegio Americano de Radiología y Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) y el estándar DICOM 3.0 el cual no presenta degradación de la imagen y posee capacidad para ajustar la ventana de imágenes y los ajustes de nivel.

La compresión de datos puede ser usada para aumentar la velocidad de transmisión y reducir la necesidad de almacenaje. Varios métodos, incluso ambas técnicas reversibles e irreversibles, pueden ser usados, bajo la dirección de un médico calificado, sin permitirse reducción de la calidad de imagen diagnóstica clínicamente significativa. En el proceso reversible toda la información disponible se encuentra después de la descompresión pero solo se pueden obtener tasas muy bajas alrededor 3:1, mientras que en el proceso irreversible existe una pérdida de información, pero las tasas que se pueden obtener son de un orden de mayor longitud. (16)

Los dispositivos de transmisión serán usados de acuerdo a los estudios transmitidos. En todos los casos, para interpretación oficial, los datos digitales recibidos en la punta de recepción de cualquier transmisión no deben tener ninguna pérdida de información. Las imágenes se envían encriptadas mediante unas líneas de comunicación de alta capacidad desde el Hospital de origen hasta los diferentes PACS del Servicio de Teleradiología. El radiólogo, desde su domicilio o desde su puesto de trabajo, accede a la web mediante una conexión de banda ancha ADSL y una contraseña de entrada al PACS donde se encuentra la exploración del paciente. El médico interpreta la exploración, escribe el informe radiológico y lo envía al Hospital de origen. En total, todo este proceso, es decir desde que se envían las imágenes hasta que el hospital de origen recibe el informe radiológico, se realiza en muy poco tiempo, entre 10 y 20 minutos.

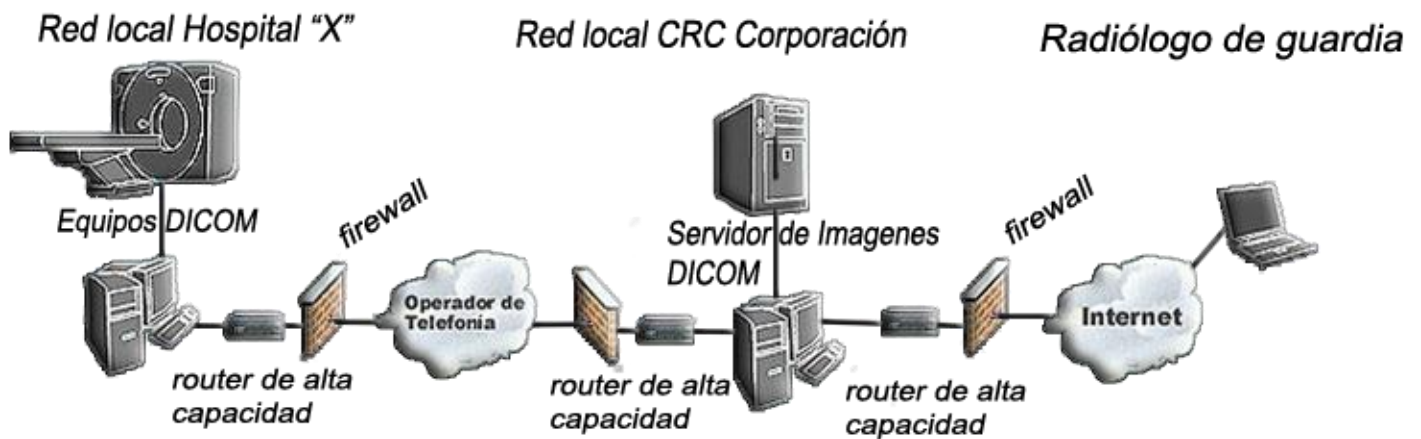


Figura 1. Funcionamiento de una red teleradiológica

Los sistemas de Teleradiología proporcionan protocolos de seguridad de red y software como Generic Routing Encapsulation (GRE 47), Protocolo de tunelado nivel 2 (L2TP), Secure Shell (SSH), para proteger la confidencialidad de la identificación del paciente y datos de imagen. Donde las medidas de seguridad que se apliquen son para salvaguardar y asegurar la integridad de los datos, contra la corrupción intencional o involuntaria de los mismos.

Las ventajas de pacientes así como de los médicos aumentan con la práctica de la teleradiología ya que los pacientes no tienen que desplazarse a los hospitales de referencia, se reducen las listas de esperas, se eliminan los formatos físicos (placas, informes médicos) Mejora la calidad y atención de los enfermos. En cuanto al personal de salud crece el intercambio de información con otros facultativos, se mejoran las herramientas de diagnóstico, se centraliza el control de los pacientes entre otras.

1.4. Análisis de Soluciones.

1.4.1. Ámbito Internacional

1.4.2. RT2S

Real Time Telemedicine Services, S.A (RT2S) es una empresa española perteneciente al Grupo Comitas que, mediante la utilización de la Telemedicina y con el objetivo de mejorar la calidad asistencial a los pacientes, facilita la prestación de servicios médicos de forma remota entre organizaciones sanitarias,

facultativos y pacientes ubicados en cualquier lugar del mundo. De este modo se evitan los obstáculos que dificultan o imposibilitan el desplazamiento de las personas, complementando las actuaciones de los facultativos, a los que proporciona el apoyo de un equipo de especialistas. (17)

RT2S ofrece una solución completa e integrada de Teleradiología en diferido para realizar informes médicos de cualquier tipo de pruebas de diagnóstico por la imagen. La solución de la teleradiología en diferido de RT2S incluye integración con el equipamiento del cliente (compatible con DICOM) para visualizar imágenes estáticas, cifrado del circuito de comunicaciones para garantizar la confidencialidad de la información transmitida. Médicos especializados en radiología con amplia experiencia en hospitales de alto prestigio. La solución de la teleradiología en diferido diseñada por RT2S ofrece importantes ventajas, tanto para los pacientes como para el personal asistencial. Entre estas se encuentran: la mejora de la calidad asistencial, reducción de los costos y un servicio de alta calidad.

Tecnología que transmite imágenes médicas por el móvil

En las universidades de Jerusalén y Berkeley se ha desarrollado un proceso para transmitir imágenes médicas a través del teléfono móvil (18). Para ello han creado un dispositivo de adquisición de datos con funciones limitadas, situado al lado del paciente, que envía a través de un teléfono móvil información a un servidor central. Los datos transmitidos con el móvil están sin procesar y en bruto, y es en el servidor central, que puede estar en cualquier parte del mundo, donde se encuentra el hardware y el software necesario para reconstruir las imágenes a partir de la información mandada por el dispositivo de adquisición de datos.

De esta manera el elemento más complicado y costoso, el software para procesar imágenes se sitúa en otro sitio, por ejemplo en un centro médico con recursos disponibles para operar y mantener el equipo. Una vez que se ha generado la imagen, el servidor central la envía de vuelta al móvil que está de lado del paciente para que el médico especialista pueda visualizarlas y hacer mejor su diagnóstico.

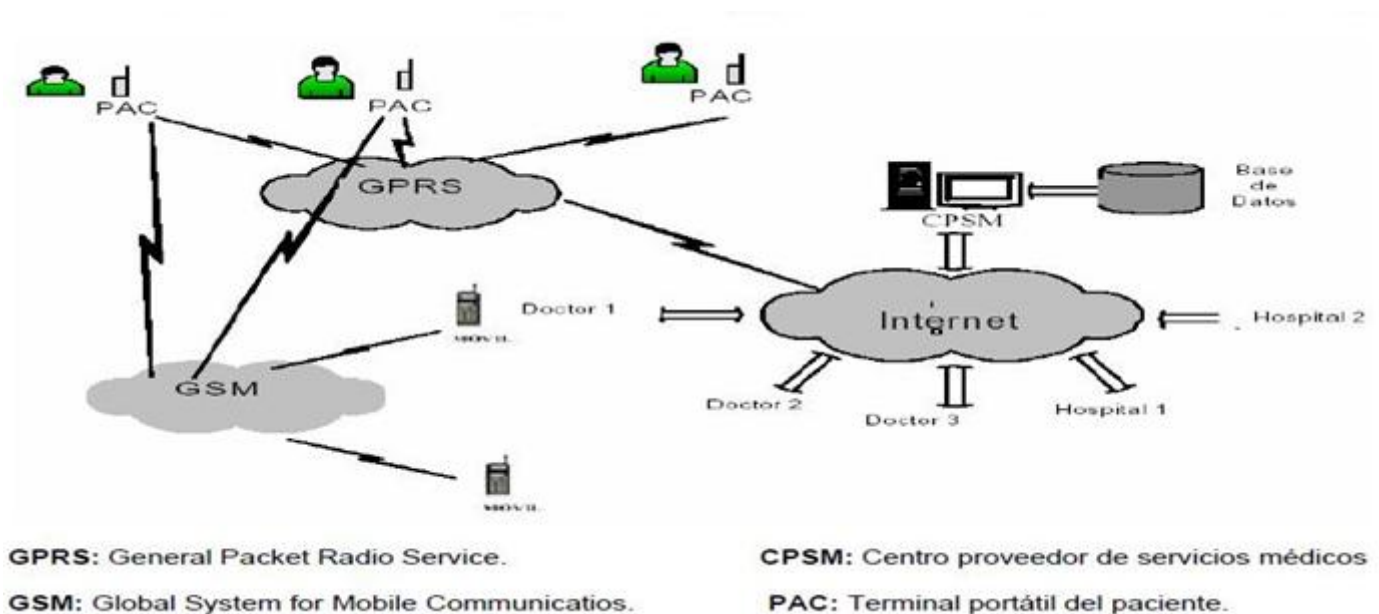


Figura 2. Sistema de red Celular de Telemedicina.

Sistema de Información Hospitalaria de San Salvador

En varios centros hospitalarios del área metropolitana de la ciudad de San Salvador, se han estado realizando estudios para la implementación de un Sistema de Información Hospitalaria (HIS). Este centro de se basa en la experiencia adquirida en el mundo sobre sistemas de información usados en los hospitales y las nuevas iniciativas de digitalización que se tienen en El Salvador. La función de un HIS es apoyar las actividades del hospital en los niveles operacionales, táctico y estratégico.

El objetivo de un sistema de información hospitalaria es usar computadoras y equipos de comunicaciones para recolectar, almacenar, procesar, recuperar y comunicar información sobre el cuidado de pacientes e información administrativas para todas las actividades. Dentro de la etapa que existe en el HIS "Centrado en el Paciente" en la sección Diagnóstico y Tratamiento se analiza lo concerniente a la Radiología y los sistemas de información de imágenes, lo cual posibilita que los médicos puedan acceder a la información de sus pacientes de manera eficaz. Logrando así una mejor calidad en el tratamiento de los pacientes que se diagnostican.

Complejo Hospitalario de Albacete

Otro centro donde se puede observar el impacto de los sistemas de transmisión de imágenes radiológicas es el Complejo Hospitalario de Albacete España. En dicho centro se está llevando a cabo un nuevo sistema de Radiología Digital, el cual ha cambiado la forma de gestionar, visualizar las imágenes e informes radiológicos. El primer paso para lograr el objetivo ha sido la informatización de la imagen radiológica, por lo que se han realizado varias acciones tales como:

- Se ha creado una red de alta velocidad que conecta ya todos los centros sanitarios de la región a través de la cual pueden circular las imágenes radiológicas que se generan en los distintos Servicios de Radiología. Esta red se crea de la siguiente manera: 2 placas de red pci Encore gigabyte 10/100/100, y un cable de red "cruzado" cuyo costo no supera los 25 dólares, lograndose una unión directa entre las PC y transferencia de archivos entre 60 y 100mbps o sea que lo que tomaba 6 minutos, ahora en menos de 1 minuto ya está enviado.
- Se están transformando todos los servicios donde se generan las imágenes médicas para poder digitalizar los estudios.
- Se han adaptado todos los centros sanitarios para la captura y visualización de las imágenes generadas.

El proyecto Ykonos, llevado a cabo en el centro hospitalario de Albacete, permite a varios centros sanitarios de la comunidad tener acceso a los informes radiológicos e imágenes médicas sea cual sea el lugar de donde se hayan generado. Para la implantación de este proyecto se fueron creando Estaciones de Trabajo en las distintas consultas del hospital, las que se dividen en Estaciones Diagnósticas que son las que se encuentran en el servicio de radiología.

Estaciones clínicas: se encuentran ubicadas en los servicios hospitalarios, donde se consultan los estudios radiológicos a través del RIS-WEB.

Estaciones de consulta: son el resto de estaciones que se encuentran en el hospital o fuera de él. No van a necesitar una gran resolución para diagnóstico ya que únicamente consultarán los estudios, siempre acompañados del informe radiológico correspondiente. En el informe debe quedar reflejada la información clínica remitida, la técnica utilizada, la dosis y flujo del contraste, las reacciones adversas y cualquier limitación de la exploración realizada. Lo sustancial de un informe radiológico es la interpretación que el

radiólogo hace de los hallazgos observados. Estos serán reseñados en la descripción, y su interpretación será concretada en la conclusión diagnóstica.

Centro Médico El Carmen

La unidad de Radiología y Diagnóstico por Imagen del Centro Médico "El Carmen" ubicada en Galicia, España ha llevado a cabo una renovación de equipos radiológicos convencionales por equipos radiológicos convencionales digitales. Este cambio da más facilidad a los radiólogos en el procesamiento de las imágenes, facilita los diagnósticos y da mayor rapidez en el proceso de información de las placas, así como en la consulta de las pruebas por parte de los demás médicos.

El Centro posee la tecnología apropiada para el correcto tratamiento de los pacientes. Entre los equipos disponibles se encuentra la unidad de Tomografía computarizada (scanner). La unidad de Ecografía dispone de distintos ecógrafos destinados a la ecografía ginecológica, obstétrica y mama; ecografía digestiva, ecografía urológica, pediátrica, del aparato locomotor, Eco-doppler vascular, y Eco-cardiografía. La Unidad de Radiología consta de cinco salas, que están equipadas con un mamógrafo, un ortopantógrafo y panorámico dental, un equipo de telemando, y otros equipos convencionales así como varios equipos portátiles. También cuenta con una Unidad de Electrofisiología Clínica. Esta unidad incluye el equipo para la realización de potenciales evocados, electromiografía y electroneurografías. Todas las instalaciones poseen aire acondicionado, con control de humedad y polvo. Todas las imágenes de radiología general, T.A.C. y resonancia magnética quedan almacenadas en un servidor durante al menos tres años.

Teleradiología en Medellín

En la ciudad de Medellín Colombia se realizó un sistema piloto de teleradiología con software de acceso remoto que permite la comunicación e interpretación a distancia de imágenes biomédicas. Acceder y compartir información médica entre profesionales de la salud en tiempo real, sobre interpretación o consultas es importante para resolver con rapidez situaciones que tienen impacto en la atención eficiente de los pacientes. Medellín tiene una buena infraestructura hospitalaria, con equipos y profesionales de alta calidad; sin embargo los altos costos en equipos especializados para el diagnóstico médico y los exámenes que de ellos se obtienen, hacen que sean pocos los pacientes e instituciones que puedan tener acceso a esta tecnología.

Cuentan con una amplia infraestructura de telecomunicaciones y desarrollos en informática, así como la disponibilidad de formatos estándares de almacenamiento y comunicación en medicina, que permiten establecer plataformas propicias para el desarrollo de sistemas que conecten en red equipos especializados en el diagnóstico de imágenes y la posibilidad de transmitir y compartir información entre las diferentes instituciones hospitalarias, centros de diagnóstico médico especializado, departamentos radiológicos y demás actores del sistema.

Gracias a la teleradiología, los hospitales y los centros de urgencias médicas en lugares remotos sin un médico especialista en radiología, pueden transmitir imágenes a gran distancia para que las analicen e interpreten oportunamente. Además, la teleradiología permite interconsultas para conseguir un segundo diagnóstico o la opinión de un experto e incluso atender varias clínicas o centros radiológicos desde un mismo puesto de trabajo

Un sistema de teleradiología se configura para intercambiar información entre sitios transmisores y receptores. Su complejidad variará según las facilidades y necesidades de los usuarios, pero en todos los casos debe proporcionar la calidad y la disponibilidad de imágenes apropiadas para satisfacer las necesidades clínicas. Cuando se utiliza un sistema de teleradiología para una interpretación o diagnóstico oficiales, el personal médico tiene la obligación de aplicar todas las normas de seguridad establecidas para proteger la confidencialidad del paciente y garantizar la integridad de la información, es decir, no debe haber una pérdida de datos clínicamente significativa en la adquisición, transmisión y exhibición final de la imagen. (19)

La ejecución de este sistema se hizo en la ciudad de Medellín entre el Centro de Diagnóstico Radiológico CEDIMED y el centro de Resonancia e imágenes CERI. El sistema consistió en 3 módulos:

Almacenamiento: Las imágenes médicas y la información adjunta son adquiridas en equipos de tomografía computadorizada (TC) y resonancia magnética (RM) instalados en los centros de diagnóstico radiológico participantes. Estos estudios son archivos digitales de formato DICOM y se almacenan manualmente en el servidor, que consistió de una estación de trabajo Intel® Pentium IV 1.4 GHz, 1 GB RAM y 2 DD SCSI 40 GB con sistema operativo Windows® 2000 Server.

Transmisión de Datos: Para la conexión se estableció una red virtual privada (RVP) punto a punto, donde los dos nodos se comunican entre sí a través de Internet. La transmisión de datos se realizó

sobre una línea bidireccional RDSI, que proporciona una velocidad de transmisión de 64 kb/s (kilobits por segundo) por canal (figura 3). La comunicación entre los equipos se estableció por medio de un canal sincronizado. Con el software de acceso remoto Terminal Service®, integrado en Windows® 2000 Server (Microsoft, Redmond, WA, USA). Para garantizar la seguridad, integridad y confidencialidad de la comunicación, Terminal Service® provee medios de autenticación y autorización de usuarios y utiliza protocolos de cifrado y encriptación para transmitir los datos.

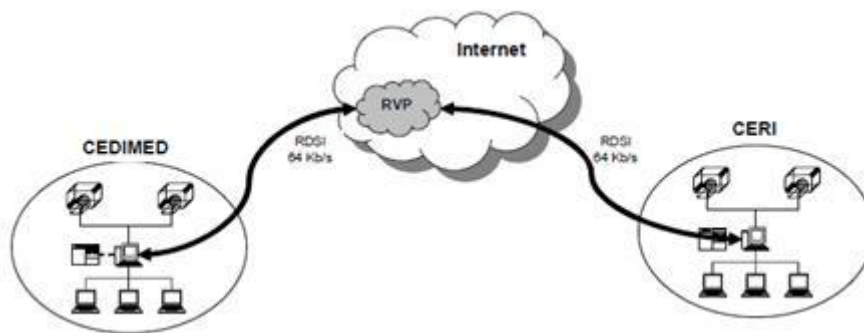


Figura 3. Arquitectura de Red

La estación de trabajo que actúa como cliente puede tener acceso al servidor para enviar, consultar y visualizar imágenes en tiempo real, así como también descargar archivos a nivel local en modo asíncrono para su posterior interpretación y manipulación detallada (figura 4).

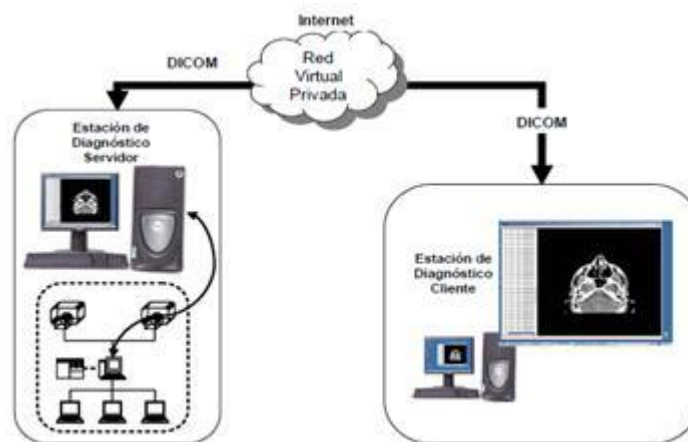


Figura 4. Modelo del sistema en funcionamiento

Visualización: Tanto el servidor como el nodo cliente cuentan con una aplicación desarrollada en lenguaje Java (J2SE 1.4.1, Sun Microsystems, Santa Clara, CA, USA) que permite visualizar y manipular archivos DICOM y exportarlos a formato JPEG, TIFF o BMP (figura 5). El hardware para visualización consta de una estación de trabajo Intel® Pentium IV 1.4 GHz, 1 GB RAM, tarjeta de video DDR NVIDIA GeForce2 GTS 32 MB con sistema operativo Windows® 2000 Professional (Microsoft, Redmond, WA, USA) y un monitor de 21 pulgadas con una resolución de 1,600x 1,200 píxeles y 32 bits de profundidad.



Figura 5. Ejemplo de visualización

De acuerdo con los resultados experimentales, el sistema permite en tomografía computadorizada y resonancia magnética un diagnóstico e interpretación remota confiable clínicamente, con base en las evaluaciones hechas por los especialistas, que avalaron la calidad de la imagen en aspectos como tamaño, resolución e integridad o pérdida de los detalles en la imagen después de la transmisión, como se describe en los estándares y normas que regulan la tele radiología. Se desarrolló una aplicación en lenguaje de programación Java, para visualizar y leer imágenes, informes, señales biomédicas y datos adjuntos relacionados que se almacenan en formato DICOM, que permite su manipulación y la opción de exportar como archivos JPEG, TIFF y BMP. En la actualidad se han evaluado con éxito 1,525 de 2,023 imágenes correspondientes a las modalidades de tomografía computadorizada, ultrasonido, resonancia magnética, angiografía, medicina nuclear y radiografía digital.

1.4.3. **Ámbito Nacional.**

Cuba no ha estado exenta de experiencia en el campo de la Telemedicina y desde la década de 1970 ha experimentado en la transmisión de señales a través del teléfono o radio, con la finalidad de buscar mayor calidad del diagnóstico mediante consulta de segunda opinión, con el objetivo de brindar una atención adecuada a la población. Se ha venido trabajando sistemáticamente en diferentes alternativas acordes con el desarrollo mundial. Entre las líneas de la telemedicina que ha desarrollado más fuertemente el país está la relativa a la telediagnóstica y dentro de esta, el correspondiente a la imagenología y la telepatología.

Los objetivos principales de desarrollo de la telemedicina en Cuba están encaminados a:

- ✓ Obtener e intercambiar imágenes entre las instituciones integradas a la red para diagnósticos imagenológicos utilizando la Red Telemática de Salud como soporte de transmisión.
- ✓ Crear una Red Nacional de Telediagnóstico que permita el diagnóstico, mediante la transmisión de imágenes entre diferentes unidades de una misma provincia, de una provincia otra y hacia centros de referencia del país.
- ✓ Contribuir a la organización de centros de referencia y de diagnóstico como parte de la red nacional de telemedicina que puedan brindar servicios de valor agregado de telediagnóstico al exterior.

El Sistema Nacional de Salud, soportado en la Red Telemática de la Salud, INFOMED, el cual brinda el soporte necesario de telecomunicaciones para el tráfico de la información e implementado con el Sistema PATRIS y REX, producidos por EICISOFT. Su primera etapa se inicia en 8 hospitales Clínico Quirúrgicos y Pediátricos de subordinación provincial, un Hospital Especializado y un Instituto de Investigación y Desarrollo de subordinación nacional, fueron seleccionados acoplados al Hospital Hermanos Ameijeiras como Centro de Referencia sobre estos temas, ellos son:

- Instituto de Neurología y Neurocirugía (Ciudad Habana)
- Hospital Frank País (Ciudad Habana)
- Hospital Arnaldo Milián (Villa Clara)
- Hospital Clínico Quirúrgico (Cienfuegos)

- Hospital Clínico Quirúrgico (Holguín)
- Hospital Saturnino Lora (Santiago de Cuba)
- Hospital William Soler (Ciudad Habana)
- Hospital Juan Manuel Márquez (Ciudad Habana)
- Hospital Pediátrico (Cienfuegos)
- Hospital Pediátrico (Holguín)

PATRIS

El sistema PATRIS es un modelo de PACS sobre computadoras personales para la automatización de los departamentos de imagenología y la telemedicina (9). En cada una de las instalaciones del sistema han sido muy específicos y diferentes los usos y beneficios que ha brindado en funciones docentes, clínicas, investigativas y Organizativas, resaltando entre sus beneficios el ahorro de recursos, como por ejemplo el ahorro en moneda convertible ya que cada placa cuesta al país 1.50 USD, con la nueva aplicación la impresión tiene un costo de 0.05 USD aproximadamente. La primera y más voluminosa instalación de PATRIS se hizo en el Hospital Clínico Quirúrgico Hermanos Ameijeiras, donde existe un total de 8 estaciones distribuidas por todo el centro y un servicio de imágenes.

Con esta configuración las imágenes llegan de manera inmediata y tal como las capta el tomógrafo (Somatón AR de SIEMENS) a cada departamento y allí cuenta con un conjunto de herramientas para su procesamiento. El sistema PATRIS, por su calidad en el tratamiento de imágenes, estabilidad, confiabilidad y seguridad fue seleccionado para ser soporte técnico del proyecto nacional para la creación de una red de Telemedicina para la asistencia a distancia en diferentes especialidades. Por este motivo se amplió considerablemente la red del HCQ Hermanos Ameijeiras. El PATRIS utiliza una red (LAN o WAN) que se conecta a 3 tipos de estaciones fundamentales de trabajo. Estaciones de Adquisición (Patris Acquisition), Estaciones de Visualización (Patris Viewer), Estaciones Servidoras (Patris Server). (20)

Consola Digital Rex-100

A través de una consola digital se puede penetrar al mundo de la Radiología Digital (esta es un ejemplo para el estudio de imágenes radiológicas dinámicas). Su novedosa tecnología permite su conexión a equipos de Rayos X con central de Televisión de diferentes modelos y fabricantes. La adquisición digital de secuencia

de imágenes con excelente calidad diagnóstica puede ser utilizada con posterioridad en el análisis dinámico de trastornos funcionales, algo muy difícil de representar en una imagen estática. Entre las ventajas del sistema REX se encuentran:

- ✓ Realizar un diagnóstico más preciso.
- ✓ Disminuir las dosis de radiaciones necesarias para el estudio.
- ✓ Reducir el consumo de los contratantes y películas.
- ✓ Acortar el tiempo de duración de los exámenes, reduciendo las molestias a los pacientes.
- ✓ Alargar la vida útil del equipo de fluoroscopia, especialmente el tubo de Rayos X (RX).

IMAGIS

En el año 1998 el Centro de Biofísica Médica, de la Universidad de Oriente, desarrolló y puso en explotación un sistema PACS DICOM compatible, denominado iMagis®, para enlazar a 3 importantes instituciones de salud de la provincia Santiago de Cuba. El mejoramiento de las condiciones tecnológicas de cómputo y red dentro y fuera de las principales instituciones de salud cubanas, unido a la expansión de la red telemática INFOMED, ha creado mejores condiciones para la expansión de sistemas PACS a los principales centros hospitalarios del país.

Las características principales del sistema PACS iMagis® son:

- ✓ Almacena, visualiza y transmite imágenes médicas multimodales según las especificaciones del estándar DICOM.
- ✓ Está diseñado bajo el modelo de computación cliente/servidor.
- ✓ Brinda opciones para buscar y acceder a imágenes en servidores de archivos DICOM remotos.
- ✓ Compatible con sistemas Windows 9X/NT/2000/XP necesitando solamente 32 MB de RAM, 100 MB de disco duro y 800x600 puntos como resolución de pantalla.

El sistema fue instalado en 36 instituciones hospitalarias del país. Estas instalaciones han favorecido la creación de CD-tecas en varias instituciones de salud a partir de más de 1 millón de imágenes correspondientes a más de 50 mil estudios imagenológicos de todo el país que han sido almacenados. En cada institución hospitalaria fue conformado un sistema de tipo mini-PACS, o PACS a pequeña escala, compuesto por una de las siguientes configuraciones

- Una estación “iMagis®”, cumpliendo el rol de servidor de archivo DICOM (posibilita recibir imágenes procedentes de equipos de imágenes médicas) y al mismo tiempo como estación de visualización y diagnóstico imagenológicos.
- Al menos dos estaciones “iMagis®”, una cumpliendo el rol de servidor DICOM (posibilita recibir imágenes procedentes de equipos de imágenes médicas) y las restantes estaciones iMagis®, conectadas por una red digital al servidor, como estaciones de visualización y diagnóstico imagenológicos.

La figura se muestra con mayor detalle las 2 principales configuraciones de PACS implantadas en instituciones de salud cubanas. Los servicios principalmente beneficiados fueron: radiología, cardiología, consulta externa y cirugía.

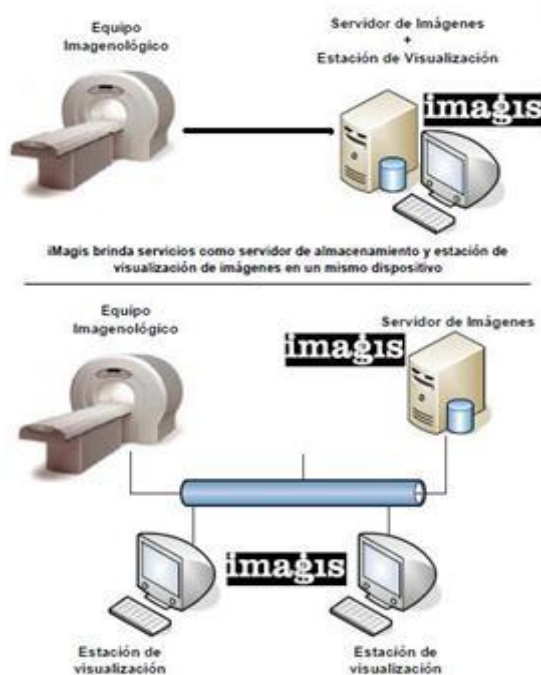


Figura 6. Configuraciones de PACS haciendo uso del iMagis

En las condiciones tecnológicas actuales de INFOMED es factible, a través del software iMagis®, la realización de consultas de segunda opinión y teleradiológico inter-hospitalario. Más del 85 % de las provincias del país se han beneficiado con la aplicación de este sistema PACS en sus principales

instituciones de salud, fomentando la explotación de estas tecnologías en función del mejoramiento de los servicios médicos. (21)

DMail

El sistema DMail, como alternativa a la transmisión de imágenes médicas en el Sistema Nacional de Salud Cubano. El sistema fue desarrollado por el Grupo de Procesamiento Digital de Imágenes y Señales de la Universidad de las Ciencias Informáticas, y permite la transmisión de imágenes médicas mediante el uso del protocolo estándar para la comunicación de imágenes digitales en medicina (DICOM 3.0). Dicho sistema promueve un servicio de mensajería conforme a DICOM, que apoyado en la interfaz de correo electrónico que brinda la aplicación cliente, logra abstraer a los usuarios de las complejidades y necesidades de la transmisión conforme al estándar. DICOM hace posible que los archivos médicos puedan viajar de forma segura entre hospitales y centros de investigación. Luego esa información puede ser vista remotamente para que los médicos puedan diagnosticar desde su casa o buscar diferentes opiniones de otros expertos de una forma rápida y sencilla.

DMail, es un sistema que brinda una alternativa a la transmisión de imágenes médicas conforme al estándar DICOM, y la solución que aporta puede catalogarse como una variante de la conexión punto a punto, la cual es denominada como transmisión punto a punto con intercambio. Como sistema, DMail propone la creación de un servicio de mensajería DICOM para la transmisión de imágenes médicas dentro del Sistema Nacional de Salud, el cual consiste en la instalación de dos módulos fundamentales.

1. Una aplicación de escritorio (cliente) que debe ser instalada en las estaciones de trabajo de aquellas instituciones que deseen insertarse al sistema.
2. Un servidor de intercambio DICOM que debe ser instalado en aquellos equipos intermedios (proxy y servidores) que permitan la comunicación entre aquellas instituciones insertadas al sistema.

Esta aplicación cliente presenta una interfaz de correo electrónico, con el objetivo de abstraer a los usuarios de las complejidades y requerimientos que exige una transmisión conforme a DICOM. Dicha interfaz aporta todas las funcionalidades básicas que un sistema de este tipo requiere, por lo que los usuarios finales (médicos) tendrán las herramientas necesarias para gestionar y transmitir estudios médicos completos con la mayor sencillez posible.

En la actualidad constituye el único sistema de su tipo que implementa servicios y mecanismos de transmisión conforme a DICOM, lo cual constituye un aspecto favorable a tener muy en cuenta para su inmediata instalación y explotación dentro del Sistema Nacional de Salud (22).

1.5. Tecnologías Actuales

UML: Lenguaje de modelado UML es un lenguaje gráfico mediante el cual se puede visualizar, especificar y documentar un software, ofrece un plano de descripción del sistema mediante el uso de modelo estándar. Incluye además otros aspectos conceptuales como el proceso de negocio y funciones que presenta el sistema, así como otros aspectos como son lenguajes de programación, alguna de sus expresiones, bases de datos, y componentes que pueden reutilizarse.

Algunas de las propiedades de UML como lenguaje de modelado estándar son:

- ✓ Concurrencia, es un lenguaje distribuido y adecuado a las necesidades de conectividades actuales y futuras.
- ✓ Reemplaza a decenas de notaciones empleadas con otros lenguajes.
- ✓ Modela estructuras complejas.
- ✓ Las estructuras más importantes que soportan tienen su fundamento en las tecnologías orientadas a objetos, tales como objetos, clase, componentes y nodos.
- ✓ Emplea operaciones abstractas como guía para variaciones futuras, añadiendo variables si es necesario.
- ✓ Comportamiento del sistema: casos de uso, diagramas de secuencia y de colaboraciones, que sirven para evaluar el estado de las máquinas. (23)

1.5.1. Metodologías: BPMN 1.1

En la actualidad, con el avance tecnológico, es imprescindible el uso de metodologías de desarrollo, pues permiten a los desarrolladores un buen ambiente de trabajo y evitan de cierto modo que el proyecto fracase. Con el empleo de las metodologías, los equipos pueden elaborar un producto de alta calidad, que cumpla con los requisitos establecidos por el cliente, en el tiempo acordado y con el coste esperado. El modelado

de procesos de negocios se utiliza para capturar, documentar o rediseñar procesos de negocio. Para llevarlo a cabo se pueden emplear diversos lenguajes, con diferente naturaleza, características y objetivos.

BPMN (Business Process Modeling Notation) es una notación gráfica para el modelado conceptual de procesos de negocio. Proporciona la capacidad de entender y definir procesos de negocio, tanto internos como externos, a través de un diagrama de procesos de negocio. Es un estándar de facto que provee una representación gráfica mediante diagramas, para expresar procesos de una empresa. Se diseñó con el objetivo de facilitar la comprensión por parte de todos los implicados (expertos TIC, analistas de negocio, directivos) que participan en el proceso.

En el modelado de BPMN, se pueden percibir distintos niveles de modelado de procesos: (24)

- **Mapas de Procesos:** Simples diagramas de flujo de las actividades; un diagrama de flujo sin más detalle que el nombre de las actividades y tal vez las condiciones de decisiones más generales.
- **Descripción de Procesos:** Proporcionan información más extensa acerca del proceso, como las personas involucradas en llevarlo a cabo (roles), los datos, información.
- **Modelos de Proceso:** Diagramas de flujo detallados, con suficiente información como para poder analizar el proceso y simularlo. Además, esta clase de modelo más detallado permite ejecutar directamente el modelo o bien importarlo a herramientas que puedan ejecutar ese proceso.

BPMN cubre todas estas clases de modelos y soporta cada nivel de detalle. Como tal, BPMN es una notación basada en diagramas de flujo para definir procesos de negocio, desde los más simples hasta los más complejos y sofisticados para dar soporte a la ejecución de procesos.

¿Por qué usar BPMN? (25)

- ✓ Es un estándar internacional de modelado de procesos aceptado por la comunidad.
- ✓ Es independiente de cualquier metodología de modelado de procesos.
- ✓ Crea un puente estandarizado para disminuir la brecha entre los procesos de negocio y la implementación de estos.
- ✓ Permite modelar los procesos de una manera unificada y estandarizada permitiendo un entendimiento a todas las personas de una organización.

1.5.2. Estándares Médicos:

HL7: El Health Level 7 es una especificación para un estándar de intercambio de datos electrónicos en el ambiente de la atención de la salud, con especial énfasis en las comunicaciones intrahospitalarias. HL7 proporciona estándares de interoperabilidad que mejoran la prestación de atención, flujo de trabajo de optimización, reducir la ambigüedad y mejorar la transferencia de conocimientos entre todas las partes interesadas, incluidos los proveedores de salud, organismos gubernamentales, la comunidad de proveedores, y los pacientes.

El término Nivel 7 se refiere al más alto de los niveles del modelo OSI (Open Systems Interconnection) de la ISO (International Standards Organization). HL7 se ocupa de las interfaces entre sistemas que emiten o reciben mensajes de registro, admisión, transferencia y alta de pacientes, pedidos de información al sistema, órdenes, resultados, observaciones clínicas, facturación, y actualización de información de archivos maestros. El HL7 no asume ninguna arquitectura en particular con respecto a la ubicación de los datos dentro de la aplicación, aunque está diseñado para dar soporte tanto a un sistema central de atención de pacientes, como a un ambiente más distribuido donde las aplicaciones departamentales son los repositorios de los datos. (26)

DICOM: (Digital Imaging and Communication in Medicine) es el estándar reconocido mundialmente para el intercambio de imágenes médicas, pensado para el manejo, almacenamiento, impresión y transmisión de imágenes médicas. Incluye la definición de un formato de fichero y de un protocolo de comunicación de red. El protocolo de comunicación es un protocolo de aplicación que usa TCP/IP para la comunicación entre sistemas. Los ficheros DICOM pueden intercambiarse entre dos entidades que tengan capacidad de recibir imágenes y datos de pacientes en formato DICOM. Permite la integración de escáneres, servidores, estaciones de trabajo, impresoras y hardware de red de múltiples proveedores dentro de un sistema de almacenamiento y comunicación de imágenes. La evolución en el diseño PACS (Sistemas de Archivo y Comunicación de Imágenes) avanza hacia una arquitectura abierta, con equipo de distintos proveedores basado en el estándar DICOM cuyos objetivos son (27):

- Promover la comunicación de imágenes digitales.
- Facilitar el desarrollo y expansión de PACS que puedan interconectarse con otros sistemas de información hospitalaria.

- Permitir la creación de bases de datos de información de diagnóstico que se puedan consultar por una amplia variedad de dispositivos distribuidos geográficamente.

Los PACS son una herramienta informática que aporta nuevos modos de trabajo a la radiología diagnóstica. El objetivo final de un PACS es permitir el funcionamiento de un servicio de radiología sin imágenes en película ni documentos en papel, integrando las imágenes y la información clínica. Alrededor de un sistema central de gestión y archivo se disponen diferentes sistemas de adquisición, visualización y archivo de imágenes, unidos por redes de comunicaciones para los cuales se definió el estándar DICOM para su interconexión.

IHE: Proporciona una metodología práctica que asegura la interoperabilidad entre Sistemas de Información Sanitarios que se ajusten a las especificaciones IHE. Su objetivo es el desarrollo de especificaciones técnicas para lograr soluciones a los problemas de interoperabilidad de los Sistemas de Información Sanitarios. IHE crea perfiles basados en los estándares más apropiados, y define las características esenciales para dar soporte a las tareas clínicas que debe tener un producto que quiera declararse conforme a dicho perfil.

Los perfiles IHE especifican la información que debe ser intercambiada entre dos sistemas y las acciones que los sistemas receptores deben realizar al recibir la información. IHE no es un organismo de estandarización, no desarrolla estándares, su papel es permitir la interoperabilidad de aplicaciones de la salud a través de un proceso abierto y transparente, y que además puede ser fácilmente implementado. Los Perfiles de Integración se basan en estándares existentes que ya se utilizan en el entorno de la asistencia sanitaria. HL7 y DICOM son ejemplos de estándares existentes y ampliamente aceptados y que se utilizan en los perfiles de integración de IHE.

Entre los beneficios que ofrece este estándar está que (28):

IHE hace que el uso de las tecnologías de la información avanzadas ayude en gran medida al personal sanitario a la hora de mejorar la calidad y eficiencia de la atención sanitaria, aumenta la seguridad del paciente al garantizar la integridad de la información médica, reduce el tiempo empleado en la solución de problemas tales como, la pérdida de datos y la aparición de estudios no correspondientes. De esta forma, se aprovecha el tiempo del personal, además de que proporciona al personal sanitario información bien

estructurada sobre el paciente, de modo que la toma de decisiones médicas se base en la mejor información posible.

1.6. Herramientas de Modelado

1.6.1. Herramientas: Enterprise Architect

Enterprise Architect es una herramienta comprensible de diseño y análisis UML, cubriendo el desarrollo de software desde el paso de los requerimientos a través de las etapas del análisis, modelos de diseño, pruebas y mantenimiento. EA es una herramienta multiusuario, basada en Windows, diseñada para ayudar a construir software robusto y fácil de mantener. El Lenguaje Unificado de Modelado provee beneficios significativos para ayudar a construir modelos de sistemas de software rigurosos y donde es posible mantener la trazabilidad de manera consistente.

Enterprise Architect soporta este proceso en un ambiente fácil de usar y rápido. Ofrece salida de documentación flexible y de alta calidad. Enterprise Architect provee trazabilidad completa desde el análisis de requerimientos hasta los artefactos de análisis y diseño, a través de la implementación y el despliegue. Combinados con la ubicación de recursos y tareas incorporados, los equipos de Administradores de Proyectos y Calidad están equipados con la información que ellos necesitan para ayudarles a entregar proyectos en tiempo. EA soporta transformaciones de Arquitectura avanzada dirigida por Modelos (MDA) usando plantillas de transformaciones de desarrollo y fáciles de usar. Con transformaciones incorporadas para DDL, C#, Java, EJB y XSD, Ud. puede rápidamente desarrollar soluciones complejas desde los simples modelos independientes de plataforma. Por sus características principales están (29):

- ✓ Intuitivo y de fácil uso.
- ✓ Extensiones personalizadas para modelado de procesos.
- ✓ Ingeniería de Código Directa e Inversa.
- ✓ Bajo costo de Licencias.
- ✓ Facilidad de Importación/Exportación XML.

1.7. El Análisis de los costos principales para realizar un sistema de teleradiología.

Uno de los eslabones principales, para realizar la teleradiología son los sistemas PACS-RIS. Entre los costos de software se encuentra la aplicación del RIS, la cual requiere dos partes básicas para interactuar con los equipos de radiología. El costo aproximado de la realización de esta aplicación es variable, sin embargo se puede cuantificar su valor en un rango de \$ 20,000 a \$ 25,000. Esta parte cuenta con el registro de los datos radiológicos de los pacientes enviados directamente al equipo médico para la realización y la recepción del resultado del estudio para su visualización y diagnóstico. La realización del examen se hace en otro software propietario que es el software propietario de cada equipo, las licencias anuales de este software para base de datos y sistemas operativos como promedio es de \$ 20,000. (30)

Costos de hardware: El costo del equipo varía de acuerdo a las necesidades de la clínica/hospital, sin embargo es necesario notar que se necesitan distintos equipos según la funcionalidad que estos realicen. De acuerdo con esto se clasifican equipos para visualización, equipo para almacenaje, equipo de gestión administrativa y equipos de comunicación.

Costo de equipo para visualización: Este equipo la única característica especial que debe poseer es que la tarjeta de video debe ser de alta resolución la cual debe estar en 2k x 2.5k píxeles, con un valor aproximado de \$2,500 cada uno.

Costo de equipo de almacenamiento: Debido a que el almacenamiento de imágenes requiere de espacio en disco muy alto o bien una política de gestión y backup de imágenes, en la cual se administren las imágenes en línea o cualquier otra política para liberar espacio. Sin embargo lo más importante es mantener las imágenes en un periodo corto, sin embargo es necesario contar con una gran capacidad de almacenamiento, esto podría ser desde unos 1000 GB hasta varios terabytes de espacio en disco. Como por ejemplo un servidor de base de datos con un costo aproximado de \$6,000 para esta tarea.

Costo de equipo de gestión: Este es un equipo estándar con un costo aproximado de \$1,000.00 cada uno, debido al tipo de trabajo que se realiza en ellos se puede crear un sistema PACS/RIS con unos 5 visualizadores de diagnóstico, un servidor de base de datos PACS/RIS y unos 10 equipos de gestión con un costo aproximado de \$ 50,000.

1.8. Clasificación de la Telemedicina en el Tiempo.

TIEMPO REAL (SÍNCRONO)

Telemedicina en Tiempo Real requiere la presencia de las dos partes (médico tratante y médico especialista) al mismo tiempo a través de un medio de comunicación. Esto permite una interacción que puede ser más eficaz que si se hiciera en Tiempo Diferido. Por ejemplo, la videoconferencia es una de las formas de comunicación más comunes utilizada en Telemedicina Sincrónica. Sin embargo, esto requiere anchos de banda superiores (por tanto más costosos) y adicionalmente que las dos partes estén disponibles simultáneamente. (31)

TIEMPO DIFERIDO (ASÍNCRONO)

Store-and-Forward implica adquirir información médica (imágenes médicas, resultados de laboratorios) y luego transmitir esta información a un médico especialista en un momento conveniente para asesoramiento offline. Este tipo de Telemedicina no requiere la participación simultánea de las dos partes (médico tratante y médico especialista). La dermatología y radiología son especialidades comunes apropiadas para la Telemedicina Asíncrona. La gran mayoría de aplicaciones diagnósticas de Telemedicina funcionan en tiempo diferido a menos que se presenten casos de urgencia que ameriten una transmisión en tiempo real. (32) Por tanto la teleradiología será una especialidad de forma asincrónica.

Se concluye con la investigación realizada que la teleradiología posibilita la atención a distancia de los pacientes, así como, la realización de consultas de segunda opinión entre especialistas. Estas se llevan a cabo mediante diferentes dispositivos tecnológicos como celulares, computadoras, que interactúan a través de la red. En la actualidad existen organizaciones hospitalarias que llevan a cabo la teleradiología de las cuales se tomarán ideas para el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DE LA TELERADIOLOGÍA

En este capítulo se realiza un estudio de los componentes necesarios de la teleradiología. Se describe detalladamente cada uno de los elementos básicos que la conforman. Se especifican los flujos de trabajo de la teleradiología más aceptados internacionalmente, realizándose una descripción de cada uno de ellos. También se describe como se realiza el proceso de negocio de los estudios radiológicos de los pacientes hoy en día de las instituciones hospitalarias de la ciudad de Holguín.

2.1. Componentes del sistema de Teleradiología.

2.1.1. Plataforma Básica

La plataforma básica para la implementación de una subred de teleradiología, depende del condicionamiento y complejidad del servicio que se quiere prestar. Para el caso de la transmisión de imágenes radiográficas ya digitalizadas se debe contar básicamente con los componentes estructurales fundamentales de un sistema de telemedicina, teniendo como referencia la información obtenida en las instituciones hospitalarias.

Un Equipo básico de teleradiología, tiene tres grandes componentes:

- ✓ Un sitio transmisor para el envío de imágenes.
- ✓ Una transmisión de imágenes a través de la red.
- ✓ Un sitio receptor para recepción e interpretación de imágenes.

[Ver Anexo 1.](#)

En teleradiología, las imágenes radiográficas de los pacientes son tomadas y digitalizadas en el centro de trabajo del **sitio transmisor**, las cuáles son enviadas a través de la red al **sitio receptor**, donde se reciben y almacenan las imágenes. Estas a su vez son revisadas por médicos especialistas y estos realizan la retroalimentación con **el sitio transmisor** emitiendo un posible diagnóstico por imagen y una posibilidad terapéutica. Es por esta razón que los equipos radiológicos que se emplean en la teleradiología deben ser compatibles, tanto para la digitalización de las imágenes como para su envío. (33)

2.1.2. Sitio Transmisor

En el sitio transmisor debe tener un digitalizador de imágenes o escáner radiográfico, así como una interfase de red para enviar los datos hacia un equipo de cómputo con capacidad para manejar tráfico de imágenes

radiográficas, software de compresión, descompresión y software para el manejo y envío de imágenes radiográficas DICOM compatibles.

Las tres herramientas para digitalizar las imágenes son:

- ✓ Cámaras digitales con calidad diagnóstica.
- ✓ Escáner digital.
- ✓ Radiología Computada.

Una vez digitalizadas las imágenes, se envían a través de un Módem⁵ al equipo de cómputo del sitio transmisor. A través del Módem se convierten los datos digitales en impulsos eléctricos para ser transferidos mediante la red al sitio de recepción.

La transmisión de los datos puede ser por cable, fibra óptica, satelital o microondas. Lo más utilizados en teleradiología en cuanto a transmisión de datos son los incorporados a los sistemas telefónicos (que incluyen cable y fibra óptica). La velocidad de transmisión de datos está en relación al modo de transmisión y al costo. Para la transmisión de imágenes de alta resolución (igual o superiores a 2048x2048x12 bits).

- ✓ Para comunicación asincrónica líneas RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) de 1.54 Mbps ó 2 Mbps.
- ✓ Para comunicación interactiva, líneas RDSI o ATM (Asynchronous Transfers Mode) de 10Mbps a 155 Mbps.

El medio de comunicación a utilizar para la transmisión de imágenes radiográficas depende esencialmente de la velocidad de transmisión, y el costo de instalación que se demande para lograr la calidad del servicio deseado. Se recomienda mencionar que el uso de líneas RDSI de 2 Mbps es necesario para transmisiones aceptables de imágenes radiográficas para diagnóstico médico a distancia. [Ver Anexo 3](#), [Ver Anexo 4](#).

2.1.3. Sitio de Recepción

El área de trabajo del sitio receptor de imágenes y datos posee las siguientes características:

1. Interfase de red (Módem).

⁵ Módem: Es el dispositivo que ejecuta la conversión de la señal digital emitida por la computadora en una señal de línea analógica.

2. Equipo de Cómputo, previsto de adaptador gráfico con capacidad para solicitud, recibo y manejo de imágenes radiográficas.
3. Monitores para revisión de imágenes: Monitor digital entre 512 x 512 píxeles y 2000 x 2000 píxeles con 8 a 12 bits por píxeles.
4. Impresora de calidad fotográfica.

Para establecer un sistema centralizado de almacenamiento y consulta de información de imágenes radiográficas, se requiere disponer de los siguientes dispositivos adicionales:

- ✓ Software para el recibo, manejo, acceso y envío de imágenes radiográficas.
- ✓ Software de compresión y descompresión de imágenes radiológicas.
- ✓ Nodo de almacenamiento con capacidad para manejar el tráfico de imágenes radiográficas.

El módem del **sitio receptor** recibe los impulsos eléctricos enviados del **sitio transmisor** y los convierte en datos para convertirlos en una imagen digital, la cual es enviada al equipo de cómputo para archivarla y transferirla a la máquina para su interpretación por los especialistas. Los equipos deben tener el software que permita manipular la imagen enviada, sobre todo en rotación, medición, ampliación y reducción de la imagen. [Ver Anexo 5](#) , [Ver Anexo 6](#).

2.2. Elementos Básicos de un Sistema de Teleradiología

Las etapas básicas de un sistema de teleradiología son: (34)

- ✓ Adquisición de imágenes.
- ✓ Sección de Visualización.
- ✓ Redes de Comunicación.
- ✓ Sección de Interpretación.

2.2.1. Adquisición de Imágenes

La adquisición de imágenes es un paso fundamental para realizar la teleradiología. Pueden adquirirse imágenes mediante la digitalización de filmes analógicos (escáner, láser y cámara CCD). Radiología digital directa(placa de almacenamiento de fósforo activo). Tarjeta digitalizadora con salida analógica. Su objetivo fundamental está centrado tanto en la salida de las imágenes radiológicas desde el sitio de transmisión, así como la llegada al sitio receptor. En ambos sectores se desea que se tengan las condiciones necesarias

para lograr el envío y recibimiento de las imágenes. Este proceso consta de varias cualidades como son la velocidad de transmisión y la compresión de imágenes.

Velocidad de Transmisión

Para el envío de imágenes digitalizadas, una velocidad de transmisión de 128kbps puede ser aceptable, ya que el tiempo de demora en tal sentido no es crítico. Para el caso de la teleradiología en tiempo real la velocidad de 128 kbps es deficiente, en cuanto a tiempo de transmisión se refiere, así como en la calidad de la imagen. Para cumplir con los requerimientos de transmisión de imágenes de alta resolución, como es el caso de las imágenes que se manejan en el área de diagnóstico médico; se necesitan velocidades de transmisión de alrededor de 150 Mbps y para admitir simultáneamente uno o más servicios interactivos y distributivos, se necesitan velocidades de transmisión de alrededor de 600 Mbps.

La tecnología apropiada para el soporte de estas velocidades es la fibra óptica. En el [Anexo 7](#) se relaciona el tiempo requerido para la transmisión de un examen de una radiografía digitalizada de tórax con una matriz de 2000 x 2000. Existe una relación inversa, con tendencia lineal, entre las velocidades y los tiempos de transmisión, de tal manera que a medida que se aumente proporcionalmente la velocidad de transmisión, se reduce el tiempo empleado en la misma.

Compresión

Muchos sistemas de teleradiología incluyen mecanismos de compresión, con el fin de obtener índices de transmisión compatibles con un servicio eficiente de teleconsulta y reducir las demandas de almacenamiento. La compresión puede ser con pérdidas (irreversible) o sin pérdidas (reversible). La ventaja de la compresión sin pérdidas es que la imagen original puede ser recuperada íntegramente, mientras que la compresión con pérdidas es que pueden lograrse mayores grados de compresión perdiéndose parte de la información. Los efectos de la compresión de imagen en los tiempos de transmisión se pueden ver en el [Anexo 8](#).

Las etapas de compresión en una imagen radiológica son:

1. Transformación de la imagen, con el fin de eliminar información redundante, reducir su rango dinámico y obtener una representación que pueda ser codificada eficazmente.

2. Cuantificación que expresa los coeficientes de transformación con la mínima precisión necesaria para lograr la deseada calidad de imagen.
3. Codificación de la entropía, un proceso de compresión sin pérdidas basado en las características estadísticas no aleatorias de los coeficientes de transformación.

Los sistemas más comunes de codificación para compresión de imágenes médicas, son la codificación Huffman o la codificación de recorrido lineal (RLE Run Length Encoding). La codificación de recorrido lineal usa la correlación de píxeles, donde la imagen digital, se define como la secuencia de píxeles consecutivos de idéntico valor y en una misma dirección.

El método de codificación sin pérdidas se desarrolla con técnicas que no usan pérdida alguna de información. Logran índices de compresión entre 1,5 : 1 y 3 : 1. Sin embargo para alcanzar el impacto práctico y económico necesario para la teleradiología, se acerca al 10: 1 o 20: 1. Las técnicas de compresión más avanzadas son:

DPCM	Código de modulación de pulso diferencial
HINT	Interpolación jerárquica
BPE	Codificación en planos de bits
MAR	Autoregresión multiplicativa

Las técnicas de compresión con pérdidas permiten índices más altos de compresión.

JPEG (Joint Photographic Experts Group): Es un estándar para la compresión / descompresión de imágenes estáticas de color de 24 bits, así como la escala de grises con tasas de compresión de hasta 20:1.

WAVELET: Es un estándar para compresión / descompresión de imágenes de alta resolución, tales como mastografía, tomografías y resonancias magnéticas. La compresión que utiliza es hasta de 30:1.

2.2.2. Sección de Visualización

Existen distintos tipos de estaciones de trabajo según se consideran las funciones a realizar. Por una parte están las estaciones de revisión, en donde los técnicos verifican la calidad de las imágenes obtenidas durante la realización de las exploraciones y en donde se decide qué imágenes van al PACS. Este mecanismo ha sido tradicionalmente proporcionado por las consolas de las modalidades. En segundo lugar

se encuentran las estaciones de trabajo para diagnóstico que son las más importantes y las que ofrecen las características más avanzadas. Estas estaciones, de manera equivalente a un panel clásico de negatoscopios, disponen de 2 ó 4 monitores de alta resolución con una profundidad de 10 bits que proporciona 1024 niveles de gris. Las resoluciones más frecuentes capaces de aportar la calidad y fidelidad de imagen necesarias son de 1, 2, 3 y 5 Mega píxeles. De esta manera además de emular los negatoscopios clásicos se dota al proceso de visualización de más facilidad de selección, ordenación y distribución.

La calidad de la imagen en las pantallas, es también un tema central para organismos de control de estándares y fabricantes de monitores. Las características de un monitor vienen dadas por la luminosidad, el contraste, la resolución, definición y uniformidad a lo largo de la pantalla. Estos disminuyen la distorsión y la fatiga ocular además de tener un mejor brillo, duración, uniformidad y resolución.

Condiciones necesarias para la Representación de las Imágenes.

La capacidad de mostrar imágenes con percepción visual comparable a los de films convencionales o láser, es fundamental para el éxito de las aplicaciones de teleradiología. Los sistemas de radiología digital separan físicamente la imagen capturada y la mostrada en el monitor debido a: (35)

- ✓ La cantidad de información contenida en la imagen digital.
 1. La información de la imagen almacenada puede exceder la capacidad de representación.
 2. La imagen representada debe adaptarse al sistema de visión humana.
- ✓ El tamaño de los píxeles.
 1. El límite de los píxeles interfiere con la percepción del contraste y la visión global de la imagen.
 2. La sensibilidad al contraste y a los detalles, depende del tamaño del píxel y de la luminancia del monitor.
- ✓ Los límites del monitor o sistemas de representación.
 1. La señal/ruido limita la capacidad de representación.
 2. Los monitores están diseñados para modificar la imagen original y conseguir el máximo contraste en todas las zonas de la imagen.

La intensidad de cada píxel (nivel de gris) de una imagen digital solo puede mostrarse usando monitores de 8 bits (512 niveles de gris) o los de alta resolución de 10 bits (1024 niveles de intensidad). La luminancia de los monitores de gran pantalla (matriz grande) tienen que ser como mínimo de 50 foot_lamberts(170 cd/metro cuadrado). Es por esta razón que el Colegio Americano de Radiólogos (ACR) estandarizó los monitores de los sistema de radiología en:

- ✓ De matriz pequeña para Tomografía Computada, Resonancia Magnética, Medicina Nuclear y Fluorografía. De 0,5K x 0,5k x 8 bits de digitalización y de presentación, con reproducción exacta del estudio original.
- ✓ De matriz grande para películas de rayos x y radiografías computarizadas, de 2K x 2K x 12bits de digitalización y de presentación.

En resumen, los monitores deben de cumplir con las características que se muestran en el [Anexo 9](#)

2.2.3. Redes de Comunicación

La infraestructura de comunicación que sirva de soporte para la transferencia remota de imágenes radiográficas, corresponde a aquellas redes que sean capaces de asegurar un servicio confiable y de buena calidad. Para el caso específico de la teleradiología, las redes más frecuentemente utilizadas son: (36)

- ✓ Telefonía Analógica con Módems rápidos y RDSI (Red Digital de Servicios Digitales): disponen de velocidades de 56/64kbps, las cuáles sirven para la transmisión de imágenes estáticas de baja resolución.
- ✓ T1 fraccional: Dispone de velocidades de 3,84 Mbps, la cual sirve para la transmisión de imágenes estáticas de mediana resolución.
- ✓ T1: Dispone de velocidades de 1, 54 Mbps, la cuál sirve para la transmisión de imágenes estáticas de alta resolución.
- ✓ ADSL Básico: Con velocidad de entrada hasta de 256 Kbps y velocidad de salida hasta de 128 Kbps.
- ✓ ADSL Class: Con velocidad de entrada hasta 512Kbps y velocidad de salida hasta de 128 kbps.
- ✓ ADSL Premium: Con velocidad de entrada hasta 2Mbps y velocidad de salida hasta de 300Kbps.

La tecnología ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) transforma las líneas telefónicas convencionales en líneas de alta velocidad a través de un módem ADSL.

La tecnología de transmisión más usada en teleradiología es la Red Digital de Servicios Integrados (Integrated Services Digital Network, ISDN) es una red que proporciona conectividad digital de extremo a extremo, para dar soporte a una amplia gama de servicios, que incluye voz y datos. Las RDSI permiten la operación de múltiples canales digitales al mismo tiempo a través del mismo cable telefónico normal utilizado en las líneas analógicas; pero las RDSI transmiten señales digitales y no analógicas. La latencia es mucho menor en una línea RDSI que en una línea analógica.

Esta tecnología ofrece conexiones de circuitos conmutados (para voz y datos), y conexiones de paquetes conmutados (para datos), en incrementos de 64kbps. Una de las mayores aplicaciones de RDSI en el mercado es el acceso a Internet, donde provee un máximo de 128kbps en ambas direcciones, *upstream* y *downstream* (es considerado banda ancha, ya que supera los 56kbps de velocidad de las líneas telefónicas analógicas). Una característica importante de las RDSI es que el costo de comunicación suele ser igual al de la RTPC⁶, pero con una calidad superior.

La velocidad de la red de transmisión debe ser la adecuada para el requerimiento de la aplicación. Por ejemplo, para la transmisión de radiografías de tórax utilizando imágenes digitalizadas no comprimidas, requiere aproximadamente 7 horas con un módem de 14,4 Kbps, 3,5 horas con un módem de 28,8 Kbps, 40 minutos utilizando la línea RDSI y la más cara y con la línea T1 solo se tardaría 4 minutos.

2.2.4. Sección de Interpretación

Cuando la imagen llega a la sección de interpretación, esta puede ser muy rica en contraste, de tal manera que la información en esta puede exceder la capacidad terminal para el despliegue, así los datos de la imagen almacenada deben ser procesada selectivamente antes de ser desplegada. Desde el punto de vista del observador, la imagen desplegada tiene tres atributos importantes: fidelidad, nivel de información y nivel de atracción.

La fidelidad de la imagen puede ser expresada en términos de resolución espacial, resolución por escala de grises y ruido. El nivel de información es expresado en términos de visibilidad de características diagnósticas

⁶ RTPC: La Red Telefónica Pública Conmutada

importantes como la detectabilidad de alguna anomalía específica. El nivel de atracción se relaciona con las propiedades estéticas de la imagen desplegada.

En esta sección, el software para la visualización y tratamiento de imágenes debe de ser capaz de seleccionar secuencias de imágenes. Asociar los datos del paciente y de las imágenes del estudio, trabajar con funciones de manificación(zoom). Realizar mediciones sobre la imagen, obtener valores del píxel en el sistema de coordenadas de la imagen.

2.3. Redes para la Teleradiología

Arquitectura Centralizada: Los usuarios situados en terminales no inteligentes se comunican con computadoras anfitrionas (hosts).

Beneficios	Inconvenientes
Buena integración y comunicación	Atado a un único proveedor
Buen control de datos	Largo de desarrollar
	Altos costos iniciales en el desarrollo de la interfaz
	Dificultad para la instalación
	Difícil de modificar
	No es adaptable a la necesidades de otros departamentos

Arquitectura Cliente-Servidor: Define una relación entre el usuario de una estación de trabajo y un tipo de servidor de archivos, impresión, comunicaciones u otro tipo de sistema proveedor de servicios. El cliente debe ser un sistema inteligente con su propia capacidad de procesamiento para descargar en parte del sistema posterior.

Beneficios	Inconvenientes
Adaptable a los usuarios	Puede existir redundancia en los datos.
No atado a un único proveedor	Riesgos en la consistencia de los datos
Costos iniciales bajos	
Rápido de desarrollar	
Fácil de instalar	
Fácil comunicación a través de las plataformas instaladas	

Arquitectura Distribuida: Es la suma de varias arquitecturas cliente-servidor, donde las aplicaciones y los datos pueden estar distribuidos en más de un servidor y que a su vez permite el trabajo cooperativo de toda la red. Este tipo de arquitectura de red es muy utilizada en entornos médicos principalmente en teleradiología, permitiendo recibir las imágenes de forma rápida y manipular las imágenes que se encuentran en los diferentes servidores.

Beneficios	Inconvenientes
Uso de componentes estandarizados	Las interfaces no estandarizadas pueden tener problemas para comunicarse con la red.
La redundancia de datos disminuye al ser almacenada en diferentes puntos de la red	La administración de las base de datos es más difícil
Los mensajes dentro de la red pueden ser codificados	
Bajo costo de instalación	
La instalación puede ser realizada por el	

usuario	
---------	--

Red de Área Local (LAN: Local Área Network)

Las comunicaciones en red son la base de la Radiología Digital, los PACS y la teleradiología. Una LAN es un grupo de computadoras, cada una equipada con una tarjeta adaptadora de red y software apropiado que comparte las aplicaciones, la información y los periféricos. Se realiza mediante cable o por medios inalámbricos, no usa el servicio telefónico u otro tipo de comunicación en línea. Las redes LAN tienen carácter privado, pues su uso está restringido normalmente a los usuarios miembros de una empresa o institución, para los cuáles fue diseñada la red. (37)

Red de Área Amplia (WAN: Wide Área Network)

Este tipo de red se extiende sobre un área geográfica extensa, a veces un país o continente. Su función fundamental está orientada a la interconexión de dichos elementos, por los que además fluye un volumen apreciable de información de manera continua. Por esta razón se dice que las redes WAN tienen carácter público, pues el tráfico de información que por ellas circula proviene de diferentes lugares, siendo usada por numerosos usuarios de diferentes países del mundo para transmitir información de un lugar a otro. (38)

2.3.1. Características del almacenamiento y disponibilidad de la información en teleradiología.

Se divide en tres niveles diferentes: Imágenes de acceso directo (todas almacenadas en archivo a corto plazo) e imágenes de acceso más lento (offline), almacenadas en sistemas a largo plazo. (39)

El almacenamiento a corto plazo (online) posee varias características:

- ✓ Su almacenamiento se expresa en Gigabytes. El espacio suficiente para acceder a las imágenes de un período no menor de 15 días.
- ✓ Capacidad de transferencia de más de 30 estudios por minutos.

El almacenamiento a largo plazo (offline) debe cumplir:

- ✓ Su almacenamiento se expresa en Terabytes, el volumen suficiente para que se pueda almacenar las imágenes.
- ✓ Posibilidad de empleo de un robot o Jukeboxes, si el volumen de información así lo requiere, no es lo mismo un hospital que produzca alrededor de 200 Gigabytes/año a otro hospital que produzca un volumen de varios Terabytes/año.

De acuerdo al almacenamiento, se define, que las imágenes se ubican en distintas zonas de memoria, que se presentan a continuación: (40)

Memoria Primaria (Cache Primario): Es la memoria de trabajo donde el sistema PACS ubica los estudios que recibe o envía, y a los cuales el cliente PACS puede acceder en un tiempo muy corto del orden de uno o varios segundos. El inconveniente es su limitación de tamaño. Un estudio sólo podrá permanecer temporalmente en esta memoria. Dependiendo de la cantidad de memoria disponible y de la cantidad de estudios que genere el centro, este periodo oscilará entre unas pocas semanas o algunos meses. La ventaja es su velocidad de acceso. Esta memoria la constituyen los discos duros de los servidores.

Memoria Secundaria (Archivo): A esta memoria se accede para el almacenamiento permanente de los estudios recibidos en la Memoria Primaria y para recuperar estudios que por su antigüedad ya no se pueden encontrar en la Memoria Primaria. Es una ubicación de acceso lento (en comparación con la primaria). Está formada por cintas DLT, discos ópticos MOD, CD o DVD, instalados normalmente en un armario que dispone de un brazo robot para intercambiarlos. Los estudios recibidos por el PACS se almacenarán en esta memoria para asegurar su conservación. El inconveniente es el tiempo de espera para la recuperación de estudios. Normalmente esta espera es bastante mayor que en los accesos a la memoria primaria, llegando a ser de medio minuto a varios minutos desde la solicitud hasta la recepción del estudio, dependiendo del soporte usado. Su ventaja es su gran capacidad, al disponer de unidades de almacenamiento intercambiables, de forma que se puedan sustituir las unidades usadas por nuevas.

Memoria Remota (Cliente PACS): Las estaciones clientes del PACS se pueden configurar con su propia memoria de almacenamiento para que reciban copias de estudios sin tener que solicitarlos. Su principal inconveniente es que su capacidad está muy limitada al tipo de estación, además de que pueden generar un tráfico de red, muchas veces innecesario. La ventaja es la posibilidad de disponer de forma inmediata en cualquier estación remota de estudios que por la carga del PACS o el tráfico de red podrían tardar bastante tiempo en estar disponibles.

2.4. Seguridad de los Sistemas

Los sistemas de teleradiología deben tener protocolos de seguridad tanto para las redes, como para la utilización de los sistemas (software), con la finalidad de proteger la confidencialidad de los datos de los pacientes. La seguridad y privacidad de los sistemas informáticos está clasificada de la manera siguiente:

Seguridad Física: Incluye dos aspectos, la seguridad física y la seguridad lógica. La seguridad física se refiere a sistemas software y controles automáticos. La seguridad lógica se refiere a sistemas de puertas, llaves, sensores y cerco eléctricos que no solo debe de tener en cuenta a los intrusos, sino extender la seguridad a factores medioambientales como fuego, agua, falla eléctrica, y calor. En los locales donde se encuentren los equipos de imagenología, así como los servidores de los hospitales existen las condiciones necesarias para dar seguridad a los factores medio ambientales.

Control de Acceso: Se deberán tener varias capas de control de acceso, es decir, definir el personal que tendrá acceso a las imágenes radiológicas en los servidores centrales de los hospitales. Los diferentes niveles de acceso, deberán estar bien definidos por las políticas de seguridad del centro hospitalario.

Encriptación: Es una forma de encubrir los datos bajo algoritmos matemáticos bien definidos. Independientemente de los identificadores y las claves de acceso. Los sistemas de encriptación tienen la particularidad de que requieren de un software especializado para esa función. Dentro de un servicio de Telemedicina, tanto el emisor como el receptor poseen los mismos códigos de encriptación/desencriptación. En el proceso de teleradiología las imágenes que se envía de un centro hospitalario hacia otro debe de viajar encriptadas, para salvar la información de los pacientes y personal de la institución.

Autenticación y Firmas Electrónicas: El esquema de autenticación es una forma de verificar si el mensaje o informe enviado no ha sido modificado durante y después de su transferencia. Sirve para verificar que dicho mensaje o informe, pertenece a falsificaciones y fraudes que ocurren dentro de las redes. Con este protocolo se confirma que la imagen que se envía a través de la red no haya sido modificada, y solo los radiólogos y especialistas tendrán acceso a estas firmas electrónicas.

Disponibilidad de la Información: Son los mecanismos que garantizan que la información esté disponible en la totalidad del tiempo del uso del sistema. Esto implica tanto la disponibilidad de copias de seguridad para la información, en caso que se perdiera, como de duplicados para que el sistema de respaldo pueda entrar en funcionamiento si fallara el sistema principal. En estos centros especializados en servicios teleradiológicos existen salvadas de seguridad de la información para no perder la información y mantenerla a salvo.

Autorización: Mecanismo que, en función de la identificación ya autenticada, permite acceder a datos o recursos. En el caso de datos de salud se refiere al establecimiento de qué usuarios tienen acceso a los

diferentes tipos de datos de los pacientes. En este apartado, los radiólogos y especialistas son el personal autorizado para ingresar a las base de datos y servidores donde se encuentran almacenadas las imágenes e información de los pacientes.

2.5. Flujograma de trabajo en los procesos teleradiológicos

Este proceso de negocio se puede resumir de la siguiente manera: [Ver Anexo 10](#)

1. Al ingresar el paciente a un hospital, el médico especialista crea o actualiza el expediente clínico para determinar el tratamiento que se le dará al padecimiento que el paciente reporta.
2. Posteriormente el médico especialista genera una orden de estudios radiológicos e imagen. En caso de ser necesario, para identificar cual es el mejor tratamiento a su padecimiento.
3. La orden del estudio radiológico e imagen, serán almacenadas en el sistema dedicado a controlar los protocolos de estudio y asignará una fecha para realizar los estudios necesarios al paciente.
4. Posteriormente el paciente se presenta en las áreas respectivas del hospital donde le realizarán los estudios bajo el protocolo determinado en el proceso 3.
5. El técnico radiólogo es el responsable de adquirir y almacenar, como primer control de calidad del estudio, los estudios del paciente citado en la modalidad correspondiente.
6. Para mantener disponibilidad adecuada de cada estudio, se requiere que todos los estudios de todas las modalidades sean almacenados en un servidor especializado.
7. En caso que se cuente con la infraestructura necesaria, se pueden soportar servicios de telemedicina por medio de un servidor web.
8. Con el fin de soportar redundancia de la información, se envía una copia del estudio a un sistema de almacenamiento a largo plazo donde se guardará por lo menos durante 5 años, de acuerdo a las normas actuales.
9. Una vez que se almacena la información, el médico radiólogo debe generar la interpretación y/o diagnóstico de los estudios del paciente.

10. El diagnóstico de cada paciente debe ser almacenado en el sistema donde se encuentra su expediente clínico, para que el médico especialista lo consulte y determine cuál es el tratamiento adecuado al padecimiento que presentó el paciente.

Explicación del Flujograma de trabajo teleradiológico. [Ver Anexo 11](#)

1. El paciente llega al hospital y se realiza una consulta con el médico especialista, el cual lo entrevista y realiza una valoración del posible padecimiento y procede a realizar un diagnóstico preliminar.
2. En la consulta el médico determina si el paciente requiere de una radiografía. Si el especialista determina que el paciente no requiere de una radiografía, y que el diagnóstico presuntivo puede ser el diagnóstico final, entonces se procede a dar tratamiento al paciente y posteriormente su seguimiento y control y el alta de la institución hospitalaria.
3. En caso contrario, es decir, el médico determina que el paciente requiere de un estudio radiográfico, se valora si es de urgencia. En caso de serlo se realiza el estudio, se documenta el caso y se envía el expediente del paciente vía electrónica al hospital de Referencia (Centro Especializado).
4. Si el estudio que se le realizará al paciente no es de urgencia, entonces el especialista determina si el mismo requiere de teleconsulta, En caso negativo, se comprueba si se requiere de una atención en una unidad especializada; de ser positiva esta petición se coordina la cita con el hospital de referencia y se realiza el traslado hacia el centro. Posteriormente se procede desde la Unidad de Referencia al envío del tratamiento al centro que lo solicitó y en el mismo se realiza el seguimiento, control y alta del paciente. De ser negativa la petición de la atención en la unidad especializada se procede a realizar tratamiento del paciente y luego su seguimiento, control y luego al alta del enfermo.
5. Si el especialista determina que el estudio radiológico requiere de teleconsulta, entonces se realiza la solicitud y se envía al centro de referencia el expediente del paciente (HIS) con las respectivas imágenes radiográficas. En el centro especializado se recepciona y se hace la notificación del estudio radiológico. Una vez allí el especialista de ese centro determina si la teleconsulta a realizar va a ser diferida o no. De no ser diferida la teleconsulta se envía hacia la unidad médica el horario y su confirmación, se le notifica al paciente y luego se envían las imágenes hacia la unidad de referencia donde se realiza una valoración y opinión de imágenes por los especialistas. De no ser diferida la teleconsulta, se procede a realizar en la unidad especializada una valoración y opinión de las imágenes por los especialistas. Una vez que se realiza este procedimiento se realiza un registro de constancia en

la unidad de salud de que se realizó el estudio de teleradiología. Posteriormente se hace una valoración si después de ser analizadas las imágenes, el paciente requiere de una atención médica. De no ser así se realiza el diagnóstico definitivo para la valoración del tratamiento. De requerir atención especializada se traslada al hospital de referencia y se envía el tratamiento hacia la unidad de salud.

2.6. Modelo de negocio en el sistema de salud Cubano

Actualmente en Cuba no existe una infraestructura tecnológica adecuada para desarrollar la teleradiología. En la provincia de Holguín se realizó una investigación en los 3 principales hospitales de la ciudad, para saber cómo funcionaba la transmisión de imágenes médicas. En la investigación realizada se identificó que los hospitales: Clínico Quirúrgico Celia Sánchez Manduley, Hospital Provincial Vladimir Ilich Lenin y el Hospital Pediátrico Octavio de la Concepción y la Pedraja se intercambian información radiológica sobre los diferentes estudios que se realizan en estas instituciones.

En el Clínico Quirúrgico las imágenes de los pacientes que son atendidos en el Tomógrafo pasan a un servidor central que posee una capacidad de almacenamiento de 4 Terabytes. Estas imágenes son vistas por el radiólogo en una computadora que se encuentra en el mismo local de tomografía a través del software Imagis. Este software no posee herramientas de compresión de imagen, por lo que el proceso de transmisión se hace más lento, con un ancho de banda de 512 kilobyte (Kb). En el centro, solamente las máquinas que tengan instalado el Imagis, podrán acceder a la base de datos del servidor central, adquirir el estudio pertinente así como enviarlo hacia los otros centros de salud. Si el paciente requiere ser atendido por urgencia, el mismo es llevado al departamento de tomografía. El médico especialista realiza el diagnóstico de la imagen en la pantalla del tomógrafo. Una vez que los pacientes se realizan el estudio podrán copiarlos en una memoria flash o en un CD de la máquina donde se encuentra el departamento de tomografía.

En los otros dos hospitales (Lenin y Pediátrico) se sigue este mismo proceso para la transmisión de imágenes radiológicas. El ancho de banda de mayor transmisión es de 1 mega en el hospital Lenin. En estos centros asistenciales existen salvaguardas de seguridad de la información que se llevan a cabo como políticas de seguridad, donde solamente los administradores de redes tienen acceso al servidor central de cada hospital.

Flujograma de trabajo de los procesos radiológicos del Hospital Clínico Quirúrgico de Holguín.

[Ver Anexo 12.](#)

1. El paciente llega a la consulta donde el médico le orienta la realización de un estudio radiológico.
2. El paciente procede a sacar el turno.
3. Se le realiza el estudio radiológico, donde el radiólogo introduce los datos del paciente en la pantalla del tomógrafo, además de un código de estudio.
4. Una vez realizado el estudio las imágenes se guardan en un servidor central.

Se comprueba si el hospital al que pertenece el paciente esta interconectado con el hospital donde se realiza el estudio. De no estar conectado, el paciente copia la imagen en un dispositivo de almacenamiento. De estar conectado, se le envía la imagen al servidor central (proceso que viola políticas de seguridad, al tener acceso a los servidores remotos de otras instituciones) del otro hospital a través del software Imagis.

En este capítulo se realizó un estudio de los componentes más importantes a tener en cuenta al realizar un centro especializado en teleradiología. Se analizaron las diferentes tendencias tecnológicas, así como las más usadas y eficientes para el desarrollo de estos centros. Se describe las diferentes arquitecturas de red usadas y también la seguridad que deben de presentar estos sistemas. Al final del capítulo se muestran diferentes procesos de negocio que se llevan a cabo, y los flujos de trabajo de los mismos.

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DEL PROCESO TELERADIOLÓGICO

En este capítulo se presenta el nuevo modelo de proceso para la teleradiología. Se describen cada una de las actividades que integran en nuevo proceso. También se detallan cada uno de los actores participantes en las actividades centradas en la teleradiología. Se especifican además las aplicaciones informáticas que deben de ser usadas para llevar a cabo el proceso, así como se orientan los requerimientos funcionales y no funcionales que debe poseer estas aplicaciones informáticas.

3.1 Descripción de las Actividades del Proceso Teleradiológico

	Proceso de Teleradiología
Objetivos:	Realizar examen radiológico
Evento(s) que lo generan:	Paciente con necesidad de estudios radiológicos
Precondiciones:	Ingreso de un paciente
Poscondiciones:	Generación del informe radiológico
Reglas de Negocio:	La petición de examen radiológico está limitada por la cantidad predefinida de solicitudes que el centro radiológico pueda atender.
Responsables:	Médico
Clientes internos:	Paciente
Clientes externos:	Paciente
Entradas:	Solicitud de examen
Salidas:	Imagen e Informe Radiológico
Actividades:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Consulta Médica. 2. Diagnóstico preliminar del paciente. 3. Solicitud de Cita. 4. Recepción de la Solicitud.

	<ol style="list-style-type: none">5. Planificación de cita.6. Confirmación de Horario Teleradiológico.7. Planificación de las Citas.8. Notificar al Paciente.9. Verificación de datos y registro del estudio.10. Realización de estudio.11. Almacenamiento de las imágenes.12. Informe Radiológico.13. Envío del Estudio Radiológico (PACS).14. Envío del Estudio Radiológico (PACS_RIS).15. Recepción del Estudio Radiológico.16. Valoración del médico.17. Tratamiento.
--	---

3.1.1. Descripción del Flujo Básico [Ver Anexo 13](#)

1. Consulta Médica: Se realiza cuando un paciente es atendido por un médico especialista en la sala de consulta externa de un hospital o policlínico.
2. Diagnóstico Preliminar: El médico que atiende al paciente le realiza el examen físico correspondiente. Luego de una minuciosa investigación y revisión del paciente, el especialista capacitado determina si el paciente requiere de un examen de radiología para corroborar con exactitud el posible diagnóstico del paciente.
3. Envío Solicitud de Cita: Las solicitudes contempladas en el proceso deben de ser de 2 tipos: Remisión y Derivación. La solicitud de la cita por remisión es el acto de formular el pedido del estudio teleradiológico, en esta etapa se codifica la solicitud de modo que una vez realizada pueda ser enviado sin error hacia el área de salud que lo solicitó y al servicio que lo está demandando. El

código cuenta con un índice de identificación único para cada ciudadano, que es el número de identidad permanente, luego tendrá el código del área de salud, nombre del servicio que solicita.

Estos 3 campos constituyen el código de identidad de cada estudio teleradiológico, la solicitud tendrá el nombre del paciente, sexo, edad, la posible impresión diagnóstica que se quiere confirmar o descartar y datos relevantes del examen físico realizado al paciente. La solicitud de cita por derivación se realiza cuando en el hospital de origen no existen los especialistas para realizar el diagnóstico de la imagen y se envía la imagen junto con el diagnóstico preliminar del paciente hacia el hospital de referencia. El actor que participa en este proceso será el Solicitante de la Cita que es el encargado de incluir los datos que debe de llevar la solicitud teleradiológica, además de enviarla hacia el hospital de referencia.

4. Recepción de la Solicitud: Es según el nivel de la Solicitud, ya sea a través de cita o informes. Se recibe la solicitud en el centro teleradiológico enviadas por el área de salud. El actor involucrado en este proceso de recepción de la cita es el Recepcionista de Solicitud de Cita.
5. Planificación de las Citas: Se hace uso de la planificación de los estudios a realizar en la institución, la cual se encarga de planificar los estudios radiológicos. Esta planificación se realiza de acuerdo al tipo de solicitud, ya sea por remisión o derivación. El planificador les da una fecha (día, mes y año) para su realización. Una vez planificadas las citas se envían hacia el área que procede a notificar las citas teleradiológicas.
6. Notificación de las Citas Teleradiológicas: Se envía la confirmación de cita hacia el Área de Salud que hizo la solicitud, la cita ya planificada, con el horario a realizar el estudio. También se envían los datos del futuro paciente a ser atendido al departamento de Verificación de Datos. El actor participante en esta actividad es el Notificador de Citas.
7. Valoración Médica por Definición: Se define qué acción realizar en caso de que el estudio radiológico no se puede realizar en el hospital de referencia. El actor involucrado en este proceso es el médico especialista.
8. Confirmación de Horario Teleradiológico: Se recibe la cita ya planificada por el centro especializado y se le hace llegar al paciente. El actor participante en esta actividad es el Confirmador de Cita que, es el que confirmará que la cita teleradiológica proveniente del hospital de referencia ha sido enviada y se notifica al paciente.

9. Verificación de Datos y Registro del Estudio: Se verifica la correspondencia de los datos del paciente para determinar que su nombre, sexo, edad, nombre del servicio, tipo de estudio a realizar así como el código del área de salud que proviene dicho paciente coincida con los datos que se enviarán desde el proceso de Notificación de citas teleradiológicas. Se registra en una base de datos el estudio que se va a realizar. De esta forma se lleva una contabilidad de los estudios radiológicos que se realizan en el centro de referencia. También se registran los datos relacionados con el técnico que realizará el estudio y se confirma la cita en los equipos. El actor que participa en esta actividad del proceso es el Verificador de Solicitudes.
10. Realización de Estudios Radiológicos: El paciente se realiza el estudio radiológico en el área donde se encuentra el equipo de radiología. El actor involucrado en esta actividad es el Equipo Médico, el cual tiene como objetivo enviar los estudios radiológicos hacia las distintas estaciones de almacenamiento y diagnóstico radiológico.
11. Almacenamiento de las Imágenes: Se almacenan las imágenes provenientes de los diferentes equipos médicos. El almacenamiento de los estudios médicos en estos servidores puede ser permanente o temporal. En el caso del almacenamiento de los servidores temporales se realizará con un plazo entre 30 y 60 días. De esta forma, si ocurre una pérdida en el hospital al que se le envió el examen, el centro hospitalario pueda recuperar el estudio.
12. Informe Radiológico: Se realiza un informe radiológico detallado por el especialista en radiología. Para realizar el informe se tiene en cuenta el diagnóstico preliminar enviado en la solicitud de cita teleradiológica del paciente y se cuenta además con las imágenes obtenidas en los equipos radiológicos.
13. Envío del Estudio Radiológico (PACS): Se envía hacia el hospital de referencia las imágenes médicas obtenidas desde los equipos de radiología, a las cuales no se les puede hacer un informe radiológico por falta de personal médico calificado. El actor que participa en esta actividad es el Mensajero de Imágenes DICOM.
14. Envío del Estudio Radiológico (PACS_RIS): Se comprueban los datos del área de salud y el servicio que ha solicitado el estudio, una vez comprobada la correspondencia del código del estudio con el lugar del destino se envía el diagnóstico y el estudio hacia el área de salud correspondiente. En esta área se realiza una salva temporal de los estudios que son externos, y luego de un periodo de 30 a

60 días son eliminados, permitiendo recuperar la información en caso de pérdidas. El actor involucrado en esta actividad del proceso es el Mensajero de Estudios Radiológicos.

15. Recepción del Estudio Radiológico: Se recibe en los servidores centrales de las diferentes áreas de salud los estudios radiológicos (informes radiológicos e imágenes radiológicas) a través del código de dicha área de salud. Una vez en los servidores de almacenamiento los estudios pueden ser adquiridos por los especialistas solicitantes. El actor que participante de esta actividad es el Recepcionista de Estudios Radiológicos.
16. Valoración del Médico: El especialista realiza una valoración al paciente y según los estudios hechos anteriormente, el diagnóstico definitivo.
17. Tratamiento: Se le entrega al paciente el tratamiento a realizar para eliminar o aliviar su padecimiento.

3.2. Automatización de los Procesos

Los procesos deberán ser automatizados para lograr una mejor interacción entre el hospital de referencia y el hospital que realiza el envío de la solicitud de teleradiología. Se determinó que para lograr una ejecución eficiente de la teleradiología es conveniente asignar las funciones de los actores involucrados en el proceso a diferentes aplicaciones informáticas.

Entre los actores y aplicaciones presentes dentro de la nueva propuesta del proceso teleradiológico se encuentran:

El Solicitante de Cita: Es el que realiza la solicitud de cita al hospital de referencia.

Aplicación Informática: aplicación web alas RIS.

Requisitos Funcionales:

- ✓ Introducir los datos del paciente en una solicitud de cita realizada de manera digital. Los datos que debe de presentar la solicitud están: el nombre y apellidos del paciente, su edad, carnet de identidad, área de salud a la cual pertenece, servicio médico que lo solicita, tipo de estudio a realizarse y la impresión diagnóstica preliminar del especialista que lo atendió en la consulta y nombre del especialista que realiza el pedido.

Diseño de un Proceso de intercambio para la Teleradiología en Centros Radiológicos Especializados

Capítulo 3

- ✓ Poseer un Código de Solicitud de Cita, la que tendrá una numeración que identifique el hospital del cual ha sido enviada.
- ✓ Permitir la elección de elegir a que hospital de referencia mandar la solicitud de cita.
- ✓ Conceder la opción de darle prioridad o no a la cita, para si el paciente requiere de una atención inmediata en el hospital de referencia, su cita sea atendida primera que otras que no requieran de tanta urgencia.
- ✓ Agregar y Eliminar una Solicitud.

Requisitos no Funcionales:

- ✓ Usar el estándar HL7 para la comunicación de envío de las solicitudes entre las instituciones médicas.
- ✓ Permitir la encriptación de las solicitudes para proveerle mayor seguridad a la información y que personal no autorizado tenga acceso a los datos.
- ✓ En caso de fallas de conexión, posibilitar que la información que se envió, sea enviada hacia su destino final.

El Recepcionista de Solicitud de Cita: Es el que recibe la solicitud de cita en el hospital de referencia.

Aplicación Informática: aplicación web alas RIS.

Requisitos Funcionales:

- ✓ Permitir diferenciar las solicitudes de alta prioridad de las que no poseen una prioridad de urgencia. Posibilitando de esta forma que las que primero se atiendan sean las de mayor prioridad.
- ✓ Organizar los pedidos de cita por las áreas de salud, mediante el código que poseen las solicitudes de citas, el cual me identifica el hospital de donde proviene cada solicitud.
- ✓ Enviar hacia la lista de trabajo del alas RIS la solicitud con los datos del paciente para que planifique el horario y el día que se debe de realizar el estudio.

Requisitos no Funcionales:

- ✓ Usar el estándar HL7 para la comunicación de envío de las solicitudes entre las instituciones médicas.

- ✓ Permitir descryptar la información que es enviada desde el centro hospitalario del cual se realiza el pedido.

El Notificador de Citas Teleradiológicas: Envía la notificación de la cita hacia el hospital que la está demandando.

Aplicación Informática: aplicación web alas RIS.

Requisitos Funcionales:

- ✓ Enviar la notificación de cita hacia el área de salud que la solicitó mediante el código que posee la solicitud de cita.
- ✓ Enviar los datos de la notificación hacia la base de datos, donde posteriormente se verificarán los datos del paciente una vez llegado al centro de referencia.

Requisitos no Funcionales:

- ✓ Usar el estándar HL7 para la comunicación de envío de las solicitudes entre las instituciones médicas.
- ✓ En caso de fallas de conexión, posibilitar que la información que se envió, sea enviada hacia su destino final.
- ✓ Permitir la encriptación de las solicitudes para proveerle mayor seguridad a la información y que personal no autorizado tenga acceso a los datos.

El Confirmador de Citas Teleradiológicas: es el actor que tiene como objetivo recepcionar la notificación de la cita teleradiológica

Aplicación Informática: aplicación web alas RIS.

Requisitos Funcionales:

- ✓ Recepcionar la notificación de cita, de forma tal que las organice por el nombre de los médicos que hicieron el pedido de solicitud.
- ✓ Hacerle llegar al correo del especialista la notificación de su cita, para que este se la haga saber al paciente al cual atiende.

Diseño de un Proceso de intercambio para la Teleradiología en Centros Radiológicos Especializados

Capítulo 3

- ✓ Mandar a imprimir una vez que se ha recepcionado la solicitud y mediante la impresión darle aviso al especialista.

Requisitos no Funcionales:

- ✓ Usar el estándar HL7 para la comunicación de envío de las solicitudes entre las instituciones médicas.
- ✓ Permitir desencriptar la información que es enviada desde el centro de referencia.

El Verificador de Solicitudes: Verifica que los datos plasmados en las solicitudes de citas sean los correctos.

Aplicación Informática: aplicación desktop.

Requisitos Funcionales:

- ✓ Buscar el nombre de un paciente ya insertado en la base de datos y visualizar así todos sus datos para comprobarlos con la solicitud impresa que lleva consigo el paciente.
- ✓ Insertar un nuevo paciente en la base de datos.
- ✓ Modificar los datos del paciente si trae algún error la solicitud de cita.
- ✓ Registrar el estudio que se desea realizar en una base de datos donde solo se almacenen los datos de los estudios que realizará el centro de referencia. Esto trae como beneficio que el centro hospitalario lleve una eficiente contabilidad de los estudios radiológicos que se realizan en él.

El Enrutador de Estudios: Envía las imágenes que son tomadas en los equipos radiológicos hacia las diferentes estaciones de trabajo.

Aplicación Informática: aplicación desktop Acquisition Gateway la cual configurada por reglas ya definidas permite el envío de las imágenes radiológicas hacia el servidor de imágenes donde se almacenan las mismas o a las diferentes estaciones de visualización como tomografía, resonancia, mamografía, ecografía para que sean interpretadas por los radiólogos.

El Mensajero de Imágenes DICOM: Es el actor que envía las imágenes DICOM de un sitio a otro. Su escenario se centra en el centro hospitalario donde se realiza la petición de solicitud de cita teleradiológica.

Aplicación Informática: DICOM Mail.

Diseño de un Proceso de intercambio para la Teleradiología en Centros Radiológicos Especializados

Capítulo 3

Requisitos Funcionales:

- ✓ La imagen radiológica que debe de ser enviada posea un código de identificación para saber el hospital del cual proviene. De esta forma una vez realizado el informe médico de las imágenes del estudio radiológico, estas sean enviadas sin dificultad hacia el centro hospitalario de donde procedían.

Requisitos no Funcionales:

- ✓ Usar el estándar DICOM para la comunicación de envío de imágenes entre las instituciones médicas.
- ✓ En caso de fallas de conexión, posibilitar que la información que se envió, sea remitida hacia su destino final.
- ✓ Permitir la encriptación de las imágenes para proveerle mayor seguridad a la información y que personal no autorizado tenga acceso a los datos.

El Mensajero Estudios Radiológicos (PACS_RIS): Envía los estudios radiológicos con sus respectivos informes hacia el área de salud de donde provienen.

Aplicaciones Informáticas:

- ✓ DICOM Mail.
- ✓ Aplicación Web alas RIS

Requisitos Funcionales:

- ✓ Agregar el Formato SR (Structured Reporting), para convertir los informes radiológicos en formato Dicom.
- ✓ Enviar la imagen hacia el área de salud a la cual pertenece, mediante el código de identificación de las mismas.
- ✓ Agregar una funcionalidad que me permita agregar imágenes DICOM al RIS para enviar junto el informe radiológico con la imagen correspondiente.

Requisitos no Funcionales:

- ✓ Usar el estándar DICOM para la comunicación de envío de imágenes entre las instituciones médicas.
- ✓ En caso de fallas de conexión, posibilitar que la información que valla a enviar, sea remitida hacia su destino final.
- ✓ Permitir la encriptación de las imágenes para proveerle mayor seguridad a la información y que personal no autorizado tenga acceso a los datos.

El Recepcionista Estudios Radiológicos (PACS_RIS): Recibe el informe y las imágenes radiológicas, las cuales envía hacia las diferentes áreas de trabajo.

Aplicación Informática:

- ✓ DICOM Mail.
- ✓ Acquisition Gateway
- ✓ Aplicación web alas RIS

Requisitos Funcionales:

- ✓ Recepcionar las imágenes y sus respectivos informes radiológicos.
- ✓ Definir reglas para el Acquisition Gateway, y enviar los estudios hacia el servidor de imágenes y las distintas estaciones de trabajo. Una de estas reglas puede ser, filtrar el nombre del médico que realizó la solicitud y enviarlas hacia su respectiva consulta.

Requisitos no Funcionales:

- ✓ Usar el estándar DICOM para la comunicación de envío de imágenes entre las instituciones médicas.
- ✓ Permitir desencriptar la información que es enviada desde el centro de referencia.

3.3. Cálculo para el almacenamiento en los Servidores de Imágenes.

Los servidores de imágenes pueden ser de almacenamiento a corto o largo plazo, pero cada una de las instituciones hospitalarias poseen características particulares que las diferencian de las demás. Por ejemplo un hospital pequeño no realiza la misma cantidad de estudios que un hospital de mayor extensión. Por lo tanto la capacidad de los servidores que se requiere para almacenar las imágenes radiológicas no es el

mismo para todos los hospitales. Es por ello que se realiza un análisis de las siguientes ecuaciones lineales para obtener la capacidad aproximada de almacenamiento en los servidores de imágenes. Para realizar estos cálculos se escogieron los 4 estudios que más demanda tienen en un centro hospitalario: ultrasonido, resonancia magnética nuclear, tomografía y radiología convencional.

Donde: $i = 1$ hasta n , t -> tamaño promedio, c -> cantidad atendida, dm -> frecuencia de mantenimiento

Datos

US = tamaño medio de un ultrasonido

TAC = tamaño medio de una tomografía

RMN = tamaño medio de una resonancia magnética nuclear

CR = tamaño medio de una radiología convencional

c_1 = cantidad de estudios atendidos de tipo US

c_2 = cantidad de estudios atendidos de tipo TAC

c_3 = cantidad de estudios atendidos de tipo RMN

c_4 = cantidad de estudios atendidos de tipo CR

La capacidad de almacenamiento de la ecuación 1 se calcula multiplicando el tamaño medio de un ultrasonido por la cantidad de estudios de tipo ultrasonidos realizados, sumado por la multiplicación del tamaño medio de una tomografía por la cantidad de tipo de estudios de tomografía realizados, este mismo procedimiento matemático se realiza con los estudios de resonancia magnética nuclear y radiología convencional. Con estas iteraciones se obtiene la capacidad de almacenamiento diario. Para obtener la capacidad de almacenamiento se multiplican las iteraciones por la frecuencia de mantenimiento (dm) + 1, donde dm será la cantidad de días que se encontrará almacenada la información en el servidor temporal y el uno será el día en que se realizará el borrado de la información que se encuentra almacenada temporalmente en la salva.

$$\text{Capacidad} = (US * c_1 + TAC * c_2 + RMN * c_3 + CR * c_4 + \dots)(dm + 1) \quad \text{Ecuación 1}$$

Como se puede apreciar, la ecuación 1 puede simplificarse mucho más quedando la capacidad como la sumatoria del tamaño promedio de los estudios por la cantidad de estudios atendidos, multiplicándolo por la frecuencia de mantenimiento más uno ($dm + 1$).

$$\text{Capacidad} = \text{SUM}(c_i * t_i)(dm + 1) \quad \text{Ecuación 2}$$

Obteniendo como fórmula final para calcular la capacidad de almacenamiento en un servidor de imágenes temporal la sumatoria de $i=1$ hasta n multiplicando el tamaño promedio de los estudios y la cantidad de estudios atendidos por la frecuencia de mantenimiento más uno.

$$\text{Capacidad} = [\sum_{i=1}^n (Ci * Ti)](dm + 1) \quad \text{Ecuación 3}$$

La unidad de medida en que se expresa esta ecuación es en megabyte, ya que la capacidad de las imágenes radiológicas es de megabyte. Para expresar la capacidad de almacenamiento de un servidor de imágenes debe de ser en gigabyte o terabyte. Este cálculo se realiza haciendo una conversión matemática. Para llevar a gigabyte se divide la cantidad de megas entre 1024 ya que un gigabyte equivale a 1024 megabyte. Esta misma operación se realiza para expresar la unidad de medida en terabyte dividiendo la cantidad de gigabyte entre 1024, ya que un terabyte es el equivalente a 1024 gigabyte.

Cantidad de megas / 1024 = Cantidad de Gb.

Cantidad de gigas / 1024 = Cantidad Tb.

En este capítulo se realizó análisis de las actividades que componen un proceso de teleradiología. Se analizaron los actores que participan en el nuevo proceso, además de hacer énfasis de las aplicaciones que deben usarse en los escenarios donde se aplica la teleradiología. Al final del capítulo se hace una breve descripción sobre los requisitos no funcionales además de proponer una ecuación para hacer el cálculo del almacenamiento que deben de tener las distintas áreas de salud según las características específicas de cada una de ellas.

CONCLUSIONES

El estudio realizado sobre las soluciones nacionales e internacionales existentes determinó, que estas no estaban aptas para su empleo generalizado en Cuba, ya que las que no poseen costos muy elevados de adquisición o poca correspondencia con el sistema de salud cubano, tienen entonces poca experiencia y madurez para la teleradiología.

Se efectuó un profundo análisis sobre los componentes fundamentales que posee un sistema de teleradiología, sus etapas básicas, así como las características para su almacenamiento y la seguridad de los sistemas teleradiológicos. Se realizó un estudio varios flujogramas de trabajo que existe en el mundo y en Cuba sobre la teleradiología evidenciándose la falta de experiencia y orientación que poseen los especialistas sobre los procesos para realizar la teleradiología.

Como resultado, se realizó el diseño de un proceso de actividades para un centro especializado en teleradiología, posibilitando el intercambio de información radiológica entre instituciones hospitalarias.

Se definieron las aplicaciones informáticas para la implementación de tales procesos, así como sus actores principales. El diseño del proceso presentado contribuye a una mejor cooperación inter_hospitalaria, ahorro de tiempo y recursos, además de mejorar la calidad y atención de los pacientes del sistema de salud.

RECOMENDACIONES

Tomando como plataforma la investigación realizada y la experiencia acumulada durante la realización de este trabajo, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Efectuar un continuo refinamiento del diagrama de actividades propuesto en caso de variar o introducir alguna mejora en el proceder médico.
- Realizar una valoración de los costos de la tecnología y requerimientos de hardware para poner en marcha su implementación.
- Potenciar el desarrollo de soluciones informáticas que permitan automatizar mayor la cantidad posible de actividades involucradas en el proceso teleradiológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Alvarez, González.** Gestión por procesos en Radiología. [En línea] [Citado el: 2010 de Noviembre de 11.]
2. [En línea] [Citado el: 4 de abril de 2011.] <http://www.connectingforhealth.nhs.uk/systemsandservices/pacs>.
3. Red de Telemedicina Cubana. [En línea] 24 de Noviembre de 2010. <http://www.ungefcm.gq:8081/datas/informatica/cdinformatica/p-informatica/RecursosComp/materiales/Libro/Red.htm>.
4. *Análisis, Diseño e Implementación del Sistema de Teleconsulta.* **González Tolmo Débora, Pozo Avila. Leosdan**
5. [En línea] <http://telemedicinaluisfelipepereira.es.tl/historia-de-la-telemedicina.htm>.
6. SUBSECRETARÍA DE INNOVACIÓN Y CALIDAD . [En línea] 14 de Enero de 2010.
7. SUBSECRETARÍA DE INNOVACIÓN Y CALIDAD. . [En línea] 14 de Enero de 2011.
8. Las Redes informáticas. [En línea] 17 de Abril de 2011. http://www.bricopage.com/como_se_hace/informatica/redes.htm.
9. ¿ Que es la Radiología ? [En línea] 2 de Febrero de 2011. [Citado el: 12 de Agosto de 2010.] <http://www.misrespuestas.com/que-es-la-radiologia.html>.
10. [En línea] [Citado el: 31 de Mayo de 2011.] <http://www.galenica-telesalud.net/index.php/conceptos-claves.html>.
11. [En línea] [Citado el: 31 de Mayo de 2011.] <http://www.galenica-telesalud.net/index.php/conceptos-claves.html>.
12. [En línea] [Citado el: 31 de Mayo de 2011.] <http://www.galenica-telesalud.net/index.php/conceptos-claves.html>.
13. [En línea] [Citado el: 31 de Mayo de 2011.] <http://www.galenica-telesalud.net/index.php/conceptos-claves.html>.
14. **Fraile., Fransisco Javier Cabrero.** Imagen Radiológico. Principios Físicos e Instrumentación. [En línea] 15 de Enero de 2011.

15. **Rodriguez, Joel.** 2010. Health Information Systems. [En línea] 18 de Febrero de 2011.
16. **Alex A.T. Bui, Ricky K. Taira.** 2010. Medical Imaging Informatics. [En línea] 18 de Febrero de 2011.
17. El Sistema de Teleradiología. [En línea] 6 de Febrero de 2011. <http://www.rt2s.net/Menu.aspx?Menu=Serv&Opcion=TTR>.
18. Técnica para transmitir imágenes médicas a través de móviles. [En línea] 4 de Febrero de 2011. http://www.tendencias21.net/Crean-una-tecnologia-que-transmite-imagenes-medicas-por-el-movil_a2238.html.
19. [En línea] 2011 de Enero de 15 . <http://colombiamedica.univalle.edu.co/Vol37No3/html/cm37n3a2.htm>.
20. [En línea] 2011 de Febrero de 2 . <http://www.ungefcm.gq:8081/datas/informatica/cdinformatica/p-informatica/RecursosComp/materiales/Libro/red%20sample.htm#teletransmision>.
21. **H. Blanco, A. Vázquez.** GENERALIZACIÓN DEL SISTEMA PACS, iMagis®. [En línea] 3 de Marzo de 2011.
22. **Riesgo, Medina, Pedro, Castilla, Yunior Gonzalez y Lorenzo, Lester Manuel Rangel.** Cassandra DICOM Mail Sistema para la Transmisión de Imágenes Médicas. [En línea] 24 de Febrero de 2011.
23. Rational Unified Process Best Practices for Software Development Teams. [En línea] 17 de Febrero de 2011.
24. <http://www.bizagi.com/esp/productos/ba-modeler/modeler.html>. BPMN Business Process Modeling Notation. [En línea] 2 de Marzo de 2011.
25. [En línea] 2 de Febrero de 2011. <http://www.bpmn.org/Documents/OMG%20Final%20Adopted%20BPMN%201-0%20Spec%2006-02-01.pdf>.
26. **Monroy, Mirianm Parada Robles Juan.** El estándar HL7. [En línea] 20 de Febrero de 2011.
27. STRATEGIC DOCUMENT. [En línea] [Citado el: 2010 de Diciembre de 2011.]
28. Integrating the Healthcare Enterprise. [En línea] 30 de Agosto de 2007. [Citado el: 12 de Marzo de 2011.]
29. [En línea] [Citado el: 21 de Febrero de 2011.] <http://www.telemedicina.buap.mx/PaginaNueva/Paginas/salud.html>.

30. **Herrera, Gregorio Rodrigo.** DISEÑO BÁSICO DE UN SISTEMA RIS/PACS. [En línea] 2007. [Citado el: 16 de Febrero de 2011.]
31. **ING. MIGUEL YAPUR AUAD, M. SC.** “NORMAS PARA LA INSTALACIÓN DE TELE-CONSULTORIOS”. [En línea] [Citado el: 3 de Marzo de 2011.]
32. —. NORMAS PARA LA INSTALACIÓN DE TELE-CONSULTORIOS”. [En línea] [Citado el: 3 de Marzo de 2011.]
33. **Villalobos, Dr: José Ángel Córdova.** Secretaria de Salud TELE - RADIOLOGIA . [En línea] 2007. [Citado el: 8 de Marzo de 2011.]
34. **Villalobos, Dr José Ángel Cordova.** Secretaria de Salud TELE-RADIOLOGIA . [En línea] 2007. [Citado el: 8 de Marzo de 2011.]
35. **Domínguez, Dra. Maki Esther Ortíz.** SERIE TECNOLOGIA EN SALUD . [En línea] [Citado el: 6 de Marzo de 2011.]
36. —. SERIE TECNOLOGIA EN SALUD. [En línea] [Citado el: 6 de Marzo de 2011.]
37. **Villalobos, Dr. José Ángel Córdova.** Secretaria de Salud TELE-RADIOLOGIA . [En línea] 2007. [Citado el: 8 de Marzo de 2011.]
38. **Domínguez, Dra. Maki Esther Ortíz.** SERIE TECNOLOGIA EN SALUD . [En línea] [Citado el: 6 de Marzo de 2011.]
39. **Villalobos, Dr: José Ángel Córdova.** Secretaria en Salud TELE-RADIOLOGIA. [En línea] 2007. [Citado el: 8 de Marzo de 2011.]
40. **MARTINO, ANALÍA PAOLA.** RADIOLOGÍA: DE LA IMAGEN CONVENCIONAL A LA DIGITAL. [En línea] 2006. [Citado el: 13 de Marzo de 2011.]
41. **Fraile., Cabrero Fransisco Javier.** Imagen Radiológico. Principios Físicos e Instrumentación. [En línea] 15 de Enero de 2011.

BIBLIOGRAFÍA

1. [En línea] [Citado el: 31 de Mayo de 2011.] <http://www.galenica-telesalud.net/index.php/conceptos-claves.html>.
2. ¿ Que es la Radiología ? [En línea] 2 de Febrero de 2011. [Citado el: 12 de Agosto de 2010.] <http://www.misrespuestas.com/que-es-la-radiologia.html>.
3. **Alvarez, González.** Gestión por procesos en Radiología. [En línea] [Citado el: 2010 de Noviembre de 11.]
4. Armour, Frank & Miller, Granville [citado el: 20 de mayo del 2011.] Advance Use Case Modeling.
5. Débora González Tolmo, Leosdan Pozo Ávila Análisis,Diseño e Implementación del Sistema de Teleconsulta. [En línea]
6. **Domínguez, Dra. Maki Esther Ortíz.** SERIE TECNOLOGIA EN SALUD . [En línea] [Citado el: 6 de Marzo de 2011.]
7. El Sistema de Teleradiología. [En línea] [Citado el: 2 de febrero de 2011.] <http://www.rt2s.net/Menu.aspx?Menu=Serv&Opcion=TTR>.
8. El Sistema de Teleradiología. [En línea] 6 de Febrero de 2011. <http://www.rt2s.net/Menu.aspx?Menu=Serv&Opcion=TTR>.
9. Evitts Paul [citado el: 20 de mayo del 2011.] A UML Pattern Language.
10. **Fraile., Cabrero Fransisco Javier. Imagen Radiológico. Principios Físicos e Instrumentación.** [En línea] 15 de Enero de 2011.
11. Fraile., Fransisco Javier Cabrero. Imagen Radiológico. Principios Físicos e Instrumentación. [En línea] 2006. [Citado el: 15 de enero de 2011.]
12. **H. Blanco, A. Vázquez.** GENERALIZACIÓN DEL SISTEMA PACS, iMagis®. [En línea] 3 de Marzo de 2011.

13. **Herrera, Gregorio Rodrigo.** DISEÑO BÁSICO DE UN SISTEMA RIS/PACS. [En línea] 2007. [Citado el: 16 de Febrero de 2011.]
14. Integrating the Healthcare Enterprise. [En línea] 30 de Agosto de 2007. [Citado el: 12 de Marzo de 2011.]
15. LAS REDES INFORMATICAS:. [En línea] 17 de abril de 2010. [Citado el: 1 de febrero de 2011.] http://www.bricopage.com/como_se_hace/informatica/redes.htm.
16. **MARTINO, ANALÍA PAOLA.** RADIOLOGÍA: DE LA IMAGEN CONVENCIONAL A LA DIGITAL. [En línea] 2006. [Citado el: 13 de Marzo de 2011.]
17. **Monroy, Mirianm Parada Robles Juan.** El estándar HL7. [En línea] 20 de Febrero de 2011.
18. NORMAS PARA LA INSTALACIÓN DE TELE-CONSULTORIOS". [En línea] [Citado el: 3 de Marzo de 2011.]
19. Qué es la radiología ? [En línea] 12 de agosto de 2010. [Citado el: 2 de febrero de 2011.] <http://www.misrespuestas.com/que-es-la-radiologia.html>.
20. Rational Unified Process Best Practices for Software Development Teams. [En línea] 17 de Febrero de 2011.
21. Red de Telemedicina Cubana. [En línea] [Citado el: 24 de noviembre de 2010.] <http://www.ungefcm.gq:8081/datas/informatica/cdinformatica/p-informatica/RecursosComp/materiales/Libro/Red.htm>.
22. **Riesgo, Medina, Pedro, Castilla, Yunior Gonzalez y Lorenzo, Lester Manuel Rangel.** Cassandra DICOM Mail Sistema para la Transmisión de Imágenes Médicas. [En línea] 24 de Febrero de 2011.
23. Riesgo, Pedro Medina, Castilla, Yunior Gonzalez y Lorenzo, Lester Manuel Rangel. Cassandra DICOM Mail Sistema para la Transmisión de Imágenes Médicas. [En línea]
24. Serie en Tecnología de la Salud . [En línea] [Citado el: 28 de enero de 2011.]
25. STRATEGIC DOCUMENT. [En línea] [Citado el: 2010 de Diciembre de 2011.]

-
26. SUBSECRETARÍA DE INNOVACIÓN Y CALIDAD . [En línea] 14 de 3 de 2009. [Citado el: 14 de enero de 2010.]
 27. SUBSECRETARÍA DE INNOVACIÓN Y CALIDAD. [En línea] [Citado el: 14 de enero de 2011.]
 28. Técnica para transmitir imágenes médicas a través de móviles. [En línea] [Citado el: 4 de febrero de 2011.] http://www.tendencias21.net/Crean-una-tecnologia-que-transmite-imagenes-medicas-por-el-movil_a2238.html.
 29. Técnica para transmitir imágenes médicas a través de móviles. [En línea] 4 de Febrero de 2011. http://www.tendencias21.net/Crean-una-tecnologia-que-transmite-imagenes-medicas-por-el-movil_a2238.html.
 30. Técnica para transmitir imágenes médicas a través de móviles. [En línea] 4 de Febrero de 2011. http://www.tendencias21.net/Crean-una-tecnologia-que-transmite-imagenes-medicas-por-el-movil_a2238.html.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ACR: (*American College of Radiologist*): Principal organización de radiólogos, oncólogos y clínicos en Estados Unidos.

DICOM: (*Digital Imaging and Communications in Medicine*): Estándar para la manipulación, almacenamiento, impresión y transmisión de información en imágenes médicas.

HL7: Es una organización fundada en 1987 para desarrollar estándares de intercambio electrónico de información clínica de diferentes tipos entre sistemas de informática médica independientes. HL7 es un protocolo que define el formato de las transacciones entre diferentes componentes, de forma que dos sistemas completamente independientes puedan comunicarse entre sí, simplificando la integración de información entre sistemas médicos.

IHE: (*Integrating the Healthcare Enterprise*): define un esquema técnico común y simple, basado en estándares existentes, para el profesional sanitario y proveedores. IHE no es una norma estándar sino una estructura que utiliza estándares existentes.

NEMA: (*National Electrical Manufacturers Association*): Asociación comercial líder en los Estados Unidos en representación de los fabricantes de productos del electro-industria.

Módem: Es el dispositivo que ejecuta la conversión de la señal digital emitida por la computadora en una señal de línea analógica. Y, a la inversa, la conversión de la señal analógica en digital para que pueda ser asimilada por la máquina.

Radiología: La radiología es la especialidad médica que se ocupa de generar imágenes del interior del cuerpo mediante diferentes agentes físicos (rayos X, ultrasonidos, campos magnéticos, etc.), utilizando estas imágenes para el diagnóstico y para el pronóstico y el tratamiento de las enfermedades.

RIS: (*Radiological Information System*): Es un sistema que se encarga de la gestión y la administración de datos de tipo radiológico, incluyéndose entre estos, los datos de pacientes, técnicos, enfermeras, médicos, exámenes y datos de la institución médica.

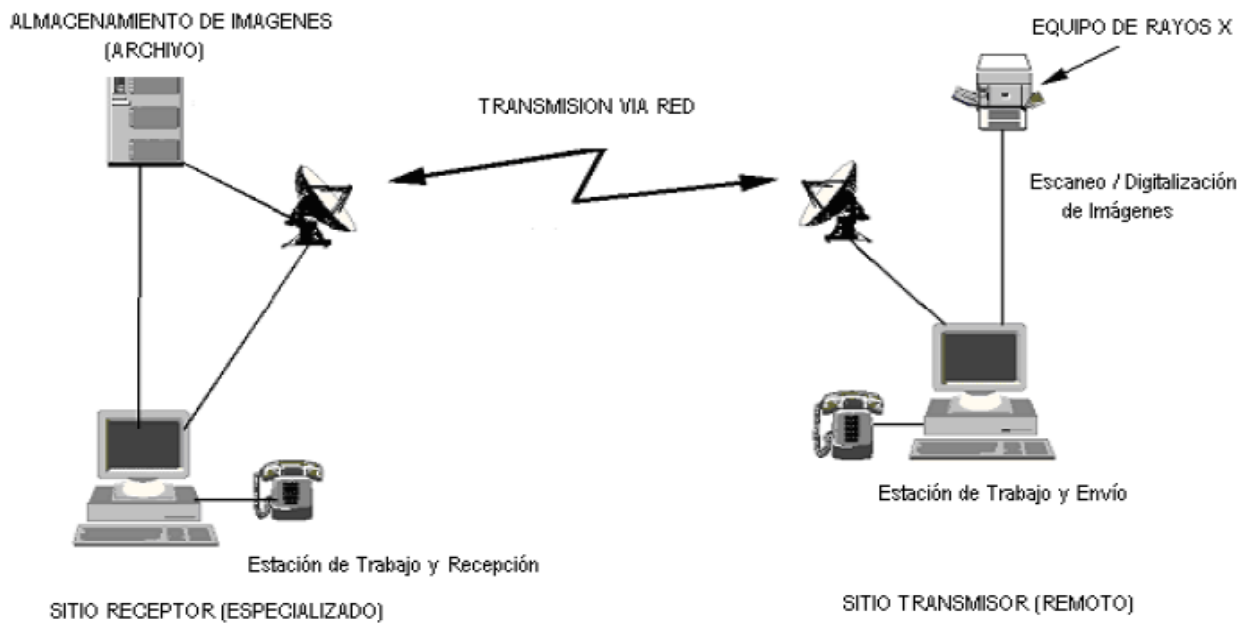
Sitio Transmisor: Equipo que sirve para transmitir o emitir señales eléctricas o telefónicas.

Sitio Receptor: Equipo que recibe señales eléctricas, telegráficas, telefónicas o radiográficas y las convierte en sonidos o señales que se pueden oír o ver.

Teleradiología: La Teleradiología es una de las modalidades de la telemedicina que consiste en la transmisión digital de imágenes radiológicas desde un centro sanitario a otro independientemente de su ubicación geográfica.

ANEXOS

Anexo figura 1



Sistema de teleradiología

Anexo figura 2

Tipo de Estudio de Imagen	Resolución de la Imagen	Tamaño del Archivo
Radiografía	2.048 x 2.048 x 12 bits 512 x 512 x 10 bits 1.024 x 1.024 x 10 bits	32 MB
Mastografía	4.096 x 5.120 x 12 bits	160 MB
CT (Tomografía Computarizada)	512 x 512 x 512 x Número de Imágenes 256 x 256 x 12 bits	15 MB
MR (Resonancia Magnética)	256 x 256 x 12 bits x 50 imágenes	6.3 MB
Ultrasonido	256 x 256 x 8 bits 640 x 480 x 8 bits	1.5 MB
Medicina Nuclear	128 x 128 x 8 bits	0.4 MB
DSA (Angiografía por Sustracción Digital)	512 x 512 x 10 bits 1.024 x 1.024 x 10 bits	
SPECT (Tomografía computarizada de emisión fotónica única)	64 x 64 x 16 bits 128 x 128 x 16 bits	

Resolución de imágenes y tamaño de los archivos en Telemedicina

Diseño de un Proceso de intercambio para la Teleradiología en Centros Radiológicos Especializados

Anexo figura 3

<i>Dispositivo Digital</i>	Rango de datos requerido
Esfignomanómetro	< 10 Kb / s
Termómetro Digital	< 10 Kb / s
Estetoscopio Digital y Electrocardiograma	< 10 Kb / s
Imágenes comprimidas de video (p. Ej. Procedimientos Endoscópicos)	384 Kb / s - 1.544 Mb / s
	<i>Tamaño de Imagen</i>
Ultrasonido, Angiograma	256 KB
Imágenes de Resonancia Magnética	384 KB
Escáner de Rayos X	1.8 MB
Mastógrafo Digital	6 MB

Dispositivos médicos digitales / transferencia

Anexo figura 4

Tipo de Estudio de Imagen	Resolución de la Imagen	Tamaño del Archivo
Radiografía	2.048 x 2.048 x 12 bits 512 x 512 x 10 bits 1.024 x 1.024 x 10 bits	32 MB
Mastografía	4.096 x 5.120 x 12 bits	160 MB
CT (Tomografía Computarizada)	512 x 512 x 512 x Número de Imágenes 256 x 256 x 12 bits	15 MB
MR (Resonancia Magnética)	256 x 256 x 12 bits x 50 imágenes	6.3 MB
Ultrasonido	256 x 256 x 8 bits 640 x 480 x 8 bits	1.5 MB
Medicina Nuclear	128 x 128 x 8 bits	0.4 MB
DSA (Angiografía por Sustracción Digital)	512 x 512 x 10 bits 1.024 x 1.024 x 10 bits	
SPECT (Tomografía computarizada de emisión fotónica única)	64 x 64 x 16 bits 128 x 128 x 16 bits	

Resolución de Imágenes y tamaño del archivo

Diseño de un Proceso de intercambio para la Teleradiología en Centros Radiológicos Especializados

Anexo figura 5

<i>Tipo de Imagen</i>	<i>Resolución</i>		<i>Tamaño de la Imagen (Kbytes)</i>	<i>Promedio o Imágenes por estudio</i>	<i>Tamaño Total del Estudio (kbytes)</i>
	<i>Espacial</i>	<i>Contraste</i>			
Ecografía	256x256	X8	64	9	576
Endoscopia	512x512	X8	256	9	2304
Ecografía Doppler	512x512	X8	256	9	2304
Ecografía Color	512x512	X8	256	9	2304
Densitometría	512x512	X8	256	9	2304
Ultrasonido	512x512	X8	256	30	7680
Gammagrafía	512x512	X8	256	9	2304
Tomografía computada	512x512	X12	384	25	9600
Resonancia Magnética	512x512	X12	384	40	15360
Angiografía	1024x1024	X8	1024	15	15360
Rayos X Digitalizado	2048x2560	X12	10000	6	60000
Radiografía Digital	2048x2560	X12	10000	6	60000
Radiografía de Tórax	4096x4096	X12	32000	6	192000
Mastografía	4096x4096	X12	32000	300	9600000

Aplicaciones en Imagenología

Diseño de un Proceso de intercambio para la Teleradiología en Centros Radiológicos Especializados

Anexo figura 6

Parámetros	Características
Comunicación	Asíncrona / Interactiva
Información	Imágenes Radiográficas fijas y textos
Servicio	Diagnóstico Médico
Calidad	Alta resolución (típica 2.048 x 2.048 x 12 bits)
Estación de captura y envío	Unidad generadora de potencia Equipo de captura de radiografía digitalizada Servidor (PC) para manejo y tráfico de imágenes Interfaz de interconexión a la red de comunicaciones
Velocidades de transmisión	128 Kbps / 2.0 Mb / 155 Mbps
Red de Comunicaciones	Red de telefonía con ADLS básica ó líneas RDSI de 128 Kbps: asincrónica e imágenes de baja resolución Red de telefonía con ADLS premium ó líneas RDSI de 384 Kbps: asincrónica e imágenes de mediana resolución RDSI de 2 Mbps: asincrónica e imágenes de alta resolución ATM de 10 a 155 Mbps: interactiva e imágenes de alta resolución.
Compresión / Descompresión	JPEG Wavelet
Estándar de Comunicación	DICOM v3 DICOM v10 Distribución de Imágenes
Estación de Consulta Remota	Interfaz de conexión a la Red de Comunicaciones Procesador (PC) con capacidad de solicitud, recibo y manejo de imágenes Monitor Digital: resolución promedio 2.000 x 2.000 x 12 bits Impresora de calidad fotográfica
Aplicaciones	Rayos X, Mastografía, Ecografía, Tomografía Axial Computarizada, Resonancia Magnética Nuclear

Características para el equipamiento de Teleradiología.

Diseño de un Proceso de intercambio para la Teleradiología en Centros Radiológicos Especializados

Anexo figura 7

Tipo de Transmisión	Velocidad de Transmisión	Tiempo de Transmisión
GSM - Datos Móviles	9.6 kbps	4.5 horas
Conexiones por satélites	2.4 kbps	18 horas
	64 kbps	40 minutos
Conexiones por módem	28.8 kbps	1.5 horas
RDSI	2 x 64 kbps	20 minutos
Retransmisión de trama	2 Mbps	1.5 minutos
ATM	10 Mbps	15 segundos
	155 Mbps	2 segundos

Velocidad y tiempo de transmisión de una radiografía digital de Tórax.

Anexo figura 8

Tamaño del Film (cm)	Resolución espacial (µm)	Rango Dinámico (bits x píxel)	Tamaño del Archivo o sin CR (Mbytes)	Tiempo transferencia a una velocidad determinada (Kbit / s)			Tamaño del archivo con CR = 20 (Mbytes)	Tiempo de transferencia a una velocidad determinada (Kbit / s)	
				10	64	2 Mbs		10	64
35 x 43	80	12	33,62	8 h	72 m	140 s	1,68	23 m	220 s
24 x 30	80	12	15,74	3,6 h	32 m	64 s	0,79	11 m	103 s
35 x 43	200	12	5,72	80 m	12 m	24 s	0,29	4 m	38 s
24 x 30	200	12	2,86	40 m	6 m	12 s	0,14	2 m	18 s

Tamaño de Archivo y Tiempo de transmisión según la velocidad.

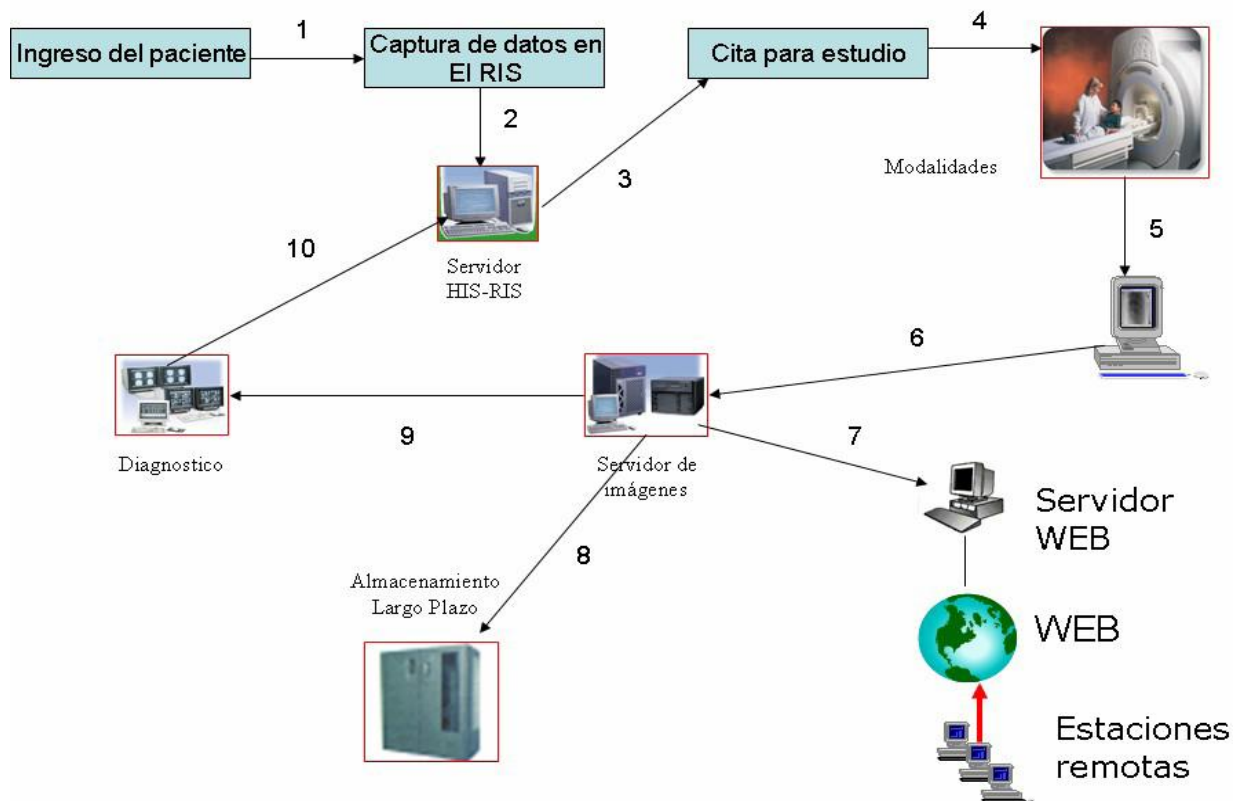
Anexo figura 9

Característica	
Luminosidad	<p>No debe ser menor a 50 ft-L (equivalente a 538 lumens / metro cuadrado).</p> <p>La brillantez y el contraste están estrechamente relacionados y suponen una gran diferencia en la percepción de la calidad de las imágenes médicas.</p> <p>Los monitores grises (blanco y negro) son generalmente más brillantes y tienen mejor contraste que los de color.</p>
Colocación	<p>Debe ser tal, que evite ó elimine los reflejos de la luz ambiente sobre la pantalla del monitor. Además la luz ambiente debe ser tan baja como sea posible.</p>
Resolución	<p>Superior a 1280 x 1024 para matrices pequeñas.</p> <p>La resolución aceptada por la ACR es 1600 x 1200 (landscape) ó 1200 x 1600 (portrait).</p> <p>La resolución ideal que recomienda la ACR es de 2000 x 2500 ó superior con 4096 tonos de gris.</p> <p>La frecuencia de refresco del monitor debe ser mayor a 60 Hz.</p>
Distorsión	<p>Monitores con pantallas planas</p>
“Blooming”(Dispersado de Regiones Claras en las Regiones Aledañas)	<p>Deben colocarse en las estaciones de visualización monitores con ausencia de “blooming”.</p> <p>Evitar tarjetas con interleave</p> <p>Monitores que soporten frecuencias de refresco de 100 Hz.</p>

Características de los Monitores

Diseño de un Proceso de intercambio para la Teleradiología en Centros Radiológicos Especializados

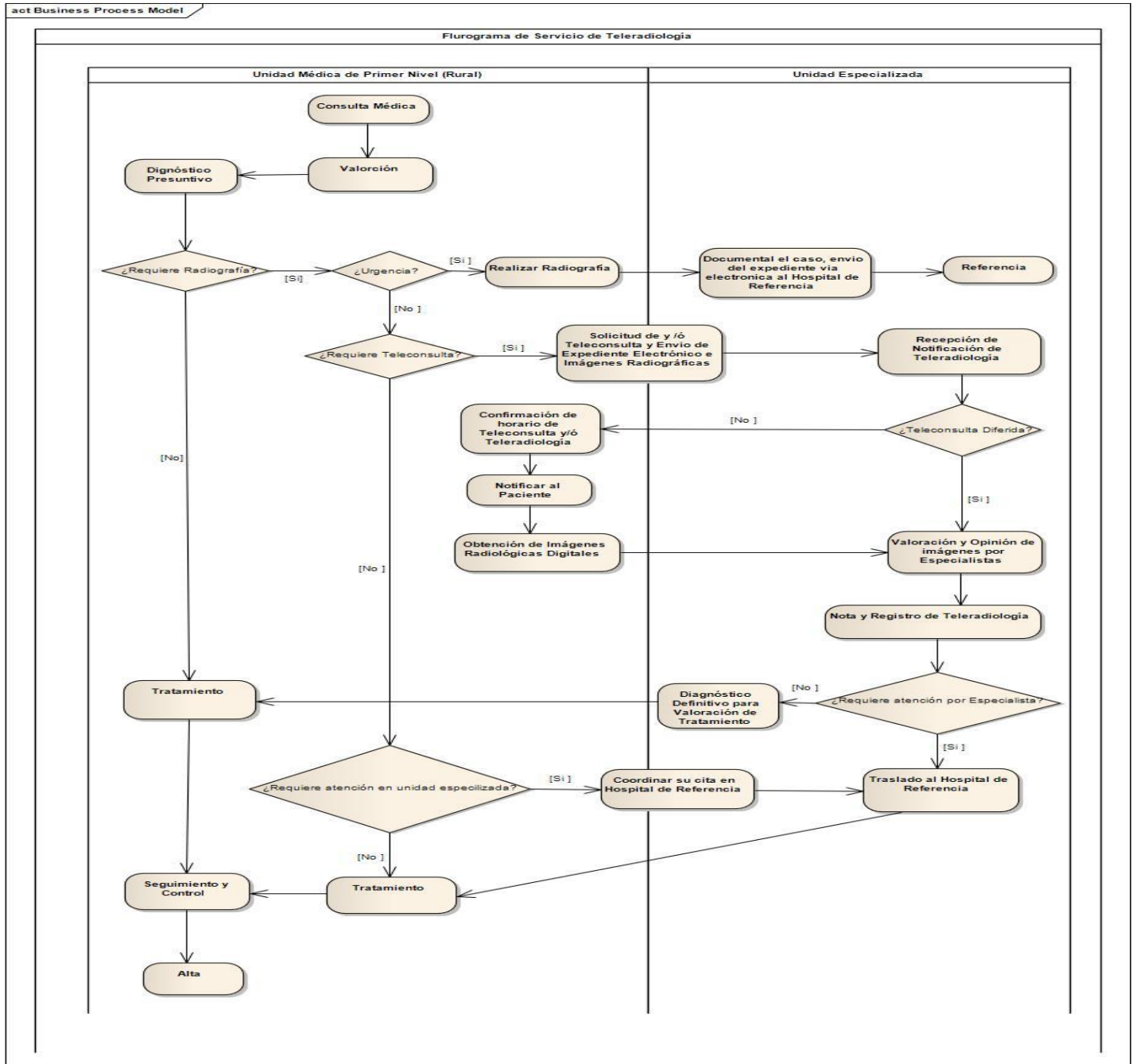
Anexo figura 10



Ejemplo de flujo de trabajo teleradiológico

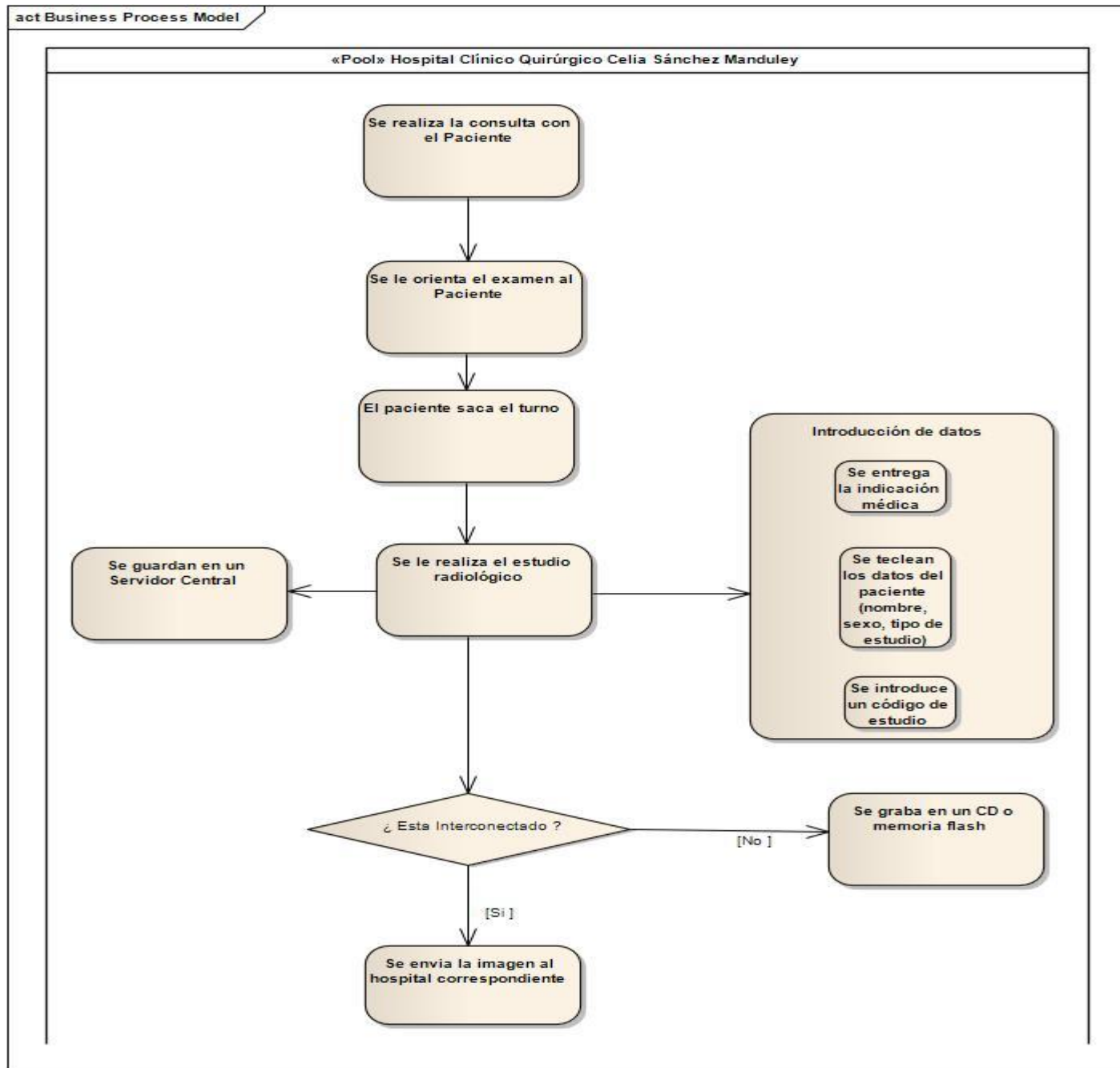
Diseño de un Proceso de intercambio para la Teleradiología en Centros Radiológicos Especializados

Anexo figura 11



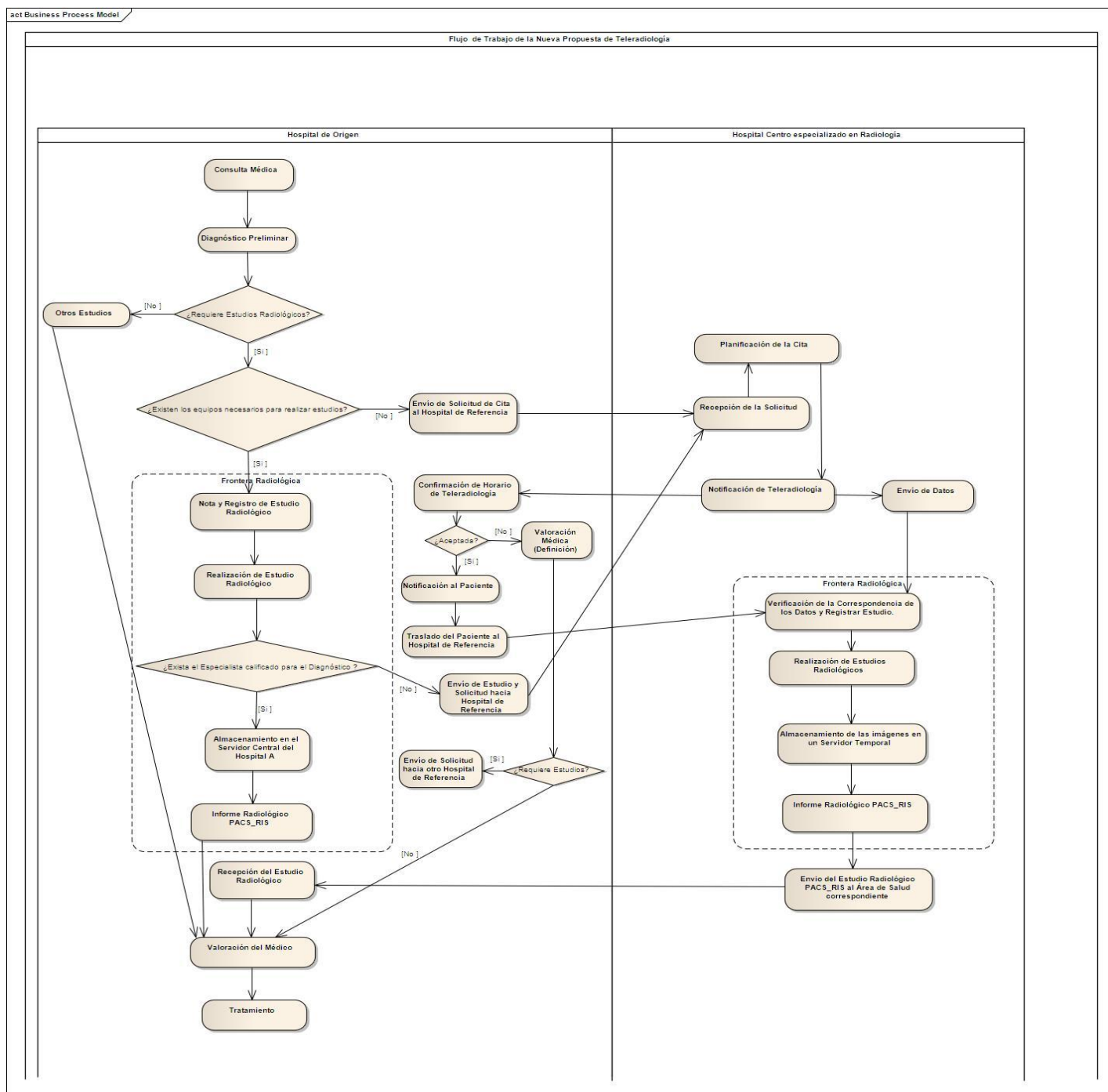
Ejemplo de Flujo de Diagrama Teleradiológico en México

Anexo figura 12



Ejemplo de Flujo de Trabajo Radiológico en la ciudad de Holguín

Anexo figura 13



Propuesta de Flujo de Trabajo Teleradiológico