

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica



TRABAJO DE DIPLOMA

**Sistema para la gestión de imágenes médicas en
redes IP**

Autor: Rolando Pérez Versón

Tutor: Msc. Roberto Díaz Amador

Santa Clara

2011

"Año 53 de la Revolución"

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica



TRABAJO DE DIPLOMA

Sistema para la gestión de imágenes médicas en redes IP

Autor: Rolando Pérez Versón

e-mail: rpversion@uclv.edu.cu

Tutor: Msc. Roberto Díaz Amador

e-mail: ramador@uclv.edu.cu

Consultante: Dr. Félix Álvarez Paliza

e-mail: fapaliza@uclv.edu.cu

Santa Clara

2011

"Año 53 de la Revolución"



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Automática, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Autor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

La vida es como los Juegos Olímpicos:

Algunos ponen todo su empeño para alcanzar la gloria, otros invierten sus riquezas en hacerse más ricos, pero la mayoría son simplemente espectadores.

Anónimo

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a las buenas personas que me acompañaron en todo momento, a los que están físicamente y a los que quedaron sembrados en el corazón con una tinta que jamás se borra.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia

A los buenos amigos

A todos los que de alguna forma me apoyaron en este camino

TAREA TÉCNICA

1. Revisión bibliográfica y estudio de los trabajos relacionados con los sistemas de gestión de imágenes medicas sobre redes IP.
2. Análisis crítico de las herramientas que se puedan utilizar para la construcción de cada uno de los bloques de un sistema de este tipo y selección de las que se consideren más apropiadas.
3. Creación del sistema propuesto con las diferentes herramientas seleccionadas.
4. Evaluación de la efectividad del sistema propuesto.
5. Confección del informe del trabajo de diploma.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

Este trabajo se lleva a cabo con el objetivo de desarrollar un sistema de gestión de imágenes médicas que pueda ser utilizado por los especialistas de manera sencilla y que permita un uso eficiente de equipos electromédicos y computadoras personales interconectadas en red. En el material se abordan las características fundamentales de estos sistemas, las normas internacionales que regulan su funcionamiento y la descripción de algunas de las variantes comerciales más difundidas en la actualidad a nivel internacional y en nuestro país. Se exponen una serie de herramientas que pueden ser utilizadas para conformar un producto de este tipo, basados fundamentalmente en la explotación de las facilidades que nos ofrece el Software Libre. Se propone la utilización de diferentes herramientas de simulación como OPNET Modeler 14.5, para comprobar los resultados en el laboratorio, así como su implementación en entornos reales dentro de la red hospitalaria nacional. Como resultado final se pretende contribuir al desarrollo de la imaginología médica en Cuba, permitiendo a los especialistas de la Salud contar con una herramienta que facilite y optimice su labor.

TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
TAREA TÉCNICA.....	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. IMÁGENES MÉDICAS Y SISTEMAS PACS	6
1.1 Introducción a la Imaginología Médica.	6
1.1.1 Técnicas de compresión de imágenes más usadas en aplicaciones médicas. ...	9
1.2 Sistemas PACS.....	9
1.2.1 Pasarela de adquisición de imágenes y datos.....	11
1.2.2 Redes de comunicación de datos.	13
1.2.3 Bases de Datos.	14
1.2.4 Estaciones de diagnóstico y visualización.	15
1.2.5 Sistemas de almacenamiento.	16
1.3 Estándar DICOM	18
1.3.1 Interfaz DICOM.....	21

1.3.2	DICOM 3.0	21
1.3.3	Estatuto de Confirmidad.	23
1.4	Ejemplos de los Sistemas PACS más relevantes	25
1.5	Conclusiones del Capítulo.....	27
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....		28
2.1	Estructura del sistema propuesto.....	28
2.2	Librerías de programación para DICOM	30
2.2.1	JDT (Java DICOM Toolkit).....	31
2.2.2	Librerías DCMTK.....	32
2.2.3	Descripción de algunas de las herramientas de línea de comandos de DCMTK.....	34
2.3	Selección del servidor PACS	36
2.4	DCM4CHEE	38
2.4.1	Estatuto de Conformidad.	42
2.4.2	Servidor JBoss	43
2.5	Estaciones de visualización DICOM	44
2.5.1	Visualizador Mayam.....	45
2.5.2	Visualizador Oviyam	47
2.6	Implementación de mecanismos de seguridad en entornos de red DICOM	49
2.7	Conclusiones del Capítulo.....	51
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		52
3.1	Opnet Modeler 14.5	52
3.2	Configuración de las simulaciones.....	53
3.2.1	Preparación del módulo SITL.....	55
3.2.2	Corrida de la simulación y análisis de los resultados	57

3.3	Comprobación del sistema en un entorno real	63
3.3.1	Software de monitoreo y análisis histórico	64
3.3.2	Recolección y análisis de las estadísticas	65
3.4	Conclusiones del Capítulo.....	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		69
Conclusiones		69
Recomendaciones		69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		71
ANEXOS		74
Anexo I	Diagrama Entidad-Relación de la Base de Datos de DCM4CHEE.....	74
Anexo II	Instalación paso a paso del servidor DCM4CHEE sobre Windows 7	75
GLOSARIO		82

INTRODUCCIÓN

El creciente uso de los sistemas de diagnóstico médico asistido por computadoras, y en particular el uso de imágenes médicas hacen que su procesamiento, almacenamiento y gestión sean temas de actualidad a pesar de los logros que en estos aspectos se han alcanzado. En general los sistemas que permiten estas facilidades son sistemas comerciales que se adquieren a un costo muy elevado. El presente trabajo propone la elaboración de un sistema que permita la interconexión de dispositivos electromédicos y computadoras para la gestión y procesamiento de las imágenes médicas organizadas en una base de datos central. Su ejecución debe mejorar la eficiencia en el uso de la imaginología médica en centros hospitalarios sin que su introducción presuponga un gasto elevado en recursos ni en capacitación.

El desarrollo de soluciones para lograr la convergencia entre los distintos desarrolladores de equipos médicos data del año 1983, cuando la American College of Radiology (ACR) y la National Electrical Manufacturers (NEMA), formaron un comité denominado ACR-NEMA (Digital Imaging and Communications Standards Committee) cuya misión era la de encontrar o desarrollar una interfaz entre los equipos de imágenes y cualquier dispositivo que los usuarios quisieran conectar. Además de las especificaciones para la conexión de hardware, la norma que se debía elaborar tenía que incluir un diccionario de los elementos de datos necesarios para conseguir una correcta visualización de la imagen y su interpretación. Con el desarrollo de estas especificaciones surge DICOM como el estándar universal para los metadatos y los códec utilizados en la transmisión de imágenes médicas y de la información asociada a estas, dentro o fuera de un centro hospitalario.

El estándar DICOM especifica un protocolo de intercambio de datos no-propietario, el formato de la imagen digital, la estructura de los archivos para la transferencia de imágenes biomédicas y la información relacionada con las imágenes. Este estándar especifica los mecanismos que son requeridos para su soporte sobre redes TCP/IP con el fin de lograr la interoperabilidad entre todos los elementos que son capaces de manipularlo.

Desde la última década del siglo XX, nuestro país viene desarrollando una importante inversión en equipos que integran modalidades de imágenes médicas digitales. Sin embargo, la conexión de todo el equipamiento existente dentro de los hospitales cubanos y su integración inter-institucional, es aún un aspecto poco desarrollado. El sistema iMagis-Server, desarrollado por el Centro de Biofísica Médica (CBM) de la Universidad de Oriente, es el único paquete cubano actualmente distribuyéndose en el país, con características funcionales similares a los sistemas PACS (Picture Archiving and Communication System) de pequeña escala, aunque con ciertas limitaciones para su empleo en el desarrollo de PACS de mayor escala, o sea, donde el volumen de información manejado por el sistema sea de decenas o cientos de gigabytes mensualmente.

En la actualidad existen diferentes sistemas comerciales que realizan la gestión de imágenes médicas desde un servidor central. En Cuba, los pasos más sólidos en este sentido se están dando en la Universidad de las Ciencias Informáticas. La documentación existente sobre el tema es amplia y se cuenta con diferentes herramientas de software libre que pueden ser utilizadas, ensamblándolas en el sistema que se propone.

La búsqueda de soluciones prácticas que puedan ser utilizadas en entornos reales es una de las principales tareas que se traza cualquier institución universitaria que forme personal científico-técnico, por eso el problema científico que aborda esta investigación trata sobre:

- ¿Cómo implementar un sistema de gestión de imágenes médicas sencillo y eficiente para equipos y computadoras interconectados en una red IP?

Con este fin el objetivo general que se persigue consiste en:

- Desarrollar un sistema de gestión de imágenes médicas que pueda ser utilizado de manera sencilla y que permita un uso eficiente de equipos y computadoras interconectados en red.

Para ello se buscan las siguientes interrogantes científicas:

- ¿Qué herramientas utilizar para la gestión de la base de datos?
- ¿Cómo, y bajo qué preceptos comunicar los equipos de imaginología médica con las computadoras personales?
- ¿Qué software o herramientas son más adecuados para el procesamiento de las imágenes y que permita la creación de una interfaz sencilla para el usuario?
- ¿Cómo evaluar el funcionamiento del sistema propuesto en el entorno de red?

Los objetivos específicos que sirven de guía para esta investigación son:

- Realizar una revisión bibliográfica sobre los sistemas de gestión de imágenes médicas y de los estándares establecidos.
- Determinar las características que debe tener un sistema de gestión de imágenes médicas.
- Desarrollar una herramienta que permita la gestión de la base de datos y su actualización en un entorno de red IP.
- Diseñar el módulo, basado en el estándar DICOM, que permita la comunicación de las computadoras con los equipos de imaginología que soportan este protocolo.
- Diseñar el módulo de procesamiento de las imágenes en un entorno gráfico de fácil manipulación.
- Modelar y simular el sistema completo en diferentes escenarios en base al equipamiento desplegado por diferentes firmas en el mundo.
- Realizar pruebas reales que permitan establecer criterios de uso.

Con este trabajo se pretende contribuir al desarrollo de la Imaginología Médica en Cuba, permitiendo a los especialistas de la Salud contar con una herramienta que facilite y

optimice su trabajo, siendo esta herramienta sencilla de utilizar. De igual forma se pretende lograr una mayor visibilidad de los resultados alcanzados en la Facultad en el campo del procesamiento de las imágenes médicas.

Organización del informe

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos, la investigación cuenta con una estructura donde se organiza el contenido de la siguiente forma:

- Introducción, en la cual se ofrece una panorámica de la problemática.
- Primer Capítulo, en el cual se realiza la descripción general de los sistemas PACS, de los protocolos de transmisión de imágenes médicas sobre las redes IP y algunas nociones de procesamiento básico de imágenes y de los métodos de adquisición de estas. En este capítulo se analizan algunos productos nacionales y extranjeros que son semejantes al sistema que se propone.
- Segundo Capítulo, el cual contiene una breve descripción de las librerías de programación DICOM y de los Frameworks de desarrollo que se encuentran disponibles en el mercado. Se realiza la descripción de algunos componentes del sistema poniendo mayor énfasis en el núcleo del servidor y en las terminales de visualización y diagnóstico. En este capítulo se refleja una parte de los mecanismos de seguridad propios de este tipo de infraestructura, así como las características de su implementación.
- Tercer Capítulo, el mismo está dedicado a la comprobación del sistema utilizando herramientas de simulación de redes y programas de análisis histórico de datos en redes IP, detallando aspectos específicos de las diferentes configuraciones y en ocasiones realizando comparaciones, para posteriormente arribar a conclusiones y recomendaciones.
- Conclusiones donde se exponen las consideraciones finales sobre la problemática investigada.

-
- Las Recomendaciones que solicitan la profundización y ampliación de los estudios sobre la temática.
 - Las Referencias Bibliográficas que da origen a la conformación del cuerpo investigativo.
 - Los Anexos que dan crédito y validez a los contenidos tratados en la investigación.
 - Glosario y/o siglario donde se coloca el significado de algunas palabras o siglas que sean difíciles de comprender para el lector.

CAPÍTULO 1. IMÁGENES MÉDICAS Y SISTEMAS PACS

En este capítulo se presentan los principales conceptos relacionados con el tema de los sistemas PACS, brindando una panorámica de los módulos que los conforman. Se hace una descripción de los estándares internacionales que regulan la manipulación de las imágenes médicas y su transmisión sobre redes IP. Se describen algunos de los productos PACS comerciales más difundidos y algunas de las experiencias nacionales e internacionales derivadas de su uso.

1.1 Introducción a la Imaginología Médica.

Durante muchos años el estudio y la utilización clínica de las imágenes producidas por los Rayos X, el Ultrasonido, la Resonancia Magnética y otros equipos electromédicos han revolucionado la forma de concebir las Ciencias Médicas. La producción de imágenes de diagnóstico, impulsada por el desarrollo de las computadoras y las redes de transmisión de datos, ha pasado por dos momentos significativos. El primero con la aparición de la imagen digital y la diversidad de formas de interconexión entre dispositivos generadores de imágenes y visualizadores. El segundo, está relacionado con la gran cantidad de imágenes médicas que se generan cada día, lo que ha motivado el surgimiento de novedosas soluciones para resolver el problema de la escasa capacidad de almacenamiento, y de las dificultades para su transmisión dentro de una red.

En general, entre los equipos de diagnóstico que generan la mayor cantidad de imágenes de pacientes en un centro hospitalario se encuentran:

- Tomografía Computarizada (TC).

- Resonancia Magnética (RM).
- Radiografía Computarizada (RC).
- Radiografía Directa (RD).
- Película Digitalizada (PD).
- Ultrasonido (US).
- Medicina Nuclear (MN).
- Fluoroscopia Digital (FD).
- Radiología Angiográfica (RA)
- Cardiología Angiográfica (CA).

Las imágenes provenientes de cualquier estudio radiológico, pueden ser digitalizadas posteriormente u obtenerse directamente en ese formato. El menor elemento de la imagen (píxel) puede tomar valores representados por niveles de gris, que oscilan en un rango de 0 a 255 (8 bit), de 0 a 511 (9 bit), de 0 a 1023 (10 bit), de 0 a 2045 (11 bit) y de 0 a 4095 (12 bit) dependiendo del método de digitalización o del procedimiento radiológico usado. (Huang 2004)

Estos niveles de gris representan las propiedades físicas o químicas de la estructura anatómica del objeto. Por ejemplo, en una imagen obtenida por la digitalización de una película de Rayos X, el valor de nivel de gris de un píxel representa la densidad óptica de la pequeña área cuadrada de la película. En el caso de la Tomografía Computarizada de Rayos X, el valor del píxel representa la atenuación relativa al coeficiente lineal de los tejidos, en la Resonancia Magnética, se corresponde a la respuesta de resonancia magnética de la señal de los tejidos, y en la Ecografía, es al eco de la señal del haz de ultrasonidos cuando penetra en los tejidos. (Armando and Cruz 2007) Debido a esto, en el campo de la medicina, la conservación de la calidad de la imagen juega un papel principal que hay que tener en cuenta antes de realizar cualquier tipo de modificación sobre esta.

Para los propósitos de almacenamiento y transmisión, un aspecto importante es el tamaño de la imagen. Las dimensiones de una imagen están dadas por el par ordenado (M, N) , y el tamaño de la imagen es el producto $M \times N \times k$, donde 2^k representa el rango de niveles de gris. En las imágenes obtenidas mediante cortes, la mayoría de las veces $M = N$.

(Gonzalez and Woods 2002) En la Tabla 1.1 (Armando and Cruz 2007) se muestran algunos de los tamaños de imágenes de acuerdo a la modalidad de adquisición.

Tabla 1.1 Tamaños de imágenes de acuerdo a la modalidad de adquisición

Modalidad	Una imagen (bits)	Número de imágenes por examen	Tamaño promedio por examen
Medicina Nuclear (MN).	128x128x12	30 - 60	1-2 MB
Resonancia Magnética (RM).	256x256x12	60 -6000	8 MB
Ultrasonido Doppler (US).	512 x 512 x 24	20-240	5-60 MB
Microscopía digital	512 x 512 x 8	1	0.25 MB
Tomografía Computarizada (TC).	512 x 512 x 24	40 -3000	Más de 20 MB
Radiografía Computarizada (RC).	2048 x 2048 x 12	2	16 MB

De esta tabla se puede derivar que los tamaños de las imágenes médicas digitales pueden estar por las decenas o cientos de MB, lo que sugiere el uso de algoritmos de compresión. Sin embargo, como se ha dicho, en el ámbito médico este es un tema sensible, pues es imprescindible conservar la información diagnóstica.

1.1.1 Técnicas de compresión de imágenes más usadas en aplicaciones médicas.

La compresión de imágenes en medicina tiene una gran demanda. Una imagen que va a ser comprimida puede ser una imagen simple o un grupo de imágenes. En una secuencia de imágenes médicas se requiere de una eficiente compresión para resolver los problemas de transmisión y almacenamiento, de igual forma para conservar la información de los diagnósticos, y la gestión eficiente de las imágenes de alta calidad.

Las imágenes pueden ser comprimidas usando las siguientes técnicas de compresión:

- Compresión con pérdida: Las imágenes que se comprimen usando la técnica de compresión con pérdida, no permiten una recuperación exacta de los datos, pero permite que la razón de compresión sea de 100:1 dependiendo de la calidad de compresión y del contenido de la imagen, para lo cual se deben sacrificar algunos detalles más finos en la imagen con el propósito de salvar un poco más el ancho de banda y el espacio de almacenamiento.
- Compresión sin pérdida: Cuando se descomprimen datos que han sido comprimidos con la compresión sin pérdida, se obtiene una réplica exactamente igual a los datos originales sin haber tenido pérdida alguna.

Los estándares para la generación y transmisión de imágenes médicas incluyen entre sus especificaciones que las imágenes pueden ser comprimidas usando una gran variedad de formatos como JPEG, JPEG Lossless, JPEG 2000, LZW y Run-length Encoding (RLE) sin disminuir el desempeño de la red ni la calidad de los diagnósticos clínicos.

1.2 Sistemas PACS

Un PACS (Picture Archiving Communication System), es un sistema de almacenamiento y comunicación de imágenes médicas, conformado por un conjunto de computadoras y

equipos de imaginología, conectados por una red de datos, que se administra desde un nodo central y que tiene como principales objetivos: (Meyer-Ebrecht 2000)

- Implementación práctica de un sistema de radiografía digital sobre una plataforma informática, reduciendo la utilización de película de impresión y de espacio de almacenamiento físico.
- Distribución de las imágenes radiológicas a otros servicios del hospital, a fin de mejorar su acceso.
- Lograr la integración del sistema de archivo digital con el sistema informático de Radiología (RIS) y del Hospital (HIS).

De acuerdo a la distribución y forma de acceso a sus principales servicios se han generalizado tres tipos de arquitecturas en los sistemas actuales: (Hecht 2008)

- Independiente: en este caso la mayoría de las funciones de adquisición y visualización se realizan por una sola computadora sin conexión de red.
- Cliente-servidor: es una de las configuraciones más comunes, en este caso las estaciones de visualización y diagnóstico son estaciones dedicadas.
- Basada en Web: se utiliza fundamentalmente para redes grandes donde los terminales de visualización pueden ser máquinas comunes con un simple navegador web.

Los sistemas PACS, utilizan varios componentes (hardware y software) con funciones específicas. En la Figura 1.1 se presenta el diagrama en bloques de una configuración básica en la cual se incluyen sus cinco componentes principales: (Armando and Cruz 2007)

- Pasarela de Adquisición de Imágenes y Datos.
- Red de Comunicación.
- Bases de Datos.
- Estaciones de Diagnóstico y Visualización.
- Sistemas de Almacenamiento.

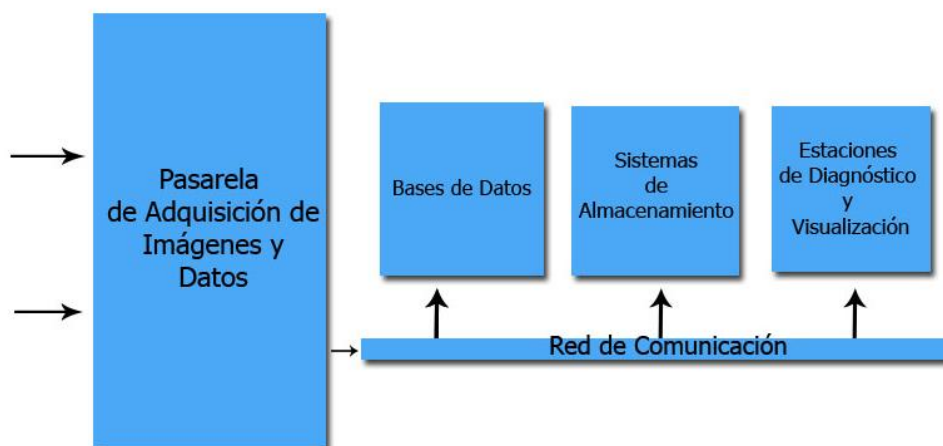


Figura 1.1 Diagrama en bloques de una configuración PACS básica

En las siguientes secciones se describen a manera de bloque, dichos componentes:

1.2.1 Pasarela de adquisición de imágenes y datos.

Un sistema PACS requiere que las imágenes provenientes de los diferentes equipos de imaginología y los datos informativos del paciente estén relacionados desde el sistema de información hospitalaria (HIS) y el sistema de información de radiología (RIS). Por esto una tarea importante en el PACS es la adquisición de imágenes de forma fiable y en el momento oportuno, incluyendo los datos del paciente, la información de texto de apoyo al estudio, la descripción de este y los parámetros pertinentes a la modalidad y al procesamiento de las imágenes. (Law and Huang 2003)

La adquisición de imágenes es una tarea importante por tres razones. En primer lugar es el encargado de normalizar las imágenes y los datos antes de ser enviados por la red, debido a que existen muchos fabricantes de diversas modalidades de equipos de generación de imágenes y cada una de ellos tiene su propia declaración de compatibilidad con los estándares internacionales de manipulación de imágenes, fundamentalmente DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine). En segundo lugar, la adquisición de

imágenes es una operación lenta porque los pacientes están involucrados, y algunas de las técnicas toman un cierto tiempo para obtener los datos necesarios para la reconstrucción de la imagen. En tercer lugar, las imágenes y los datos de los pacientes generados por las diferentes modalidades en algún momento pueden contener un formato de información inaceptable para la operación del PACS. (Dreyer 2006)

Para evitar estas dificultades, normalmente se coloca un equipo de pasarela de adquisición entre el generador de imágenes y el resto de la red, para aislar el equipo anfitrión del resto del PACS. Este aislamiento es necesario porque los ordenadores tradicionales que acompañan a los dispositivos de imágenes carecen de la comunicación y el software necesarios de coordinación que está estandarizada dentro de la infraestructura del PACS. Además, estos equipos host no contienen la suficiente inteligencia para trabajar con el controlador del PACS en términos de recuperación de errores.

El equipo de pasarela de adquisición tiene tres tareas principales: (Armando and Cruz 2007)

- Obtener los datos de imágenes desde los diferentes dispositivos,
- Convertir los datos según las especificaciones del fabricante en un formato estándar (formato de cabecera, orden de bytes y tamaños de matriz) que sea compatible con los formatos de datos de DICOM.
- Remitir el estudio a las estaciones de trabajo o al controlador central del PACS.

La interconexión de una pasarela de propósito general con un equipo de imaginología médica se puede realizar de dos formas (Huang 2004):

- A través de una interfaz punto a punto que utilice el protocolo TCP/IP para transferir los datos. En este caso si el equipo de pasarela designado cae, y es detectado un retraso en la adquisición, entonces las imágenes del examen pueden ser desviadas a otra red cuya pasarela se hubiera referenciado anteriormente mediante programación.
- El segundo tipo de interfaz es una conexión maestro-esclavo a nivel de dispositivo, utilizando estándares propietarios como el RD-11W (Meryll 2007). En este caso la transferencia se realiza por una conexión directa mediante una tarjeta de adquisición

instalada en la pasarela. Los mecanismos de recuperación dependen del generador pero la mayoría de las veces ante una caída de la pasarela se pierden los datos enviados.

1.2.2 Redes de comunicación de datos.

La red de comunicación es un elemento fundamental de los sistemas PACS. Esta puede ser una red simple tipo Ethernet (Comer, Soto et al. 1996) en un sistema mínimo, pero comúnmente se cuenta con una serie de elementos con distintas velocidades de acceso, que dependen de las necesidades de velocidad de transferencia de información. Comúnmente se cuenta con una red de alta velocidad dentro del departamento de imaginología, que puede ser Fibra Óptica o Gigabit Ethernet, una red de menor capacidad dentro del hospital, como Ethernet convencional y un sistema de acceso exterior que puede ser tan lento como el acceso telefónico, el empleo de la red digital de servicios integrados (RDSI), o canales de mayor velocidad. Estos esquemas se basan en el hecho de que la mayor parte del tráfico de información se encontrará dentro de la misma unidad de imaginología, donde se hará la mayor parte del diagnóstico radiológico y donde se generan los informes por parte de los especialistas.

En la Tabla 1.2 (Huang 2004) se muestra cómo se comporta el desempeño de la red de acuerdo a la modalidad de adquisición. Esta demanda de ancho de banda justifica la instalación de una red de alta velocidad.

Tabla 1.2 Tiempo de transferencia dentro de la red para una razón dada.

Imagen Simple	Tamaño del Fichero(MBits)	0.1 Mb/s	1 Mb/s	10 Mb/s	100 Mb/s	1000 Mb/s
CT	2.1	21	2.1	0.02	0.02	0.002
MRI	2.1	21	2.1	0.02	0.02	0.002
Ultrasonido	2.3	23	2.3	0.02	0.02	0.002
M. Nuclear	1.1	11	1.1	0.1	0.01	0.001

En el caso de la conexión al resto del hospital, la velocidad de transferencia no tiene que ser tan alta, ya que la demanda es menor. Es común que se tengan enlaces entre los sistemas generales de información hospitalaria, donde se encuentran los expedientes de los pacientes, y sistema de información radiológica. Si todo el hospital está cableado con la misma tecnología (frecuentemente se trata de fibra óptica), la intercomunicación en sistemas de información se facilita. Para las comunicaciones con el exterior se debe hacer un estudio cuidadoso del ancho de banda que se requiere, ya que los costos de estas soluciones pueden ser altas.

1.2.3 Bases de Datos.

El diseño de un sistema de bases de datos y su implantación son fundamentales para el buen funcionamiento de un sistema PACS. Se deben almacenar imágenes, voz (el informe oral del radiólogo) y texto. El diseño de la base de datos debe ser orientado a objetos para que su manejo sea más intuitivo.

La base de datos debe adaptarse a la estrategia de almacenamiento de información: (Dreyer 2006)

- En las horas siguientes a la adquisición de una imagen, esta se consulta con más frecuencia. Debido a esto, el almacenamiento a corto plazo (plazos de horas) debe hacerse en los sistemas locales (memoria y disco).
- A lo largo del tiempo la probabilidad de que esta imagen sea consultada disminuye significativamente, por lo cual a mediano plazo (días), el almacenamiento debe hacerse en servidores locales.
- El almacenamiento permanente y a largo plazo puede hacerse ya sea en unidades de disco óptico o en cinta magnética.

Unido a esto, debe existir un módulo que se encargue de efectuar una recuperación inteligente de las imágenes que probablemente se solicitarán, junto con un sistema de compresión y descompresión en línea. Un ejemplo de esta aplicación es la precarga de las imágenes de un determinado paciente, el día de su consulta. Así, los médicos podrán hacer

un seguimiento a largo plazo de sus padecimientos y podrán solicitar cualquiera de sus imágenes, si así lo desean. El diseño de una base de datos robusta le permite al programa que la utiliza incluir entre sus funciones la revisión de visitas programadas y el acceso a las imágenes que ordinariamente se encuentran en almacenamiento a largo plazo.

1.2.4 Estaciones de diagnóstico y visualización.

Las estaciones de diagnóstico y visualización también son elementos importantes en un sistema PACS. Estos son los elementos que presentan la información visual a los médicos y deben cumplir con las normas de calidad adecuadas. Para el caso de las estaciones de diagnóstico, que se encuentran dentro del departamento de imaginología, estas deben tener una muy alta resolución y se deben poder presentar imágenes en monitores múltiples de 2048 x 2048 píxeles y un tamaño de no menos de 19".(Zapata 2008) Para las estaciones de visualización que se encontrarán en todas partes dentro de un hospital, y que recibirán las imágenes ya analizadas por los especialistas, estas deberán tener una resolución de alrededor de 1024 x 1024 píxeles y 17" de diámetro. En ambas situaciones es deseable incorporar funciones básicas de procesamiento de imágenes para poder hacer operaciones de cambio de contraste y de intensidad por lo menos. Es deseable además que se incorporen otras funciones tales como audio (informes orales, traducción automática de audio a reporte escrito) y despliegue de otros tipos de información en tiempo real (ayuda en línea, marcado de áreas de interés), todo bajo una interfaz amigable para el usuario.

Las funciones fundamentales de una estación de trabajo se enumeran en la Tabla 1.3: (Díaz and Lloréis 2009)

Tabla 1.3 Funciones principales de una estación de trabajo.

Función	Descripción
Preparación del caso	Acumulación de las imágenes y datos provenientes de un estudio.
Manipulación de las imágenes	Herramientas para procesar la información pictórica de las imágenes.
Interpretación	Herramientas que faciliten establecer un diagnóstico
Documentación	Presentación de reportes en forma de anotaciones, documentos de texto y reportes de voz.
Presentación del Caso	Permite crear informes de presentaciones del caso
Reconstrucción de la imagen	Restaurar los valores originales cuando se trabaje directamente sobre las imágenes.

1.2.5 Sistemas de almacenamiento.

Los sistemas de almacenamiento de imágenes deben seguir una estructura jerárquica que dependerá de la probabilidad de demanda de la imagen. En general las imágenes recientemente adquiridas se consultan con mucha frecuencia en los minutos siguientes a su adquisición y su frecuencia de consulta disminuye rápidamente con el tiempo. En la Figura 1.2 (Taberner 2010) se muestra una gráfica de la demanda de visualización vs. Tiempo.

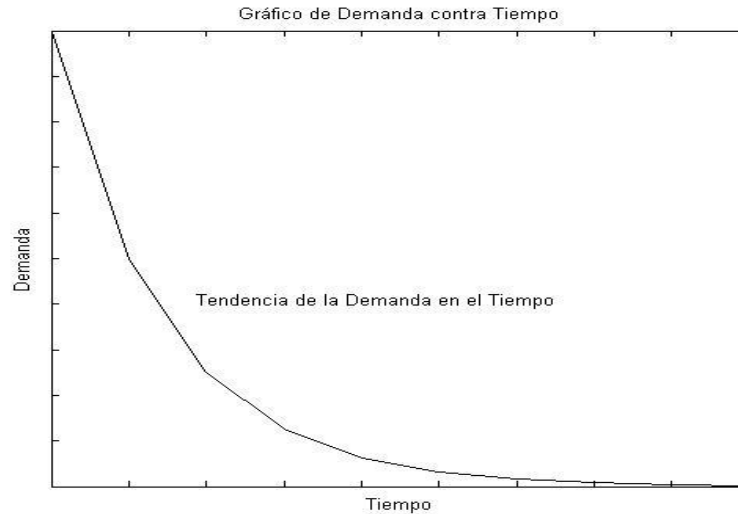


Figura 1.2 Demanda de Visualización vs. Tiempo.

La estructura jerárquica toma en cuenta estas características para reducir los costos, clasificándolos por tipos (Tabla 1.4) y buscando aumentar el rendimiento. Una estructura de almacenamiento típicamente consiste de:

- Discos magnéticos locales.
- Discos magnéticos remotos.
- Discos ópticos.

Tabla 1.4 Tipos de Almacenamiento

Tipo de Almacenamiento	Características
Almacenamiento a corto plazo	Decenas de GB. Transferencia de alrededor de 50 imágenes por minuto. (1-15 días de almacenamiento)
Almacenamiento a largo plazo	Capacidad de varios Terabytes. Capacidad de almacenamiento de dos años de información.

La compresión de imágenes se puede emplear para multiplicar el espacio en disco, y para reducir el tiempo de transferencia. Se pueden emplear varios criterios:

- Compresión reversible con tasas de 3:1 para imágenes de referencia o para almacenamiento a corto plazo.
- Compresión irreversible con tasas de 10-20:1 para almacenamiento a largo plazo.

En la actualidad el problema del tipo de compresión adecuado para un determinado tipo de imágenes no está resuelto y sigue siendo un tema de investigación.

1.3 Estándar DICOM

El estándar DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine), es el estándar global de información tecnológica para transferir imágenes médicas e información entre dispositivos electrónicos, que se utiliza en diversos hospitales de todo el mundo. DICOM representa una especificación completa del contenido de la información, la estructura, la codificación y protocolos de comunicación para el intercambio electrónico de diagnósticos e imágenes terapéuticas y la información relacionada con las imágenes. (DIVA 2011)

El estándar DICOM, está diseñado para garantizar la interoperabilidad de los sistemas utilizados para producir, almacenar, desplegar, procesar, enviar, recuperar, consultar o imprimir imágenes médicas al igual que toda la información que conlleva el proceso de gestionar el flujo de trabajo relacionado. DICOM es utilizado generalmente por los hospitales, clínicas, centros de imágenes, así como también por especialistas en el campo de la medicina considerándose la piedra angular de los sistemas PACS.

DICOM Networking fue adoptado como un estándar en Europa y nombrado MEDICOM en 1995, representando un gran avance en la comunicación de imágenes médicas en formato electrónico. La industria dedicada a los equipos de imágenes médicas adoptó el estándar DICOM, aún cuando los sistemas de información usaban el Health Level Seven (HL7) (Law and Huang 2003) como el protocolo de comunicación de mensajes usual, el cual está

basado en una metodología de Orientación a Objetos en el desarrollo de procesos cíclicos y distribuidos, en donde las imágenes eran usadas como objetos, independientemente del formato y adjuntadas a los archivos de los pacientes.

El estándar DICOM está basado en el modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos (OSI). (Dreyer 2006) DICOM está compuesto por varias capas en relación con el modelo de red OSI y es independiente de la capa física porque no define una conexión física. (Meryll 2007) DICOM se divide en siete capas que se ocupa de las comunicaciones a nivel de aplicación. Funciones comunes en esta capa son abrir, cerrar, leer y escribir archivos, la transferencia de archivos y correo electrónico; ejecutar procesos de control remoto, y la obtención de información del directorio de recursos de red (Carrión and Betancourt 2004).

Dentro del estándar DICOM se define el Protocolo de capa superior (ULP). Es un protocolo abstracto que define la encapsulación de datos y es superior al nivel cinco del modelo OSI. Los documentos básicos de DICOM consisten en 16 partes, cada una de las cuales especifica una funcionalidad del estándar (la parte 9 y 13 fueron removidas). El estándar DICOM define las comunicaciones específicas en las transacciones con imágenes, las imágenes relacionadas a los mensajes a través de la red y cuando son escritas en un medio permanente. (Pianyk 2008)

DICOM es un estándar de mensaje, es decir, una especificación para el intercambio de información entre sistemas informáticos. (Horiil, Prior et al. 2002) DICOM representa un gran avance en la comunicación de imágenes médicas en formato electrónico y es una especificación completa "de arriba hacia abajo" de los elementos necesarios para lograr un nivel práctico de interoperación automática.

Las cinco áreas principales en las que DICOM se desempeña son: (Mildenberger, Eichelberg et al. 2002)

- La transmisión y la persistencia de objetos completos (imágenes, formas de onda, y documentos).
- Consulta y recuperación de objetos.
- Realización de acciones específicas (como la impresión de imágenes en la película).
- Gestión de flujos de trabajo (apoyo de listas de trabajo e información de estado).
- Calidad y consistencia de la apariencia de la imagen (tanto para la visualización e impresión).

En comparación con los formatos de archivos propietarios y protocolos de transferencia, DICOM posee varias ventajas: (Mustra, Delac et al. 2008)

- Interoperabilidad: Asegura un intercambio de datos exitoso entre diversos sistemas de imágenes de distribuidores diferentes como los archivos de imágenes PACS o los RIS. El estándar DICOM define una ontología para los datos y formatos estrictos para los distintos tipos de imágenes y de esta manera garantizar la interoperabilidad. También define un protocolo de intercambio de mensajes para una rápida y eficaz comunicación entre diferentes dispositivos.
- Comunicación asincrónica: El protocolo del mensaje es asincrónico, al hacer una operación compleja como la transferencia de un gran número de imágenes, más fiable y eficaz como cualquier operación simple puede fallar o ser interceptado sin fallas en todo el proceso. En mecanismos sincrónicos operación-respuesta como el protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP), o no es posible o requiere de una frecuencia complicada, lo que es una implementación menos eficiente.
- Integridad: Identificadores únicos en toda la red DICOM a fin de garantizar que las imágenes así como los mensajes se pueden identificar de forma fiable y se adecuen a su origen.

Con estas ventajas, DICOM se ha convertido en el estándar mundial para la interconexión de los sistemas de imagen en radiología y otros departamentos de imagen. Combinado con el estándar HL7 para los datos administrativos, proporciona la base para la comunicación en cualquier empresa de la salud.

1.3.1 Interfaz DICOM

Si los equipos electromédicos que van a ser interconectados en una red de computadoras se diseñan adecuadamente e incluyen entre sus prestaciones una interfaz DICOM se comunicarán sin problemas con otros equipos DICOM. Las interfaces DICOM están disponibles para casi todos los modelos de equipos de diagnóstico de imágenes. Los ejecutores de los sistemas de imágenes de DICOM tienen la libertad de seleccionar el equipo basado en los méritos y no en consideraciones de propiedad. (Escayola, Martínez et al. 2009)

Una interfaz DICOM involucra mucho más que simples especificaciones de hardware. DICOM define la forma y el flujo de los mensajes electrónicos que transmiten las imágenes y la información relacionada entre las computadoras.

Las interfaces DICOM están disponibles para la conexión de cualquier combinación de las siguientes categorías de dispositivos de imagen digital: (Bidgood, Horii et al. 1997)

- Equipo de adquisición de imágenes.
- Archivos de imágenes.
- Los dispositivos de procesamiento de imágenes y estaciones de trabajo de visualización de imágenes.
- Los dispositivos de salida en papel (por ejemplo: una película de transparencia y papel fotográfico para impresoras).

1.3.2 DICOM 3.0

Desde 1985 se han sucedido tres versiones de DICOM, las primeras, orientadas fundamentalmente a la conexión punto a punto, carecían de las piezas necesarias para la comunicación robusta en entornos de red. La versión 3.0 es un estándar mucho más grande que las versiones 1.0 ó 2.0, y también soporta muchas más características, basándose en

modelos explícitos y detallados de cómo los objetos (pacientes, imágenes, informes, etc.) que participan en las operaciones de la radiología se describen y se relacionan. Estos modelos son llamados entidad-relación (ER) y son una manera de estar seguro de que los fabricantes y usuarios comprendan la base para el desarrollo de las estructuras de datos utilizadas en DICOM. (Mustra, Delac et al. 2008)

DICOM 3.0 utiliza un ambiente de red en lugar de un ambiente de conexión punto a punto para la conexión de los sistemas de imágenes, lo cual permite implementar rentables diseños a través de grandes áreas geográficas. En la Figura 1.3, se muestra el Modelo del protocolo de comunicaciones DICOM. (Mildenberger, Eichelberg et al. 2002)

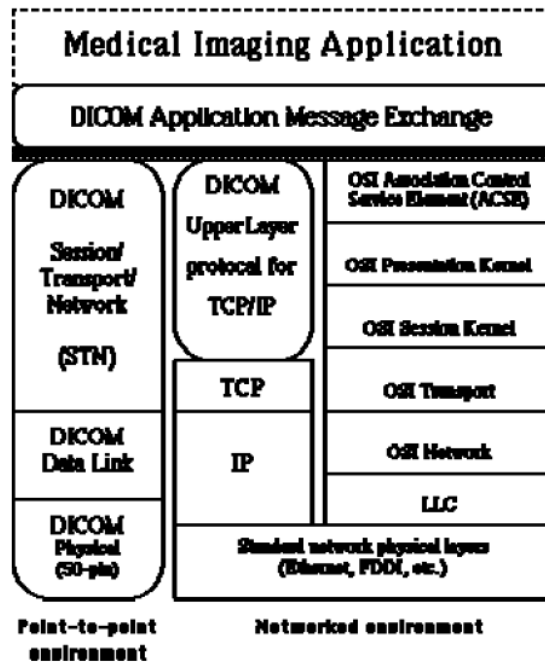


Figura 1.3 Modelo del protocolo de comunicaciones DICOM

En la Figura 1.4, se muestra un diagrama de las entidades relacionadas en la administración de las imágenes médicas, en donde se muestra que un paciente puede ser sujeto a cualquier número de estudios médicos. (Power, Politou et al. 2004)

Un archivo DICOM 3.0 contiene información relacionada con el paciente, el estudio médico y la serie de datos, en donde es muy común guardar una imagen médica, por lo que el paciente, el estudio médico y la serie de datos se repiten en cada fichero, lo que permite que cada imagen pueda verse en forma aislada, sin perder el contexto, pero implica el almacenamiento de los mismos datos en varios archivos. (Power, Politou et al. 2004)

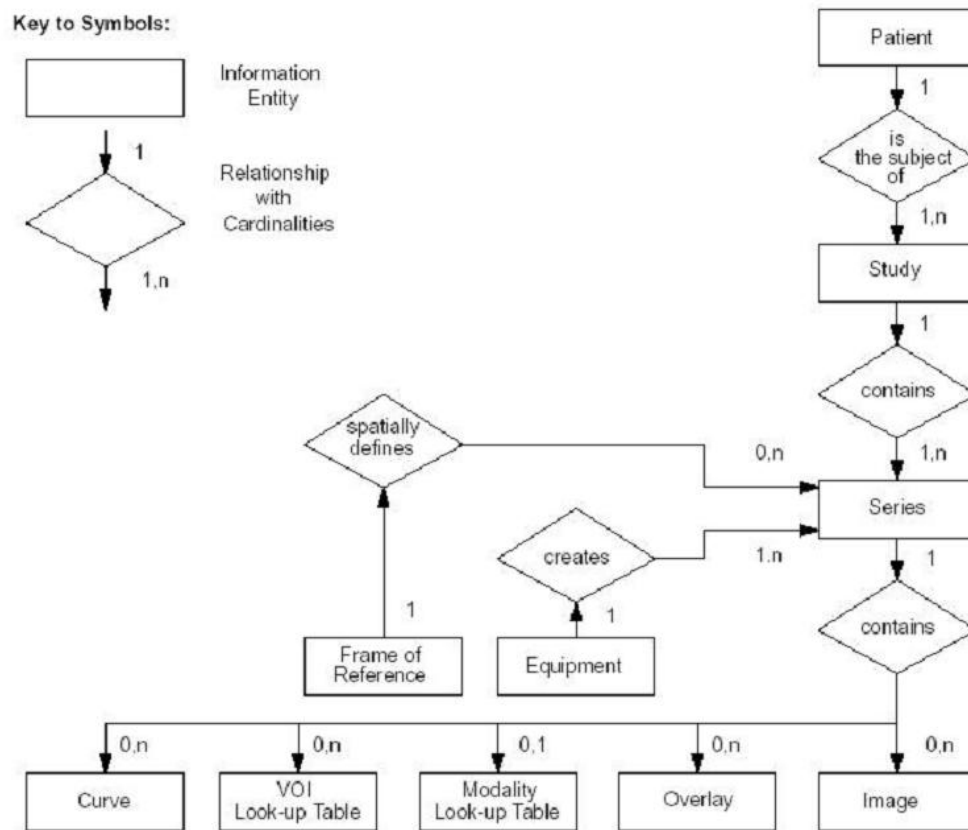


Figura 1.4 Modelo de información de una imagen compuesta DICOM 3.0

1.3.3 Estatuto de Confirmidad.

Un perfil de sistema DICOM contiene una lista de las funciones soportadas y limitaciones o extensiones de estas funciones. Juntos forman un perfil que se debe ajustar al perfil de la parte con que tendrá que cooperar. Estos perfiles de sistema se describen en un documento que debe ser suministrado con cada implementación de DICOM: el Estatuto de Conformidad (Figura 1.5).

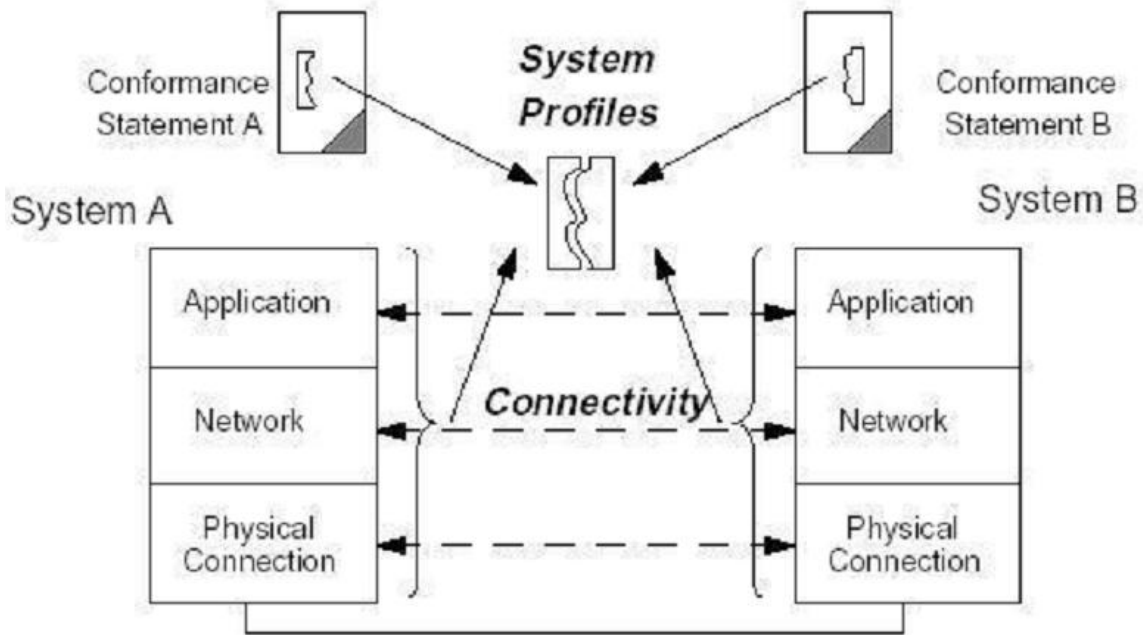


Figura 1.5 Estatuto de Conformidad con perfil del sistema.

En el nivel de aplicación se describe de forma funcional la entidad de la aplicación, las Clases SOP soportadas y el papel que ambos sistemas desempeñan en una conexión. Para la implementación de los protocolos de red estos pueden estar referidos a una documentación estándar apropiada, con constancia de las excepciones que restringen su uso en un entorno de red. Las posibilidades de una conexión física es también un tema que debe ser recogido. (DIVA 2011).

Los objetos configurables de una implementación, tales como el título de la aplicación (Application Title), la presentación de la dirección (Presentation Address) de ambas implementaciones y partes, son mencionadas junto con la información de cómo pueden ser modificados. Otros objetos configurables como el tamaño de la Unidad de Datos de Protocolo (PDU) deben ser recogidos por este documento. (Hussein 2009) Un Estatuto de

Conformidad recoge el soporte para diferentes tipos de caracteres, además del estándar ASCII (tales como extensiones para idiomas Europeos, Japonés, etc.).

Comparando los Estatutos de Conformidad se puede verificar si la conectividad a todos los niveles es posible. Dependiendo de cómo pueda ser interpretada la semántica de todos los atributos individuales, el nivel de interoperabilidad es más predecible. Actualmente no hay ningún método para asegurar la interoperabilidad.

1.4 Ejemplos de los Sistemas PACS más relevantes

En la actualidad existen varios sistemas PACS que se destacan por su integración con gran cantidad de equipos electromédicos, el número de estándares que manipulan y el desempeño dentro de la red IP que tengan. Entre estos podemos mencionar: *OpenSource PACS* de la Universidad de California, *eFilm Workstation* producido por la empresa norteamericana Merge Technologies y el *Siemens PACS* que se distribuye como parte de la infraestructura de productos electromédicos que comercializa esta corporación.

Dentro del mundo de las grandes empresas el *Cisco Connected Imaging* es una de las soluciones PACS más completas que se pueden encontrar en el mercado, esta integra la tecnología *Cisco Medical Grade Network* (CMGN) para la manipulación de las imágenes y los datos, sobre una plataforma de seguridad de alto nivel. Soporta todos los dispositivos de red CISCO y permite la gran escalabilidad sobre redes IP. Está diseñado para distribuir servicios de videoconferencia con alta calidad y eficiencia siendo muy usado en la telemedicina. Está instalado en instituciones como el Centro Médico de la Universidad de Rochester, el Centro de Ciencias de la Salud de Londres y el Hospital Universitario de Karolinska. (Cisco 2009)

En Cuba se destacan dos productos principales: El sistema *iMagis Server* (Ronda, Ferrer et al. 2001), desarrollado por el Centro de Biofísica Médica (CBM) de la Universidad de Oriente, el cual es el único paquete cubano actualmente distribuyéndose a nivel nacional y la colección de software médico ALAS de la Universidad de Ciencias Informáticas (UCI) que se destaca por su integración con el sistema de gestión hospitalaria nacional y la

utilización de el Framework CALIB (Maikel 2011) desarrollado por esta propia universidad para la programación de las funciones DICOM.

Dentro de las características comparativas de productos profesionales podemos encontrar:

(Vossberg, Tolxdorff et al. 2008)

- Interfaz de usuario basada en Web: esta propiedad permite el acceso a los servicios de administración y gestión desde cualquier punto de la red, facilitando el trabajo del personal encargado de su mantenimiento y control.
- Interfaces DICOM: de acuerdo al tipo de Estatuto de Conformidad con el estándar DICOM que soporten los diferentes equipos de adquisición, un servidor PACS debe soportar el almacenamiento, consulta y entrega de cualquier tipo de objeto DICOM que circule por su red.
- Interfaces HL7: la integración con HL7 permite manipular los tipos de mensajes ADT, ORM y ORU que son los encargados de intercambiar la información médica dentro de la red.
- Interfaces WADO y RID: los protocolos WADO (Web Access to DICOM Objects) y RID (IHE Retrieve Information for Display) son los encargados de permitir el acceso a la información del PACS en forma de contenido Web.
- Creación de Medios: permite exportar los datos directamente a CD, DVD.
- Registro de auditoría: permite mantener registros de seguridad y auditoría de las modificaciones que se realicen en los componentes del sistema.

En la Tabla 1.5 se realiza una comparación entre algunos de estos productos, destacando las características antes mencionadas.

Tabla 1.5 Comparación entre algunos productos PACS.

Aspecto	Cisco Connected Imaging	eFilm Workstation	iMagis Server
Interfaz de usuario basada en Web	Sí	No	No
Interfaces DICOM	Sí	Sí	Sí
Interfaces HL7	Sí	Sí	Sí
Interfaces WADO y RID	Sí	No	No
Creación de Medios	Sí	Sí	Sí
Registro de auditoría	Sí	Sí	No

1.5 Conclusiones del Capítulo

En este Capítulo se ha realizado una descripción de las principales características de los sistemas PACS y se han abordado las características principales del estándar DICOM para la manipulación de las imágenes médicas. Se ha descrito el significado y la importancia del Estatuto de Conformidad para establecer la interconexión de los diferentes equipos. Por último se han comparado algunas características de los principales sistemas PACS profesionales, tanto comerciales como nacionales. Se concluye que el desarrollo de sistemas PACS, aunque ha sido un área bastante explorada, constituye aun un tema en desarrollo, sobre todo en el entorno del sistema de salud cubano.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se describen los principales materiales y métodos que se utilizaron para crear un sistema PACS sencillo y completamente funcional. Se comparan algunas de las librerías DICOM que se encuentran disponibles para diferentes lenguajes de programación y se muestran algunas de sus funciones más utilizadas para el trabajo en entornos de red. Los diferentes epígrafes están organizados de manera tal que den un seguimiento lógico a la conformación del proyecto final, los cuales están distribuidos fundamentalmente en las características del servidor central, las diferentes variantes de estaciones de visualización y las características de la infraestructura de seguridad informática de los entornos médicos.

2.1 Estructura del sistema propuesto

El sistema de gestión de imágenes médicas que se propone en este trabajo está formado por tres módulos principales (Figura 2.1):

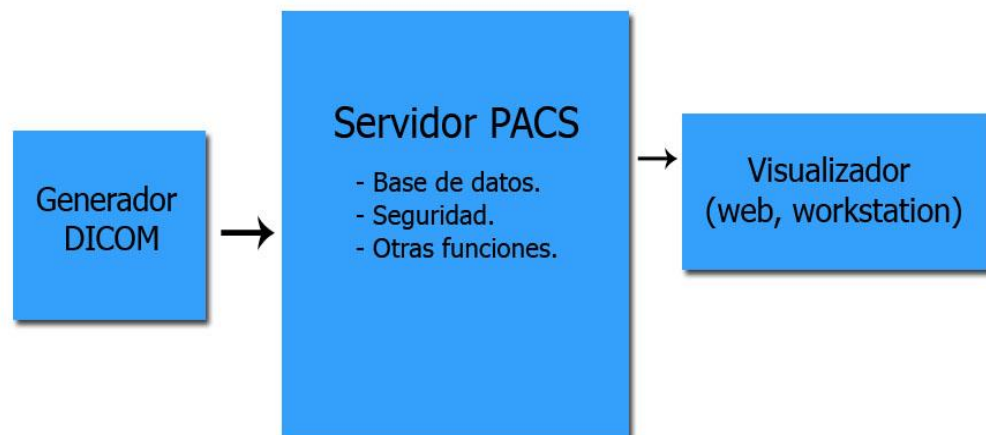


Figura 2.1 Estructura de un sistema PACS básico.

- **Software simulador de equipos de adquisición de imágenes (Generador DICOM):** este software ejecuta alguna de las funciones DICOM que tienen que ver con la comprobación de los servidores, la transmisión de imágenes por la red, y la compresión de estas de acuerdo a las necesidades del sistema.
- **Núcleo del PACS:** el centro de operaciones del PACS es el encargado de manipular el almacenamiento de los datos, prestar los servicios de SCP, controlar el acceso a los recursos, implementar mecanismos de seguridad, entre otras funciones.
- **Estaciones de visualización:** son las encargadas de interactuar con los datos que están en el servidor PACS. De acuerdo al tipo de estación (diagnóstico/consulta) incluyen más o menos herramientas de procesamiento digital de imágenes. En este trabajo se realiza un enfoque hacia una arquitectura de visualizadores web, por lo cual la prioridad está en este tipo de aplicaciones.

El diagrama de estados por los que debe pasar el proyecto se muestra en la Figura 2.2, donde se parte paralelamente de dos estados independientes que tributan a un objetivo final. Es importante destacar que la selección de los diferentes programas a instalar debe estar en correspondencia con el Estatuto de Conformidad DICOM que posean los equipos electromédicos para garantizar el correcto funcionamiento del sistema dentro de la red.

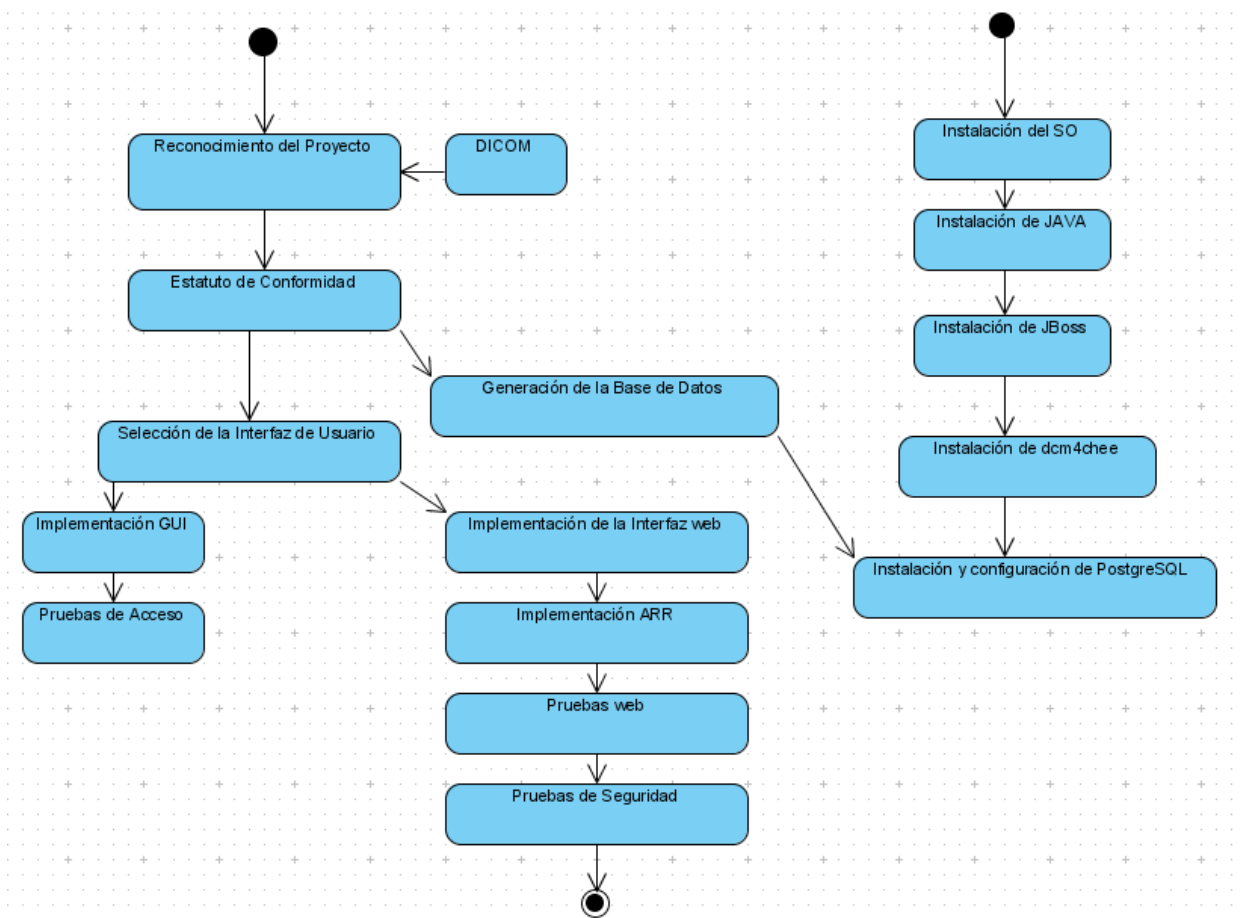


Figura 2.2 Diagrama de flujo del Sistema PACS.

2.2 Librerías de programación para DICOM

A medida que se fue desarrollando el estándar DICOM, los programadores se vieron en la necesidad de crear nuevas herramientas que les permitieran crear aplicaciones que fueran capaces de estar al nivel del hardware de diagnóstico que se distribuía para la infraestructura hospitalaria. De esta forma surgieron varias librerías, entre las que podemos destacar la JDT (Java DICOM Toolkit) soportada sobre Java, DCMTK creada para C y C++ y la colección CONQUEST que tributa también al lenguaje C. En los próximos acápites se realiza una breve descripción de las dos más significativas.

2.2.1 JDT (Java DICOM Toolkit)

Java DICOM Toolkit es la principal herramienta para programar sobre JAVA aplicaciones para el estándar DICOM 3.0. Esta librería cuenta con una API muy bien documentada que ha sido diseñada para hacer que la estructura compleja del estándar DICOM sea más accesible para los desarrolladores. (Onrubia 2006) JDT funciona sobre JDK 1.1.X y la JAVA 2. Aunque es software propietario ha sido ampliamente difundido entre la comunidad de programadores y de él se han derivado numerosas variantes como DCM4CHEE, el cual analizaremos posteriormente.

Características principales de JDT:

- Soporte de la parte 10 del estándar DICOM.
- Soporte de red DICOM.
- Soporte para las transacciones de imágenes comprimidas y no comprimidas.
- Soporte para formatos RLE y JPEG.
- Leer y escribir datos DICOM desde Input Streams/Output Streams.
- Esquema de tipos JAVA a tipo tipos DICOM.
- Tolerancias en implementaciones DICOM.

JDT se estructura en forma de paquetes, de los cuales se describen a continuación algunos de sus principales componentes: (Nagy 2007)

Com.archimed.dicom.network

- Abort: Representa el aborto de una asociación. Los dos parámetros son la fuente y la razón del aborto.
- Association: Contiene los métodos para construir y destruir una asociación entre dos entidades de aplicación DICOM y mandar/recibir comandos y datos una vez que la asociación está establecida.
- DimseUtil: Informa las funciones DICOM que pueden hacerse.
- Extended Negotiation: Representa los datos de negociación para una sintaxis abstracta.

- **Reject:** Representa el rechazo de una asociación. Sus parámetros son fuente, resultado y razón.
- **Request:** Representa todos los parámetros relevantes de una asociación.
- **Response:** Representa una respuesta de un par de entidades DICOM.

Com.archimed.dicom.codec

- **Compression:** Es una clase que proporciona métodos para la compresión de imágenes. DICOM soporta muchos tipos de técnicas de compresión.

Com.archimed.dicom.image

- **DicomImage:** Esta clase provee de métodos para construir una imagen DICOM.
- **GrayColorModel:** Esta clase representa un modelo de color para el empleo con imágenes en Escala de gris.
- **SC Image:** Esta clase proporciona métodos para construir una imagen SC.

Com.archimed.dicom.tools

- **Sequences:** Estos objetos proveen los atajos para adquirir/agregar valores dentro de secuencias. La conversión de valores está hecha usando el esquema de conversión DicomType-JavaType dada en la clase DicomObject.

2.2.2 Librerías DCMTK

DCMTK es una colección de librerías y aplicaciones que implementan la mayoría de las partes del estándar DICOM para la comunicación de imágenes médicas desarrollada completamente por la empresa alemana *Offis*. Dentro de su amplio espectro se incluye el software para el examen, la construcción y la conversión de archivos de imagen DICOM; el manejo de los medios de comunicación autónomos, el envío de imágenes de encubrimiento sobre una conexión de red, así como la demostración del funcionamiento de los diferentes tipos de servidores Worklist y de almacenamiento. DCMTK incluye el código fuente completo y está escrito en una mezcla de C y C ++. (Tachibana, Omatsu et al. 2006)

DCMTK ha sido usado en numerosas implementaciones DICOM para proporcionar los servicios de servidor central, almacén de imagen y servidores Worklist (Nodos Centrales de prueba). Es usado por hospitales y empresas en todo el mundo para una amplia variedad de propósitos, desde ser una herramienta para pruebas de productos, a ser un componente básico para proyectos de investigación, prototipos y productos comerciales.

El software DCMTK puede ser compilado bajo Microsoft Windows (Figura 2.3) o en una amplia gama de sistemas operativos Unix que incluyen Linux, Solaris, FreeBSD y MacOS X. Este Toolkit tiene diferentes funciones basadas en el estándar DICOM que son agrupadas de la siguiente forma: (Eichelberg, Riesmeier et al. 2004)

- Config: Incluye los ficheros .h necesarios para la configuración del toolkit.
- Dcmdata: Contiene funciones para el tratamiento de los datos de los archivos DICOM y Data Sets.
- Dcmimage: Funciones para el tratamiento de los datos de los píxeles de una imagen. Sólo para imágenes DICOM sin comprimir.
- Dcmimgle: Sirven para el tratamiento de la luminosidad de las imágenes.
- Dcmjpeg: Son funciones para la compresión/descompresión de imágenes DICOM a JPEG.
- Dcmnet: Funciones para el transporte de los archivos DICOM a través de la Red.
- Dcmtls: Para la transmisión segura de archivos DICOM por la Red.
- Imagectn: Para el registro de archivos en una base de datos.

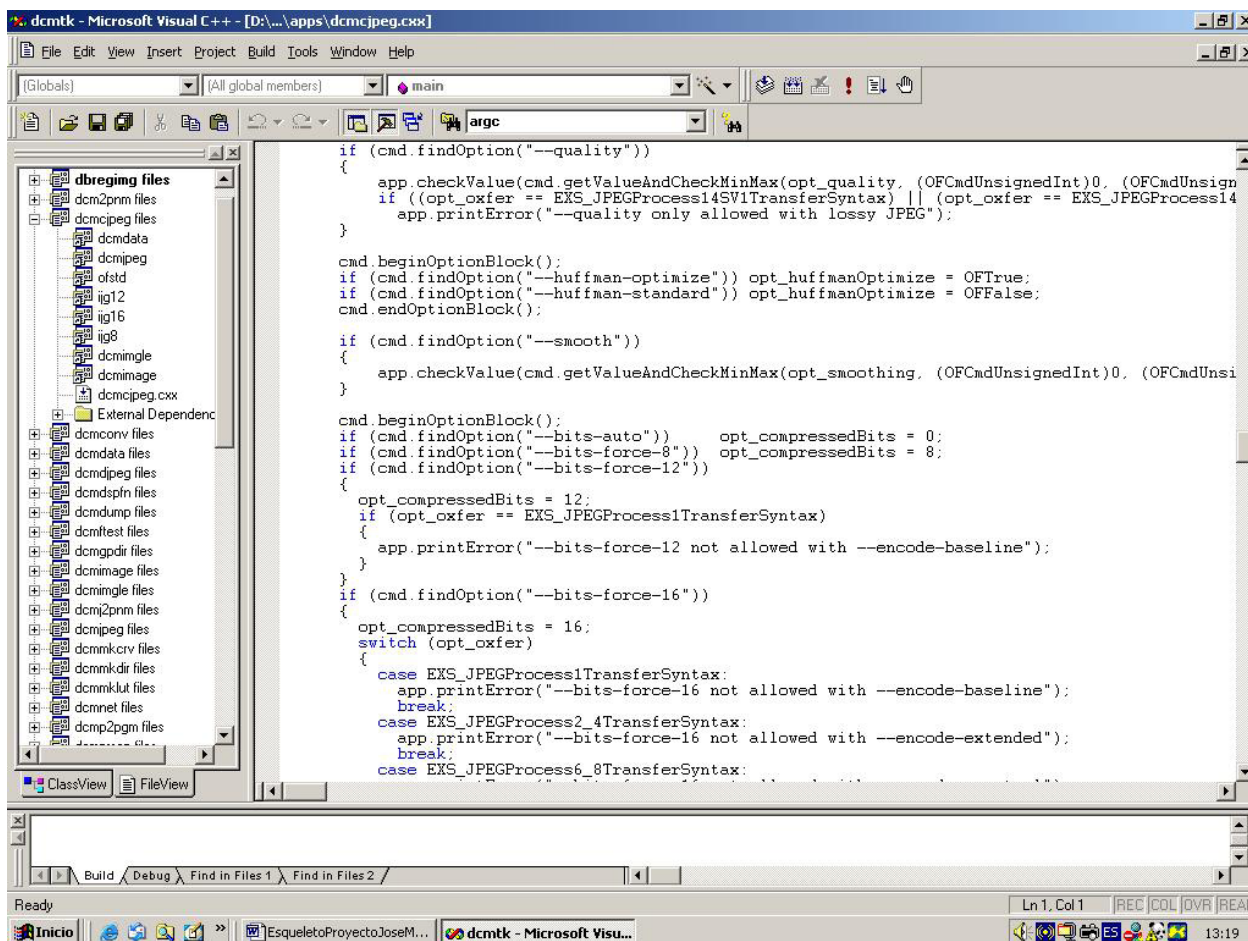


Figura 2.3: Visual C++ con DCMTK

2.2.3 Descripción de algunas de las herramientas de línea de comandos de DCMTK

Dentro de DCMTK podemos encontrar varias herramientas de línea de comandos que nos permiten realizar la mayoría de las funciones de un centro de comunicaciones médicas basado en DICOM, a continuación se describen algunas de las más significativas relacionadas con el trabajo en red y que pertenecen a la librería *DCMNET*.

- *Echoscu: Verificación DICOM (C-ECHO) SCU*: implementa una aplicación de Usuario de la Clase de Servicio (SCU) para la verificación de la clase SOP. Se manda un mensaje DICOM C-ECHO al Proveedor de la Clase de Servicio (SCP) y espera su respuesta. Esta aplicación puede ser usada para verificar la conexión DICOM.

- *Storescp: Servicio de almacenamiento DICOM (C-STORE) SCP:* implementa un Proveedor de Clase de Servicio (SCP) para la Clase de Servicio de Almacenamiento, escucha en un puerto de TCP/IP específico por las peticiones de los Usuarios de la Clase de Servicio (SCU). Se configura para recibir las imágenes según la Clase de Servicio de Almacenamiento. Normalmente las imágenes recibidas son guardadas en archivos (dentro del directorio activo actual).
- *Storescu: Servicio de almacenamiento DICOM (C-STORE) SCU:* implementa un Usuario de la Clase de Servicio (SCU) para la clase del servicio de almacenamiento. La utilización de este comando incluye enviar un mensaje C-STORE al Proveedor de Clase de Servicio (SCP) de almacenamiento y esperar una respuesta. La aplicación puede ser usada para transmitir imágenes DICOM a través de la red. Permite opciones de encriptación y comunicación segura.
- *Termscu: terminación de conexión DICOM SCU:* implementa un Usuario de la Clase de Servicio (SCU) con la función de interactuar con la clase SOP de apagado para servidores. Se utiliza para negociar los fines de conexión entre el servidor y los clientes. La utilización de esta aplicación en función de varias de sus opciones puede ser utilizada para terminar los servicios que se proveen por parte de los servidores DCMTK.

En la Tabla 2.1 se presenta un pequeño resumen de la sinopsis de las diferentes herramientas antes mencionadas, así como la descripción de los principales parámetros.

Tabla 2.1 Descripción de algunas herramientas de línea de comandos de DCMTK.

Aplicación	Sinopsis del comando	Parámetros
<i>Echoscu</i>	<i>echoscu [options] peer port</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Peer: nombre del servidor DICOM - Port: Puerto tcp/ip del servidor.
<i>Storescp</i>	<i>storescp [options] [port]</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Port: Puerto tcp/ip donde se escucha.
<i>Storescu</i>	<i>storescu [options] peer port dcmfile_in...</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Peer: Nombre del servidor DICOM - Port: Puerto tcp/ip del servidor. - dcmfile_in: Fichero DICOM a transmitir.
<i>Termscu</i>	<i>termscu [options] peer port</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Peer: nombre del servidor DICOM - Port: Puerto tcp/ip del servidor.

2.3 Selección del servidor PACS

Las compilaciones gratuitas de software de aplicación profesional DICOM se conocen como Frameworks de Código Abierto, estas estructuras DICOM pueden ser idóneas para construir servidores PACS completamente funcionales para desarrollo experimental en ambientes de investigación o para servidores activos en centros médicos reales. La evaluación cuidadosa de tales Frameworks para ser el núcleo central de un sistema PACS debe ser definida a partir de una serie de requisitos y criterios muy cuidadosos y

específicos. En este trabajo la evaluación de estructuras de Código Abierto se basó en el modelo de análisis PECA (planear, establecer, coleccionar, y analizar) cuyo resultado fue presentado a manera de artículo por un grupo de investigadores del Centro de Innovación de Cirugía Computacional Asistida ICCAS de la Universidad de Leipzig, Alemania. (Vasquez, Bohn et al. 2007) El objetivo de utilizar esta evaluación fue encontrar la estructura DICOM de fuente abierta que cumpliera los requisitos para crear nuestro prototipo de PACS.

El proceso de selección realizado por el ICCAS partió de identificar los diferentes productos que se encontraban a disposición, en este caso el estudio comenzó con 28 posibles candidatos. Tras la primera vuelta del análisis solamente tres productos fueron preseleccionados: DCM4CHEE 2.15, DCMTK 3.6 y CONQUEST 1.4.11.

Los requisitos de evaluación fueron clasificados en dos categorías:

- Generales (la calidad del software)
- Detalles concretos (requisitos de DICOM)

Veintitrés requisitos fueron identificados y priorizados de acuerdo con los niveles de negociación aceptados por el estándar. Cada requisito tenía su propio conjunto de criterios de evaluación. Los métodos de medición aplicados fueron: (Vasquez, Bohn et al. 2007)

- Examinar de la documentación.
- Examinar el Código Fuente para evaluar los requisitos generales DICOM.
- Experimentos prácticos para evaluar la exactitud del Estatuto de Conformidad de los Frameworks.

El resultado de la investigación puede visualizarse a manera de tabla en la Figura 2.4: (Vasquez, Bohn et al. 2007)

	DCMTK	DCM4CHEE	CONQUEST
Documentation	Comprehensive	Not-enough	Poor
Maintainability	High	High	Lower
Programming Language	C/C++	Java, XML	C/C++
Extendibility	Add new SOP's, requires modify and rebuild the source code	Add new SOP's don't always require modify the source code.	Add new SOP's requires modify and rebuild the source code
Operating Systems	UNIX, Linux, Windows	Multiplatform	Windows, UNIX
Client/Server PACS Model	As Server: Modality Worklist and Storage	Provides complete support	As Server: Modality Worklist and Storage
IHE Integration Profiles	None	Several	None, but support some HL7 messages
DICOM Services	No Hanging Protocol support	Hanging Protocol, Storage Commitment, Basic Worklist	No Hanging Protocol support
DICOM IOD's (Image Types)	US, CT, MR, SC, DX, XA, VL, RT	US, CT, MR, SC, DX, XA, VL, RT	US, CT, MR, SC, DX, XA

Table 1: Excerpt of data collected during the Evaluation Process
■ Best ■ Average ■ Worst

Figura 2.4: Tabla que muestra los resultados del estudio realizado por el ICCAS.

La evaluación de las soluciones: DCM4CHEE 2.15, DCMTK 3.6 y CONQUEST 1.4.11 siguiendo la metodología PECA utilizó 23 requisitos y 66 criterios de evaluación para tasar los Frameworks dando como resultado que el servidor DCM4CHEE 2.15 es la solución más completa.

2.4 DCM4CHEE

Dcm4chee es una implementación de una Infraestructura Empresarial de Servicios Integrados de Salud distribuida en un Servidor de Almacenamiento de Imágenes y un Repositorio de Reportes Médicos. Este software incluye las siguientes características:

- Recepción y envío de diferentes tipos de objetos DICOM como:

1. Imágenes de múltiples modalidades.

2. Presentaciones en escala de grises [GSPS], incluyendo aquellas que fueron generadas a partir de la utilización de diferentes herramientas de procesamiento digital y presentan anotaciones en forma de texto o gráficos.
 3. Manipulación de objetos claves (KO) que especifican una selección especial de imágenes que contienen notas adjuntas.
 4. Reportes Estructurados [SR].
- Procesamiento de mensajes de notificación HL7 procedentes del Sistema de Información Hospitalaria.
 - Recepción y procesamiento de los mensajes enviados por los equipos generadores de imágenes de acuerdo a la modalidad a la que pertenecen y a su Estatuto de Conformidad.

Dcm4chee se puede considerar como un servidor completo de aplicaciones DICOM, posee una interfaz de administración basada en Web desde la cual los administradores pueden realizar la configuración del sistema y mantener un constante monitoreo sobre este. Es un sistema multiplataforma, desarrollado en Java, que utiliza C/C++ para las librerías de descompresión de imágenes, se distribuye como un componente para la Edición Empresarial de Java, (JEE) a nivel de servidores. Tiene distribuciones para diferentes sistemas operativos: (Warnock, Toland et al. 2007)

- Microsoft Windows
- Linux
- Apple OSX
- Sun Solaris
- IBM AIX

Este Framework utiliza una base de datos para almacenar la información de las imágenes DICOM (metadatos de la cabecera, información indexada, otros datos clínicos y del sistema). Las bases de datos que soporta son: (el diagrama Entidad-Relación de la base de datos se puede consultar en el Anexo I)

- PostgreSQL

- MySQL
- Oracle
- SQL Server
- DB2
- Firebird
- HSQL

Los perfiles de compatibilidad con la Infraestructura Empresarial de Servicios Integrados de Salud soportados por el servidor están dados por:

- Acceso a la información radiológica.
- Presentación consistente de las imágenes.
- Documentación de las evidencias.
- Reconocimiento de la información del paciente.
- Realización de reportes médicos por imágenes.
- Realización de trabajos programados.
- Seguridad básica.

La estructura general de dcm4chee puede verse en la Figura 2.5, donde se muestra el diagrama en bloques del servidor.

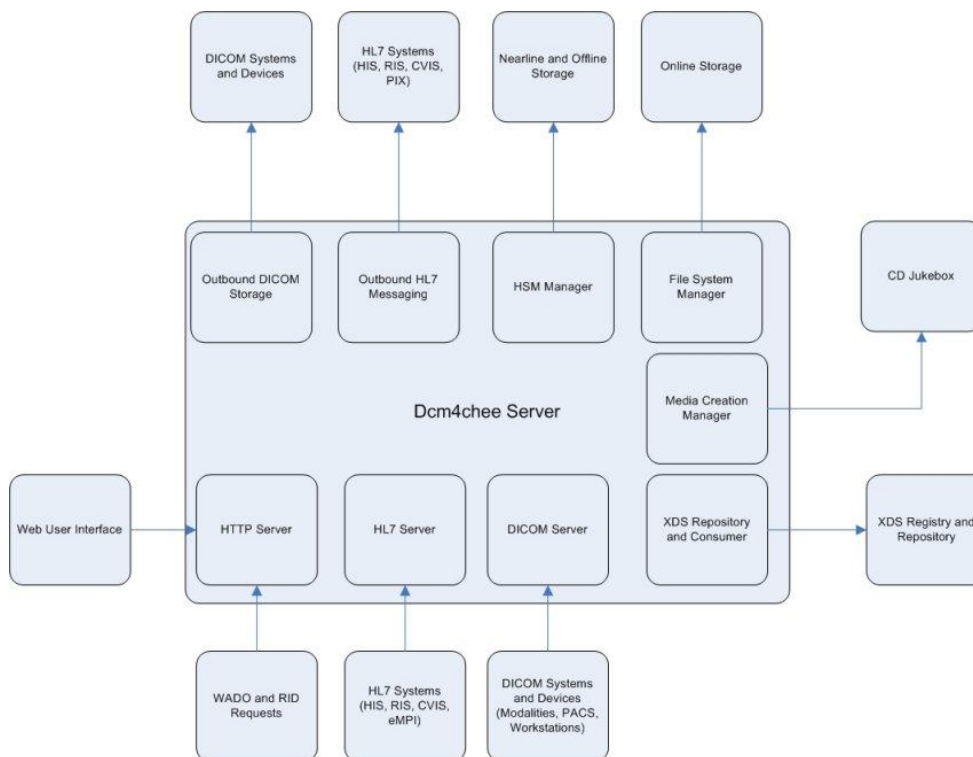


Figura 2.5: Diagrama en bloques de servidor DCM4CHEE.

Los requisitos de software y hardware que son requeridos para instalar el servidor se muestran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Requisitos de software/hardware del servidor DCM4CHEE.

Requisitos de Software

Programas adicionales

- Jdk 5
- JBoss 4.2.3 GA
- Sistema de Gestión de Base de Datos (PostgreSQL 8.1+; MySQL 4.1; Oracle 9i+)

Requisitos mínimos de Hardware

Memoria RAM

- 512 MB

Espacio en Disco Duro

- 200 MB

Microprocesador

- 400 MHz
-

2.4.1 Estatuto de Conformidad.

Dcm4chee está dividido lógicamente en cuatro entidades de aplicación DICOM:

- Servidor de Almacenamiento
- Servidor de consulta/entrega
- Administración del Tipo de Modalidad
- Administración de los Servicios de Disponibilidad

Todas estas entidades están programadas para correr sobre servidores de Producción J2EE (ejemplos JBoss) o en cualquier Máquina Virtual de Java con una versión superior a la 1.4.

El Estatuto de Conformidad explica qué servicios DICOM y el número de opciones que son soportados por el servidor para ser compatibles con los diferentes dispositivos de adquisición de imágenes. Una pequeña muestra de los servicios de red que soporta DCM4CHEE y que están recogidos en este documento se muestra en la tabla de la Figura 2.6. (Dcm4chee 2008)

Networking SOP Classes	User of Service (SCU)	Provider of Service (SCP)
Patient Root Q/R - MOVE	No	Yes
Study Root Q/R - FIND	No	Yes
Study Root Q/R - MOVE	No	Yes
Patient/Study Only Q/R - FIND	No	Yes
Patient/Study Only Q/R - MOVE	No	Yes
<i>Connectivity Verification</i>		
Verification	Yes	Yes

Figura 2.6: Estatuto de Conformidad de DCM4CHEE.

2.4.2 Servidor JBoss

JBoss es un servidor de aplicaciones J2EE de código abierto implementado en Java. Puede ser utilizado en cualquier sistema operativo para el que esté disponible Java. (Fleury and Reverbel 2003) JBoss AS está certificado J2EE 1.4 como uno de los principales servidores de aplicaciones de código abierto disponible en el mercado. Esta plataforma está destinada a prestar servicios de producción, ofreciendo una plataforma de alto rendimiento para aplicaciones de e-business. JBoss AS puede ser descargado, utilizado y distribuido sin restricciones por la licencia. Por este motivo es la plataforma más popular entre desarrolladores, vendedores independientes de software y también en grandes empresas. (Labourey and Burke 2002)

Las características destacadas del Servidor de Aplicaciones JBoss incluyen:

- Producto de licencia de código abierto sin coste adicional.
- Cumple los estándares.
- Confiable a nivel de empresa
- Incrustable, orientado a arquitectura de servicios.
- Flexibilidad consistente
- Ayuda profesional 24x7 de la fuente
- Soporte completo para JMX

JBoss implementa todo el paquete de servicios de J2EE, la descripción de algunos de estos se muestra en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Descripción de algunos componentes de JBoss AS.

Proyecto	Descripción
JBoss AOP	JBoss AOP está orientado a trabajar con Programación Orientada a Aspectos. Esto permite añadir fácilmente servicios empresariales (transacciones, seguridad, persistencia) a clases Java simples a las Apples.
JBoss jBPM	Constituye un gestor de procesos de negocio, también denominado "WorkFlow". jBPM es una plataforma para lenguajes de procesos ejecutables, que cubre desde la gestión de procesos de negocio (BPM) bajo workflow hasta la orquestación de servicios de este tipo.
Tomcat	Tomcat es un contenedor de servlets utilizado como la implementación de referencia oficial para las tecnologías de Java Server Pages y Java Servlet. Servidor web Java.
JBoss Mail Server	Servidor de correo para la arquitectura de JBoss; se utiliza principalmente con jEMS.

2.5 Estaciones de visualización DICOM

Una de las partes más importantes de un sistema PACS lo constituye la interfaz final con el usuario. De las características y prestaciones que tengan los diferentes visualizadores dependerá la calidad del diagnóstico emitido, la cantidad de personal especializado que pueda tener acceso a esta información y las exigencias de cómputo que requerirán en los terminales.

En este trabajo se analizaron dos estaciones de visualización: Mayam y Oviyam. La primera se clasifica dentro del grupo de las estaciones de diagnóstico mientras que el segundo es simplemente un visualizador de altas prestaciones basado en web.

2.5.1 Visualizador Mayam

Mayam es un software gratuito multiplataforma basado en Java con las características propias de una pequeña estación de diagnóstico médico asistido por imágenes. (Figura 2.7)

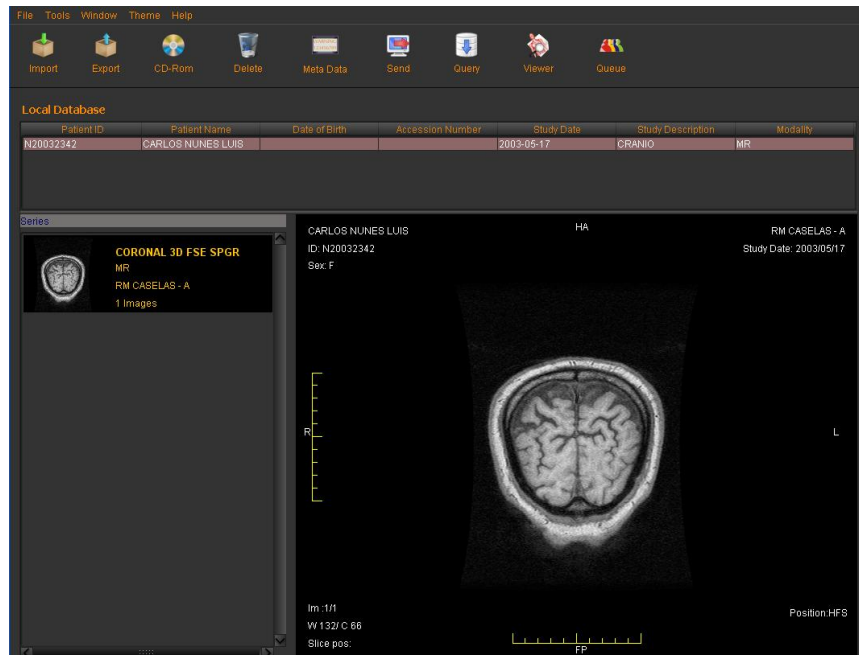


Figura 2.7: Ventana principal de Mayam.

Entre sus principales prestaciones podemos mencionar:

- Implementa un pequeño servidor de imágenes utilizando una base de datos propia.
- Permite preseleccionar la modalidad de adquisición. (Figura 2.8).
- Modifica su panel de interfaz de acuerdo a la selección anterior.

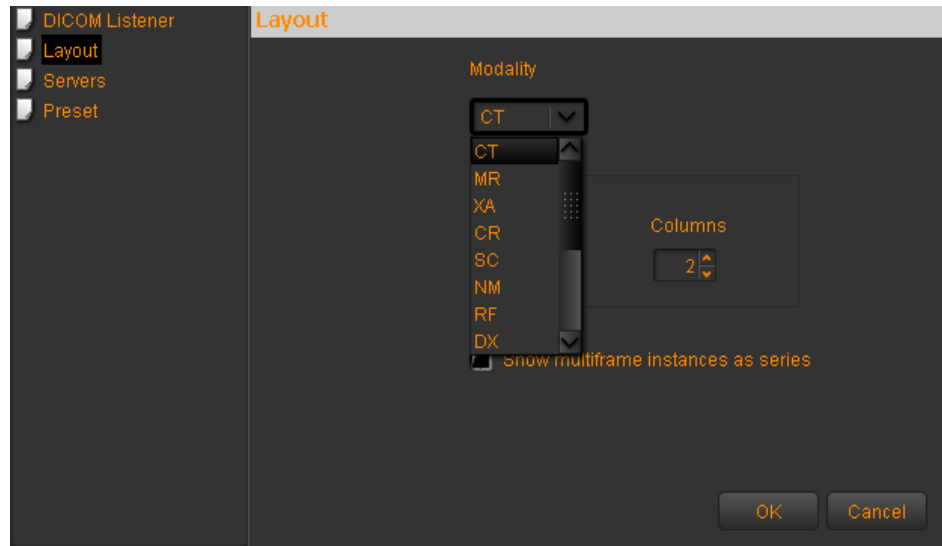


Figura 2.8: Selección de la modalidad de adquisición en Mayam.

Mayam permite realizar comprobaciones de conectividad DICOM y posee una compleja colección de herramientas de procesamiento de imágenes. (Figura 2.9)

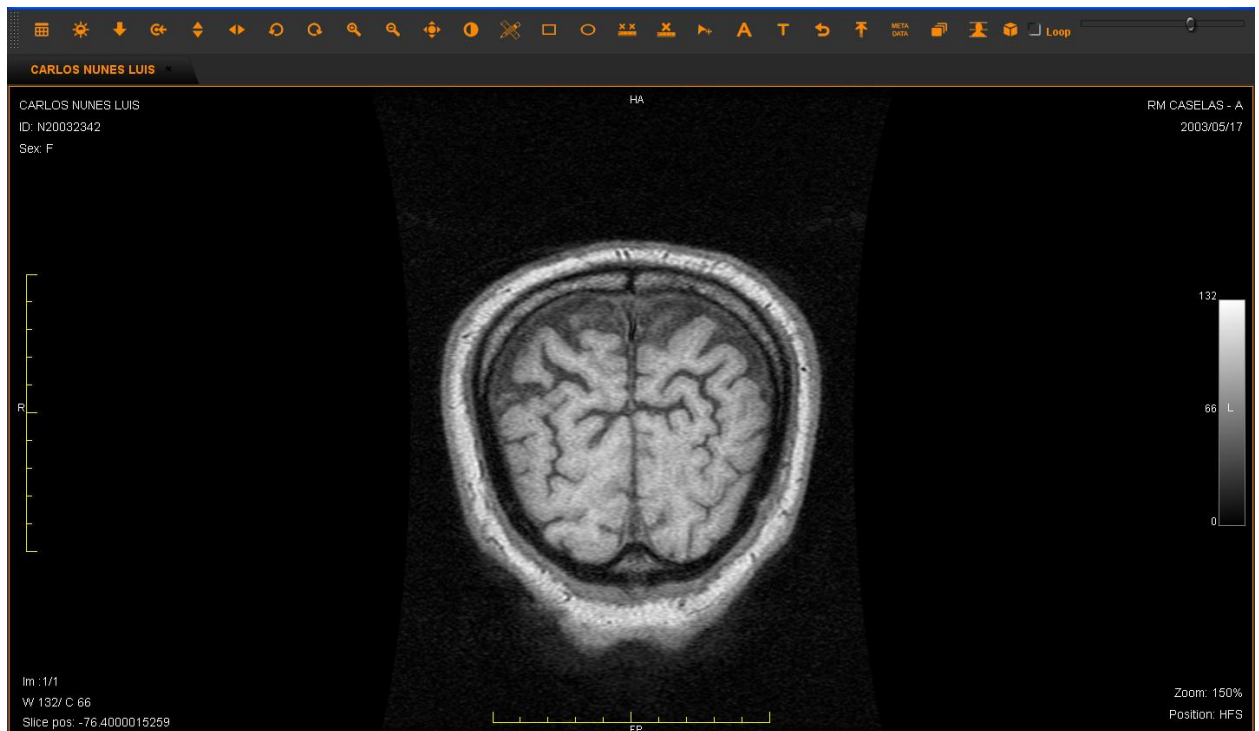


Figura 2.9: Vista del panel de procesamiento de imágenes en Mayam.

2.5.2 Visualizador Oviyam

Oviyam es un visualizador DICOM basado en web que utiliza una combinación de los lenguajes Ajax y Java como núcleo, permitiendo ofrecer una interfaz gráfica atractiva y técnicamente funcional. Requiere un servidor de Apples de Java como Tomcat por lo cual se integra perfectamente con la infraestructura de servidor de aplicaciones de JBoss AS. (Figura 2.10)

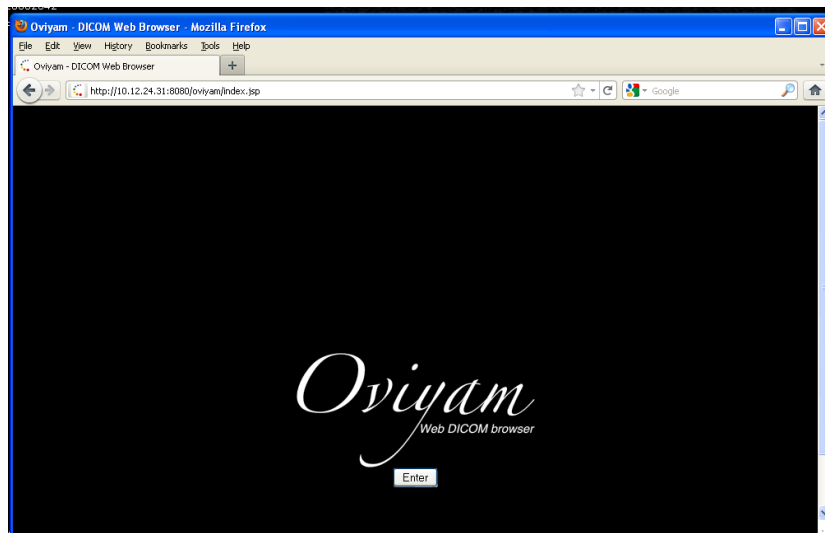


Figura 2.10: Interfaz de bienvenida de Oviyam.

Oviyam no es reconocido como una estación profesional para realizar diagnósticos médicos pero se encuentra dentro de la familia de productos recomendados por DCM4CHEE por su nivel de integración con este servidor. Es importante destacar que existen dos distribuciones fundamentales:

- Estándar: orientada a navegador web para PC (Figura 2.11).
- Ligera: destinada a integrarse con dispositivos inteligentes de telefonía móvil.

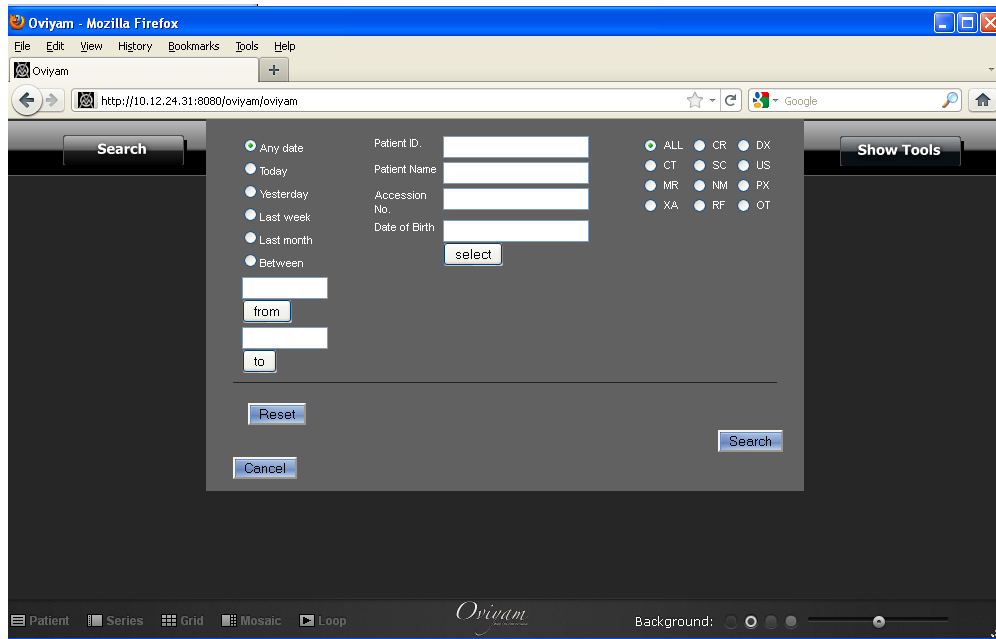


Figura 2.11: Ventana de búsqueda para entornos de PC en Oviyam.

Para el procesamiento de las imágenes se utiliza el protocolo WADO, lo cual permite aligerar la navegación cargándole el trabajo pesado al servidor. (Figura 2.12)

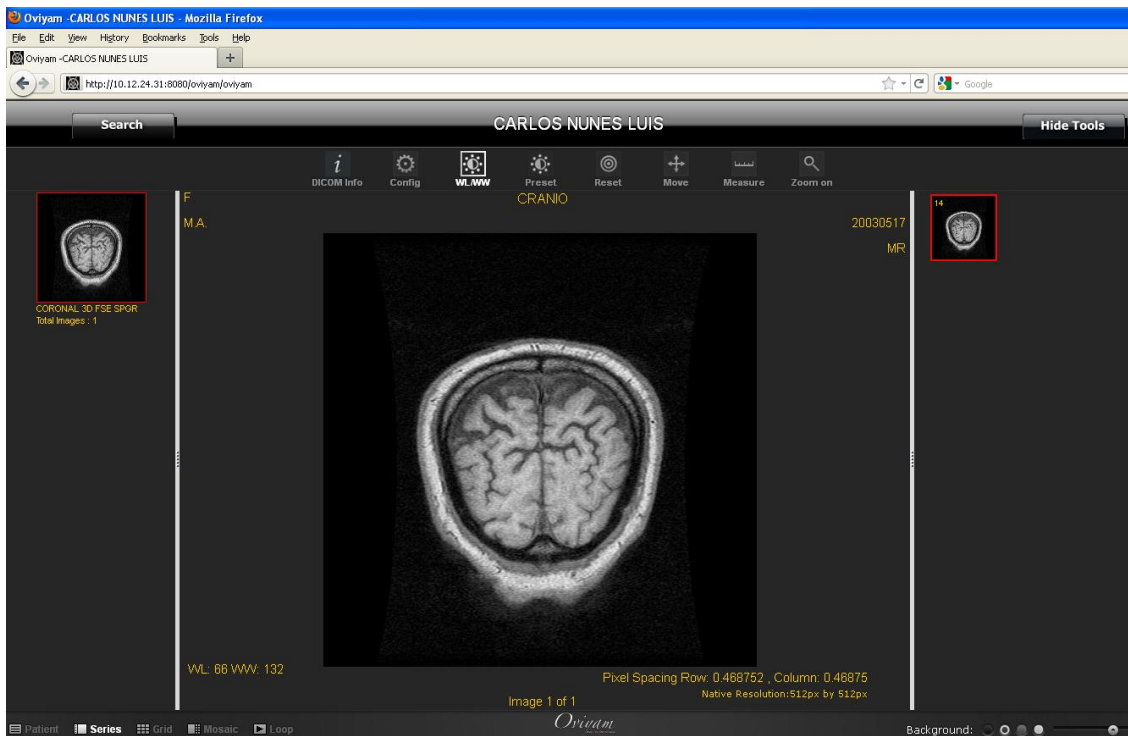


Figura 2.12: Panel de procesamiento de imágenes en Oviyam.

2.6 Implementación de mecanismos de seguridad en entornos de red DICOM

Para los sistemas conectados en red, es muy importante evitar el acceso de intrusos que usen dichos sistemas para realizar ataques a la seguridad de terceros, debido a las posibles responsabilidades asociadas a dichos ataques. Aquí hablaremos sobre los mecanismos de protección de la privacidad que se utilizan principalmente en entornos DICOM.

La seguridad de un sistema tiene múltiples facetas como aspectos de protección ante posibles daños físicos. La seguridad debe tener en cuenta eventos externos provenientes del entorno en que opera el sistema. La conexión de los sistemas a la red ha creado problemas de seguridad nuevos que van más allá del simple aspecto técnico y que incluyen aspectos éticos, legales, etc.(MAKSIMOV, Milan et al. 2006)

La protección consiste en evitar que se haga un uso indebido a los sistemas cuando se está dentro del ámbito de uso del mismo. El sistema operativo, sus componentes y las aplicaciones que se usan para trabajar en red, deben proporcionar medios para implementar las políticas de protección deseadas por el usuario.

La seguridad de un sistema conectado a una red se basa principalmente en tres aspectos: (R. Mullick 2010)

- Controlar la privacidad de los datos.
- Controlar el acceso a los sistemas, sus datos, y recursos.
- Evitar la pérdida de datos. Este aspecto cabe dentro de los mecanismos y políticas de administración de un servidor de datos.

Una de las principales formas de proteger los datos son los algoritmos de cifrado de datos. Los algoritmos de cifrado son muchos y variados, en general, todo diseñador de un sistema de criptografía busca algoritmos más nuevos y mejorados que los existentes.

Actualmente se usan algoritmos de cifrado muy complejos basados en la manipulación de claves más complicadas. Dos muy populares son:

- RSA: creado en 1978 y ha sido seguro hasta la fecha. Incorpora resultados de la teoría de grandes números y con la determinación de números primos. Su implementación

por software proporciona un rendimiento muy pobre, por lo que es muy frecuente el uso de hardware que lleva a cabo el cifrado con este tipo de algoritmo. Se usa en sistemas de claves públicas. (Sánchez and Encounter 2006)

- DES: desarrollado por el US National Institute of Standards and Technology para usarlo en aplicaciones comerciales. Para ello usa únicamente aritmética estándar y operaciones lógicas que permiten su implementación en cualquier computadora. A pesar de la complejidad del algoritmo, DES ya no es seguro. Además, ha sido cuestionado por tener algunas debilidades en su diseño (claves de sólo 56 bits) lo cual permitiría la existencia de puertas traseras. A pesar de todo, es un algoritmo muy popular y varias versiones del mismo son ampliamente usadas en la actualidad. Además para reforzar la seguridad del algoritmo, se ha incrementado la longitud de la clave. (Sánchez and Encounter 2006)

Dentro de una red DICOM el control de la seguridad lo lleva el propio servidor PACS, este servicio se denomina Repositorio de Registros de Auditoría (ARR) y es el componente encargado de tratar la protección de la transmisión de datos, la correcta manipulación de la conexión con la Infraestructura Empresarial de Servicios Integrados de Salud y la auditoría integral del sistema computacional PACS. (Boochever 2004)

Un sistema de Repositorio de Registros de Auditoría (ARR) se compone por:

- Perfil de Integración de Auditoría y Nodo de Autenticación.
- Auditoría de seguridad y acceso a los mensajes de realimentación de las aplicaciones médicas.
- Integración con el protocolo Syslog
- Transmisión de los mensajes Syslog sobre la Capa de Transporte Seguro (TLS)
- Transmisión de los mensajes Syslog sobre el Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP)

En el caso del servidor DCM4CHEE, este incluye su propio ARR (Figura 2.13) lo cual aumenta su nivel de calidad ante otros productos del mismo tipo que tienen que utilizar componentes de terceros para ofrecer los servicios de seguridad.

The screenshot shows a web browser window displaying the 'Audit Records' page of the DCM4CHEE application. The page title is 'Audit Records' and the URL is 'http://localhost:8080/dcm4chee-arr/main.seam'. The page displays a table of audit records with the following columns: Event/Receive Time, Event ID (Type), A O F, Audit Source, Active Participants, and Participant Objects. The table contains 4 records, all of which are 'Application Activity (Application Start)' events. The first two records are 'User Authentication (Login)' events, and the last two are 'Application Activity (Application Start)' events. The table also includes a search bar, a page size selector (set to 20), and a filter sidebar on the left with options for Event, Date/Time, Event ID, Event Type, Event Action, and Event Outcome.

Event/Receive Time	Event ID (Type)	A O F	Audit Source	Active Participants	Participant Objects
2011-06-10 15:53:08	User Authentication (Login)	✓ A	TE-PC Application server	User(R): admin, 127.0.0.1	Details XML
2011-06-10 15:53:08	User Authentication (Login)	✓ A	TE-PC Application server	User(R): admin, 127.0.0.1	Details XML
2011-06-10 15:52:00	Application Activity (Application Start)	✓ A	TE-PC Application server	Application: 2948, DCM4CHEE, dcm4chee, te-PC Application Launcher(R): te	Details XML
2011-06-10 15:50:53	Application Activity (Application Start)	✓ A	TE-PC Application server	Application: 3864, te-PC Application Launcher(R): te	Details XML

Figura 2.13: Ventana del Visor de Sucesos del servidor ARR de DCM4CHEE.

2.7 Conclusiones del Capítulo.

En este capítulo se analizaron con más detalle los principales componentes de un sistema PACS y se describieron las diferentes herramientas que nos permiten conformar los bloques estructurales del mismo. Se puede concluir que dentro del amplio universo del software libre existen disímiles aplicaciones que son tan potentes como las que ofrecen las empresas líderes del software internacional. Por otra parte la utilización de programas multiplataforma nos permite migrar la infraestructura de uno a otro sistema operativo, sin que esto constituya un gasto extra en recursos materiales, ni en preparación del personal que lo opera.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se realiza la comprobación de las facilidades y características del sistema PACS que se describió en el capítulo anterior. Las pruebas se dividieron en dos variantes fundamentales: la primera relacionada con los ambientes de red simulados, utilizando la herramienta OPNET Modeler 14.5 y una segunda dentro de un laboratorio real, donde se realizó un monitoreo del estado de la red y la carga real que estaba soportando el servidor, durante el período de tiempo que estaba prestando servicios.

3.1 Opnet Modeler 14.5

Opnet Modeler es un programa ampliamente utilizado en la industria para modelar y simular sistemas de comunicaciones. Permite diseñar y estudiar redes, dispositivos, protocolos y aplicaciones, brindando escalabilidad y flexibilidad, cualidades que le permiten ofrecer a sus usuarios trabajar en procesos de investigación y desarrollo. Modeler es un software desarrollado por Opnet, orientado a simular objetos mediante un editor gráfico que permite diseñar una topología de red, soporta un amplio rango de tecnologías tipo LAN, MAN y WAN. (Chang-xing, Xiao-guang et al. 2007)

Originalmente fue desarrollado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts, (MIT) e introducido al mercado en 1987 como el primer simulador comercial. Actualmente es utilizado por grandes empresas de telecomunicaciones. Esta herramienta se utiliza para el modelado y simulación; está basada en la teoría de redes de colas e incorpora las librerías para facilitar el modelado de las topologías de red. El desarrollo de los modelos se realiza mediante la conexión de diferentes tipos de nodos y utilizando diferentes tipos de enlaces. (Chang-xing, Xiao-guang et al. 2007)

La versión Opnet Modeler utilizada para la simulación del uso del sistema en un entorno de red fue la versión 14.5, debido a que es una de las más actualizadas y cuenta con una excelente integración con dispositivos reales mediante la función de Enlazado Exterior conocida como SITL.

Es importante tener en cuenta por parte de los usuarios que lo vayan a utilizar que sus computadoras deben contar con determinadas características recomendadas, como son:

- Microsoft Windows (cualquiera de sus versiones)
- Microsoft Visual Studio C++ (incluyendo la familia .NET)
- Memoria RAM de 512MB (mínimo)

3.2 Configuración de las simulaciones

Para la creación de los escenarios de simulación se optó por conformar una red típica de una infraestructura hospitalaria, en la cual se destacan tres subredes principales (Figura 3.1):

- Subred del Departamento de Imaginología: conectada a Gigabit Ethernet, pues en este caso las imágenes son procesadas directamente después de ser generadas por los equipos electromédicos. Es el caso típico de un centro de diagnóstico asistido por imágenes.
- Subred del laboratorio de computación: es donde se genera un tráfico mayor, pues junto con el acceso al servidor PACS, los usuarios utilizan otros servicios como correo electrónico, FTP, chat, entre otros.
- Subred hospitalaria: mayormente se utilizan máquinas de pocas prestaciones por lo que su tráfico es generado principalmente por el acceso a aplicaciones web.

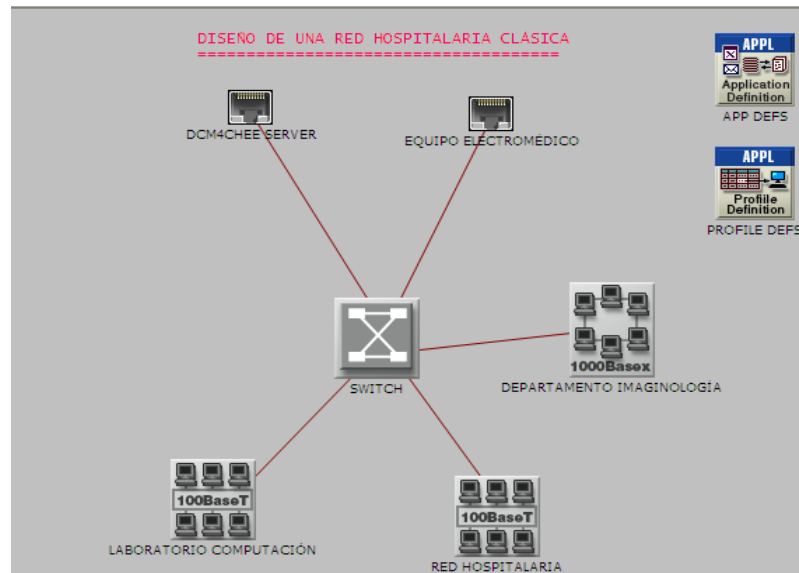


Figura 3.1 Escenario utilizado para simular una red hospitalaria.

Las definiciones de las aplicaciones y de los perfiles de uso se configuraron de acuerdo a las características del tipo de usuario que puede tener acceso a las diferentes subredes. (Figura 3.2)

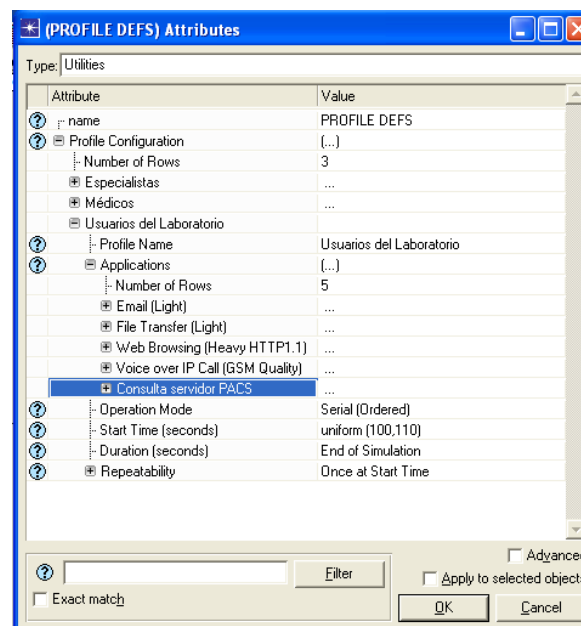


Figura 3.2 Configuración de los perfiles a utilizar.

3.2.1 Preparación del módulo SITL

Para interactuar desde dispositivos reales con redes virtuales es necesario incluir el módulo SITL dentro de las tecnologías a usar en la simulación (Figura 3.3)

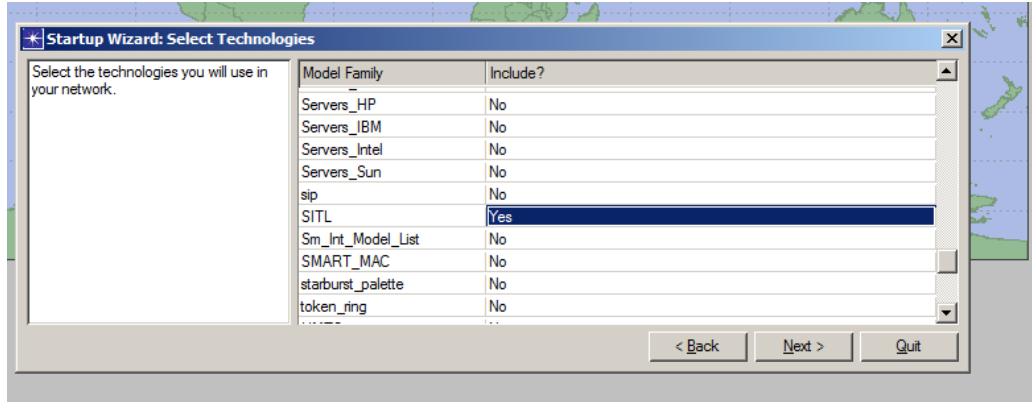


Figura 3.3 Selección del modulo SITL.

Después de configurado el escenario de acuerdo a las necesidades del modelo asignamos las interfaces físicas que utilizará el enlace virtual para enviar los paquetes a la red exterior. (Figura 3.4)

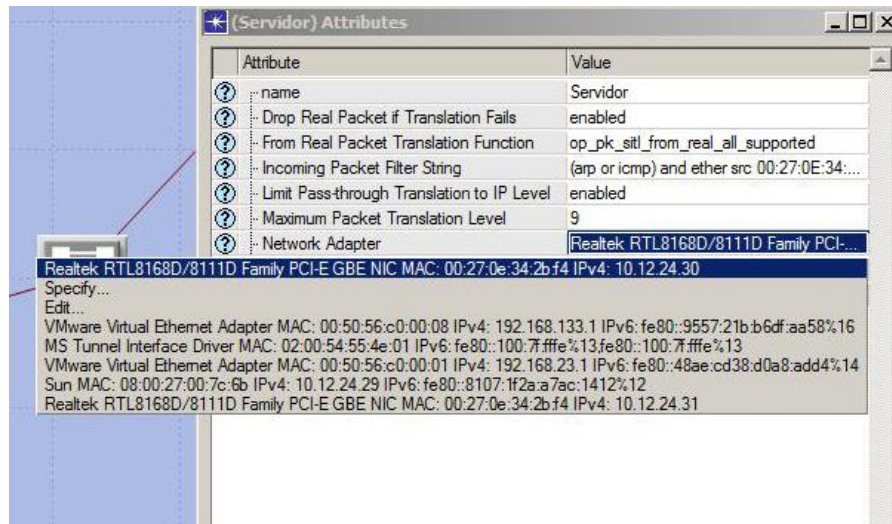
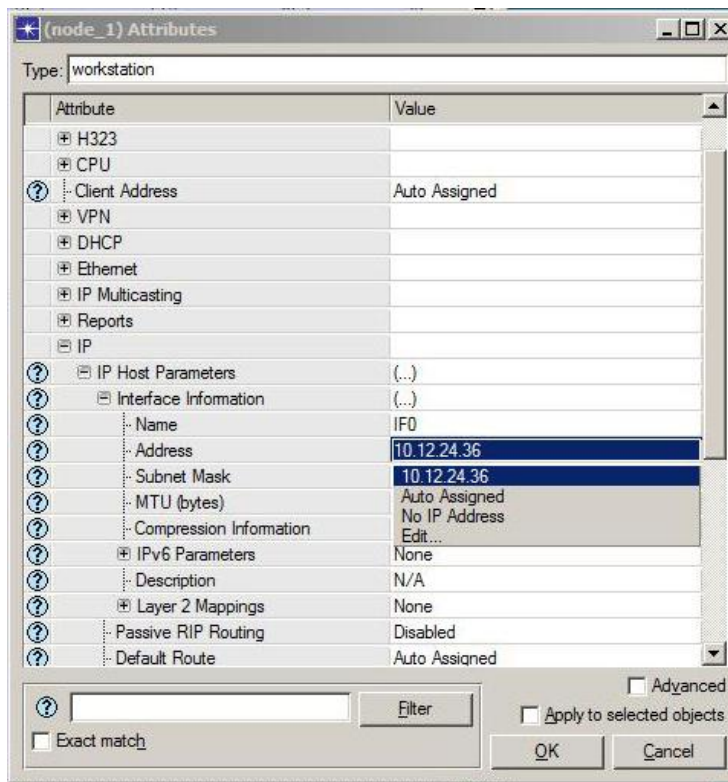


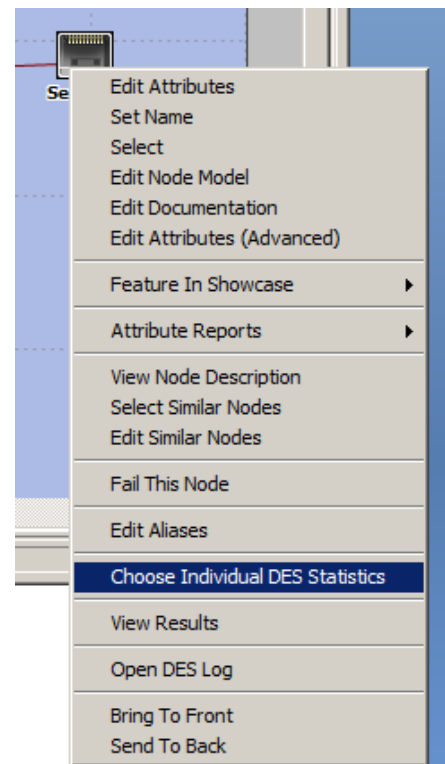
Figura 3.4 Selección de la interfaz de red para el módulo SITL.

De igual forma, para tener conectividad con las estaciones de trabajo que se encuentran dentro de la simulación, es necesario configurarle las direcciones IP de cada una de ellas o asignarles que tomen direcciones dinámicas mediante DHCP (autoconfiguración); en nuestro caso optamos por la primera opción para asegurar el monitoreo de la estación específica. (Figura 3.5a)

Para seleccionar el tipo de resultado que nos interesa analizar, hacemos clic secundario sobre el módulo SITL y seleccionamos la opción *Seleccionar Estadísticas DES Individuales*. (Figura 3.5b)



(a)



(b)

Figura 3.5 (a) Asignación de la dirección IP a una estación. (b) Selección de las Estadísticas DES Individuales.

A la hora de escoger los parámetros que se quieren recolectar debemos tener en cuenta algunos conceptos: (Potemans, den Broeck et al. 2003)

- Razón de Transferencia (Throughput): Cantidad de datos que pueden ser transferidos exitosamente a través de un canal en un período de tiempo.
- Demora (Delay): Es el retardo de origen a destino de todos los paquetes. Este retardo se ve afectado por las pérdidas en una red. Cuando hay congestión en una red el retardo tiende a infinito.
- Tráfico recibido (Trafficreceived): Es el número de paquetes por segundo recibido por todas las estaciones destino.
- Tráfico enviado (Trafficssent): Es el número de paquetes por segundo enviado por todas las estaciones origen.

En nuestro caso queremos comprobar cómo se comporta el tráfico que se envía y se recibe desde el servidor DCM4CHEE, y el cual nos dará una idea de cómo es la utilización del enlace para esta interfaz. (Figura 3.6)

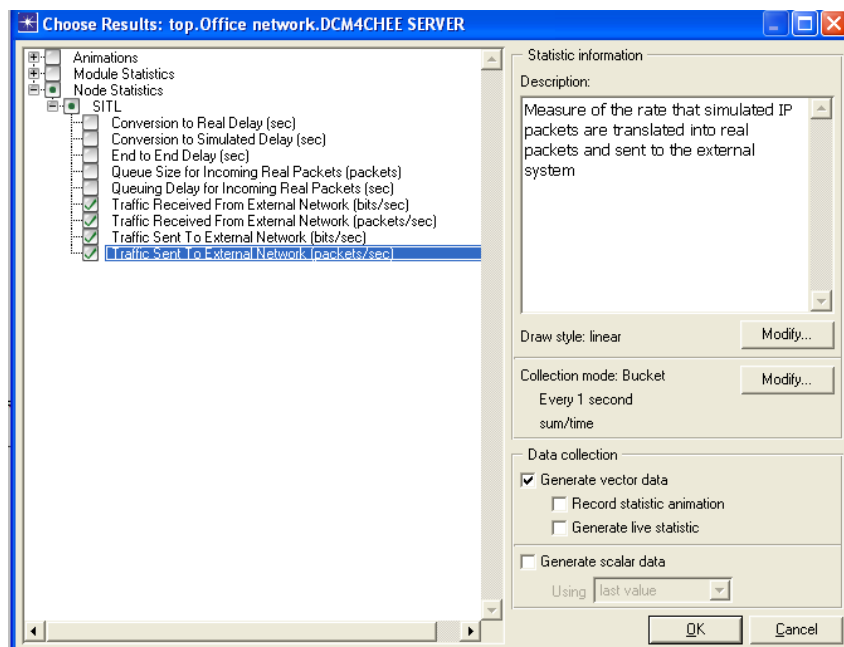


Figura 3.6 Selección de los datos que se desean recolectar.

3.2.2 Corrida de la simulación y análisis de los resultados

La corrida de la simulación se configuró para que durara diez minutos (Figura 3.7), tiempo suficiente para realizar varios envíos de imágenes al servidor y acceder a su base de datos.

En el caso de esta simulación se preparó el servidor para dar servicios de procesamiento remoto de imágenes mediante el protocolo WADO, para poder monitorear el tráfico http.

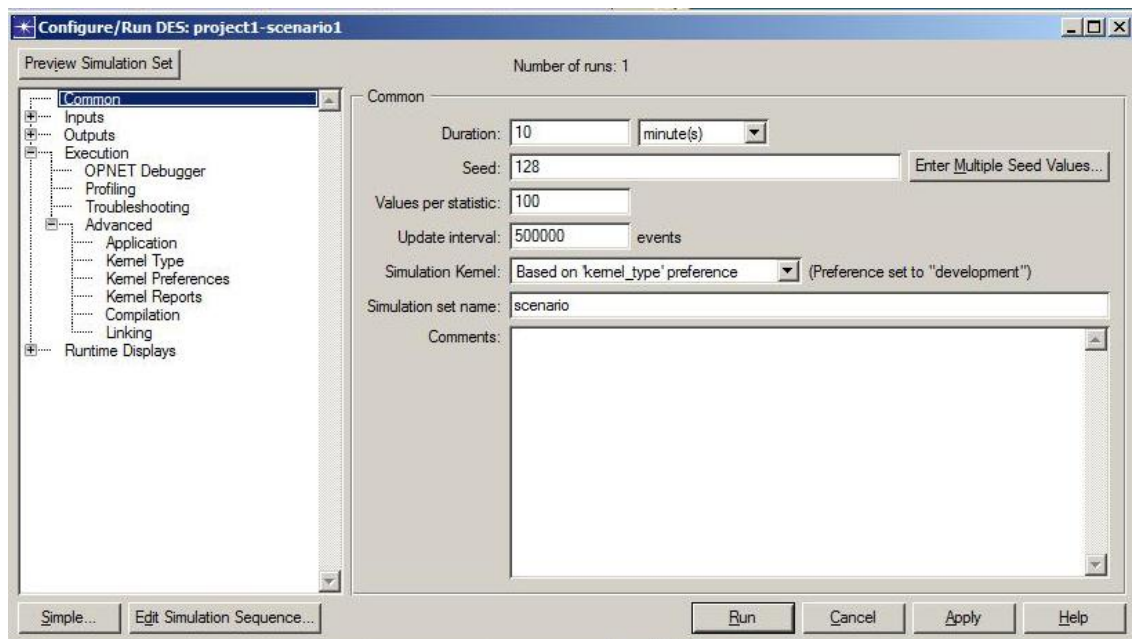


Figura 3.7 Selección de los parámetros de la corrida de la simulación.

Si no ocurrió ningún error, la consola de simulación nos informa que está utilizando los recursos de red externos, por lo cual está preparada para compartir datos entre la red real y la virtual. (Figura 3.8)

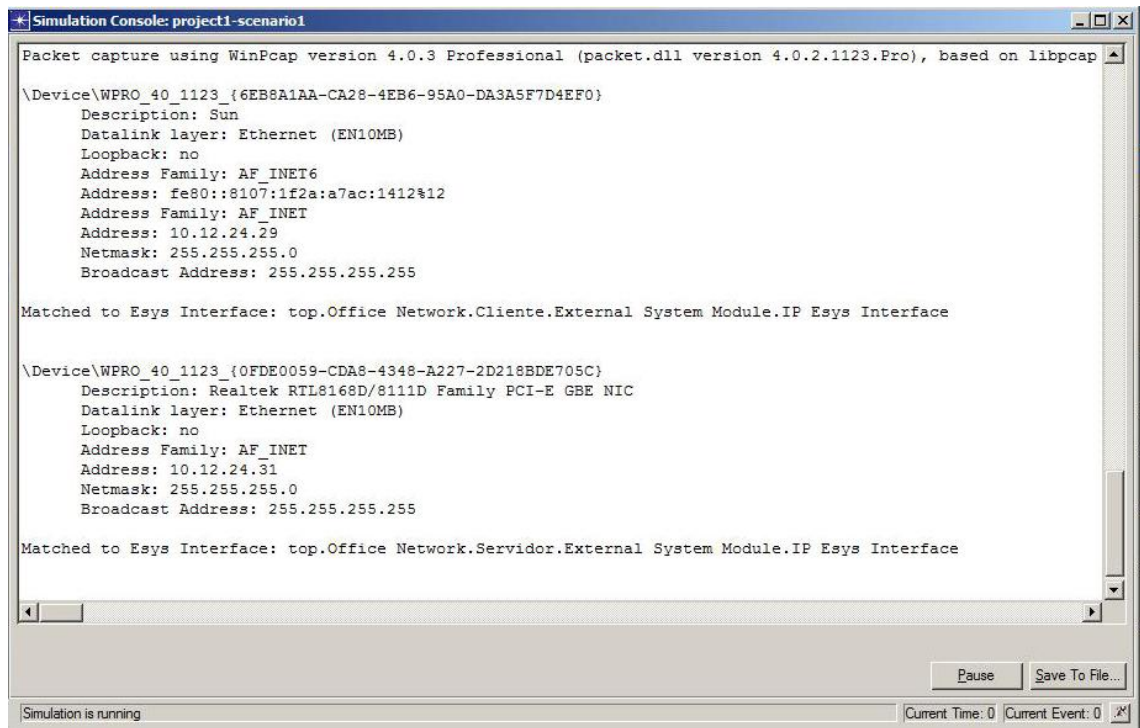


Figura 3.8 Utilización de las interfaces físicas durante la simulación.

Para comprobar la conectividad se utiliza el programa ping.exe, el cual realiza el envío de varios paquetes ICMP de solicitud y de respuesta a la estación virtual. Mediante esta utilidad puede diagnosticarse el estado, velocidad y calidad de una red determinada. En caso de que todo funcione correctamente se debe mostrar un resultado similar al que se muestra en la Figura 3.9.

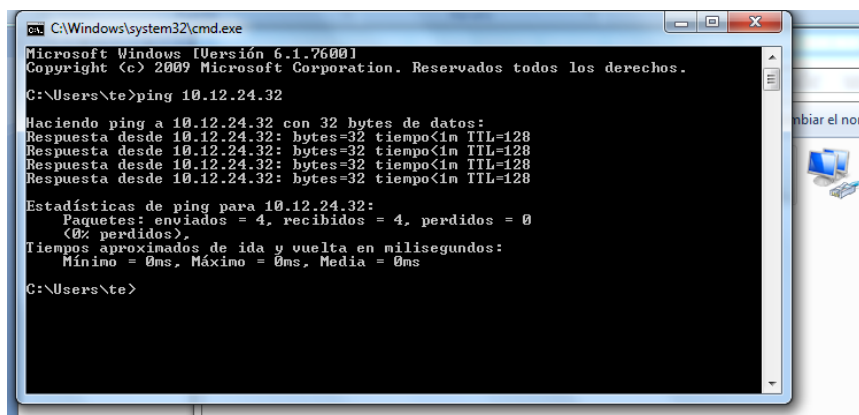


Figura 3.9 Comprobación de la conectividad con la estación virtual.

Durante la duración de la simulación se utilizaron varios visualizadores para acceder a los principales servicios que estaba prestando en la red. En la Figura 3.10 se muestra el resultado de la utilización de comando C-ECHO desde una estación de procesamiento que utiliza Mayam para comprobar la conectividad DICOM con el servidor antes de comenzar con el envío de las imágenes.

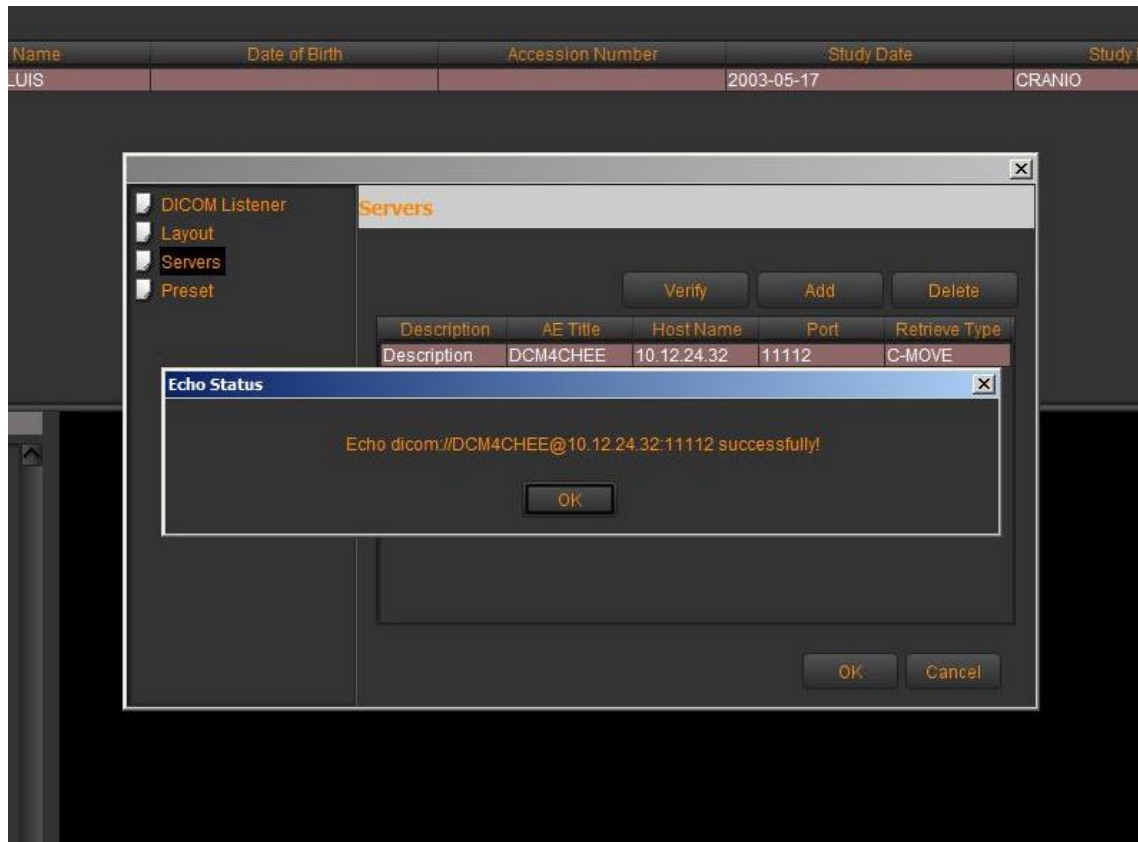


Figura 3.10 Utilización del comando C-ECHO para comprobar la conectividad DICOM.

Después de terminada la simulación podemos visualizar los resultados de la recolección de los datos y proceder al análisis de estos. En el caso del tráfico enviado a través del módulo SITL a la red exterior (Figura 3.11) se puede observar que ocurren pequeñas ráfagas con la presencia de algunos picos, lo cual se debe en primer lugar al establecimiento de la conexión entre el servidor y el cliente; es en esta etapa donde se realiza la negociación del tipo de transferencia DICOM que implementarán entre ellos (esto depende de la modalidad de adquisición). El resto de los picos se asocian al envío de los datos del cliente al SCP.

El tráfico enviado por el servidor a la red virtual se puede diferenciar por una etapa de negociación y otra pequeña ráfaga asociada al envío de información al SCU.

En la Figura 3.12 se muestra el comportamiento de la carga TCP en el nodo analizado. Esta gráfica nos permite concluir que el servidor está trabajando a un mínimo de capacidad lo cual se debe a que sólo está interactuando con un solo cliente.

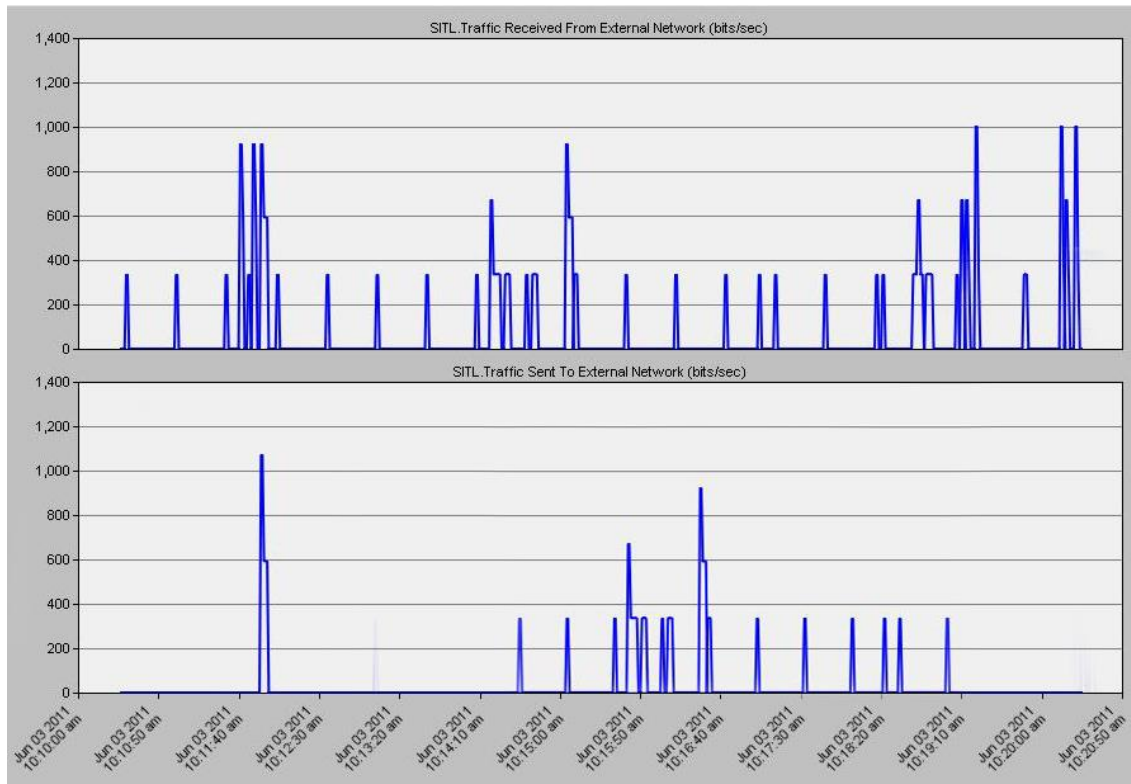


Figura 3.11 Tráfico enviado y recibido a través del módulo SITL.

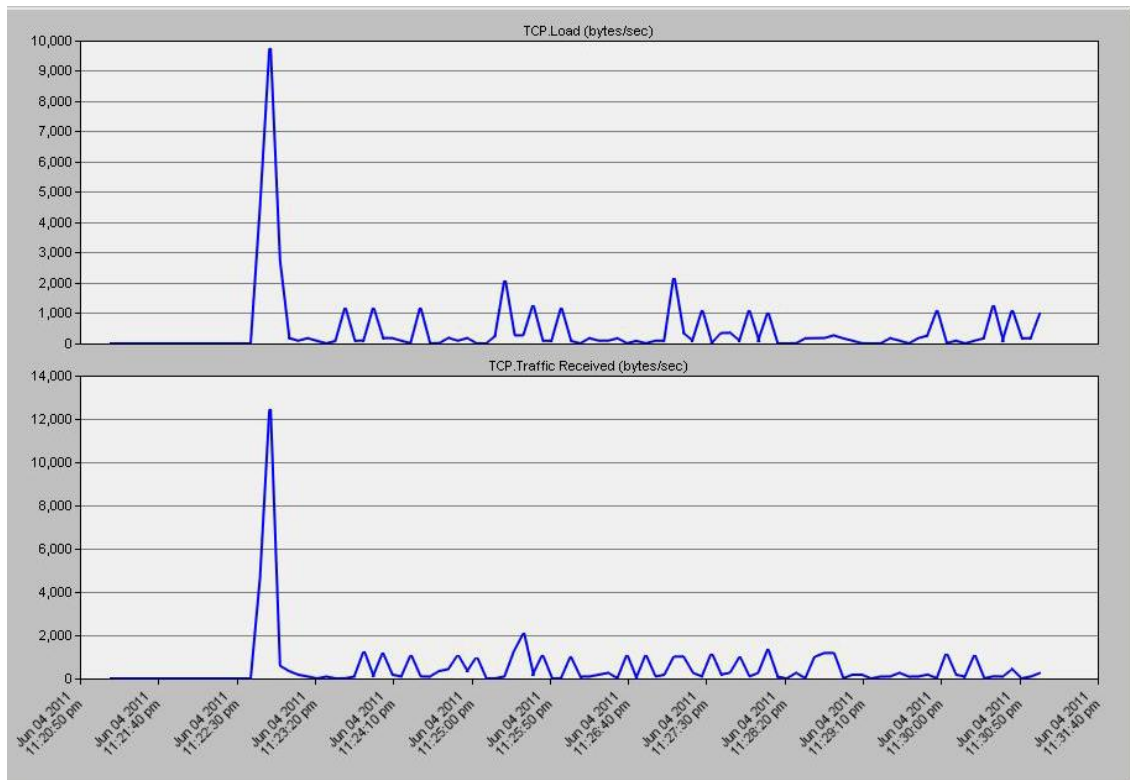


Figura 3.12 Carga TCP y Tráfico TCP recibido por el servidor.

Las pruebas de tráfico relacionado con el servicio de Base de Datos no se pudieron realizar directamente, pues el módulo SITL carece de este tipo de facilidad. Para simular la carga se utilizó un segundo escenario (Figura 3.13) donde se sustituyó una interfaz real por un servidor virtual.

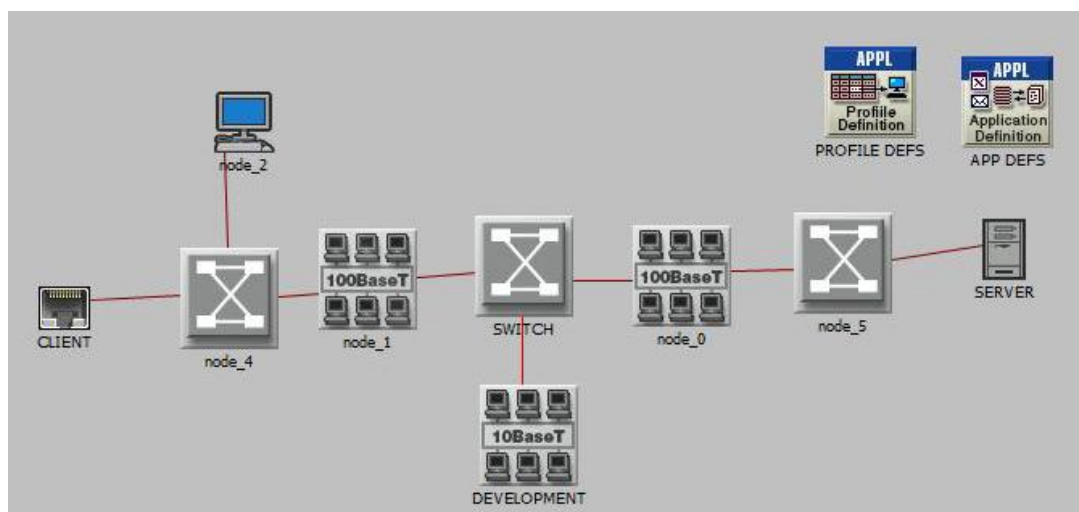


Figura 3.13 Escenario creado para el segundo experimento.

Las gráficas generadas en este caso se muestran en la Figura 3.14 donde se puede observar que para una configuración ligera de acceso a la base de datos, el tráfico promedio recibido es de aproximadamente 150 bytes/seg, mientras que el tráfico promedio enviado es de 110 bytes/seg, lo cual no presupone una carga considerable para el servidor.

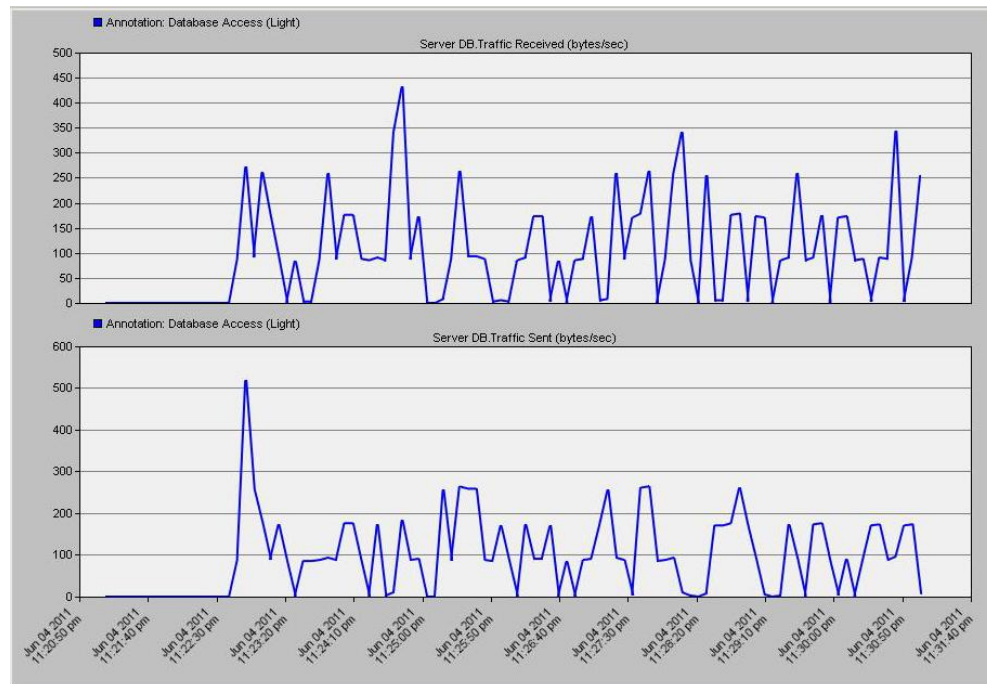


Figura 3.14 Tráfico enviado/recibido por el servidor de Base de Datos.

3.3 Comprobación del sistema en un entorno real

La utilización de herramientas de simulación es el primer paso de comprobación que se le realiza a un producto que tenga la intención de ponerse en explotación en entornos de red reales y que requieran una alta estabilidad por la importancia de los servicios que presta.

En este trabajo se realizó un tercer experimento, el cual consistió en mantener un monitoreo online del sistema durante varios días. Durante ese tiempo se mantuvieron enviando imágenes al servidor, realizando consultas a la base de datos y accediendo a los datos clínicos mediante la interfaz Web utilizando el protocolo WADO para solicitarle el servicio de procesamiento de imágenes al servidor DCM4CHEE.

3.3.1 Software de monitoreo y análisis histórico

Para realizar un análisis del servidor, que nos permitiera obtener de manera sencilla resultados históricos del comportamiento de los enlaces mediante gráficas se seleccionó el software Munin. Algunas de las características de Munin se pueden ver en la tabla 3.1. (Borbor, Loaiza et al. 2009)

Tabla 3.1 Características de Munin.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="306 730 850 835">– Fácil de configurar e integrar, tanto en un solo host como en una red, plana o compleja. <li data-bbox="306 930 850 999">– Orientado a la autoconfiguración (munin-node-configure). <li data-bbox="306 1094 850 1163">– Diseñado para ser simple de extender a través de plugins. <li data-bbox="306 1257 850 1398">– Presenta información histórica que permite analizar tendencias, pero no permite a un usuario remoto ejecutar código (genera HTML estático) <li data-bbox="306 1493 850 1556">– Hace monitoreo periódico. (cada cinco minutos) 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="972 730 1383 940">– Recibe la información sin autenticación y en texto plano, lo cual no es adecuado si existe información confidencial o sensible <li data-bbox="972 951 1383 1094">– Sirve para recolectar datos estadísticos, pero no funciona como herramienta para emitir alertas.

Munin se divide en tres componentes principales:

- **Servidor:** Un demonio que corre en todas las máquinas monitoreadas, por default en el puerto 4949. Su función es configurar y llamar a los Plugins.

- **Plugins:** Cada uno de los agentes de recolección de datos que son invocados por Munin. Son también capaces de describir su función y configuración. (Figura 3.14)
- **Cliente:** Proceso que corre periódicamente (normalmente cada 5 minutos) desde un nodo central, interrogando a cada uno de los servidores y generando las páginas Webs con los resultados.

```

0 gwolf@malenkaya[1] ~$ /usr/sbin/munin-node-configure
Plugin      | Used | Extra information
-----
acpi        | yes  |
apache_accesses | no   |
apache_processes | no   |
apache_volume | no   |
apt         | no   |
apt_all     | no   |
courier_mta_mailqueue | no   |
courier_mta_mailstats | no   |
courier_mta_mailvolume | no   |
(...)
hddtemp_smartctl | no   |
if_         | yes  | eth1 eth2
if_err_     | no   |

```

Figura 3.14 Configuración de los Plugins de Munin.

3.3.2 Recoleccion y análisis de las estadísticas

Las capacidades de Munin para recolectar datos de los diferentes componentes de un servidor son prácticamente inagotables. Específicamente nos centramos solamente en algunos aspectos básicos: carga, uso de CPU, procesos y tráfico por las interfaces de red. Es importante destacar que en este caso el servidor estaba instalado con una versión de Linux (Ubuntu 10.04) por lo cual algunas de las gráficas eran un poco más complejas de interpretar y no se tomaron en cuenta a la hora de redactar este trabajo.

En el caso de la carga promedio del servidor (Figura 3.15) se puede observar que el comportamiento es estable, sobre un valor de 0.2 en el caso del día seleccionado, por otra parte la gráfica semanal muestra que la mayor carga ocurre en los primeros días de la semana lo cual está relacionado con los días que se realizan la mayor cantidad de pruebas en los centros médicos reales.

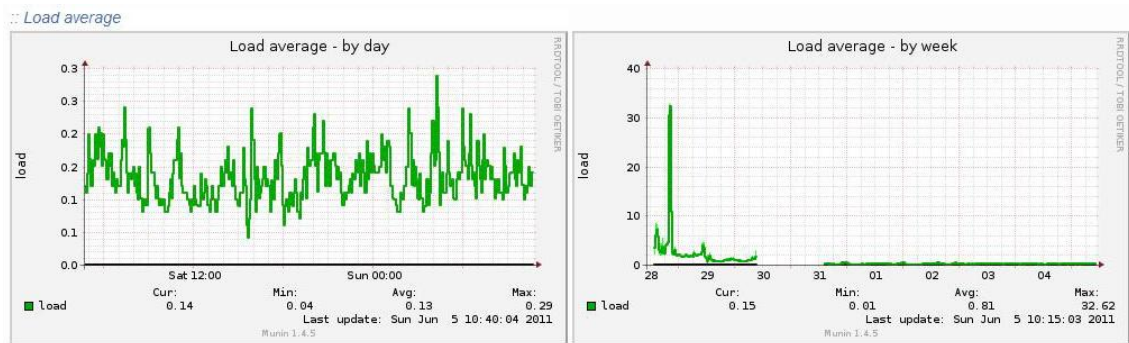


Figura 3.15 Carga promedio del servidor.

Para analizar el uso de la CPU es importante destacar que los servidores que se utilizaron son equipos de gama alta, con cuatro núcleos, de esta forma en la Figura 3.16 se puede ver que la CPU está funcionando al 30% de su capacidad, lo cual indica que puede soportar mucha más carga de trabajo sin ver afectado su rendimiento máximo.

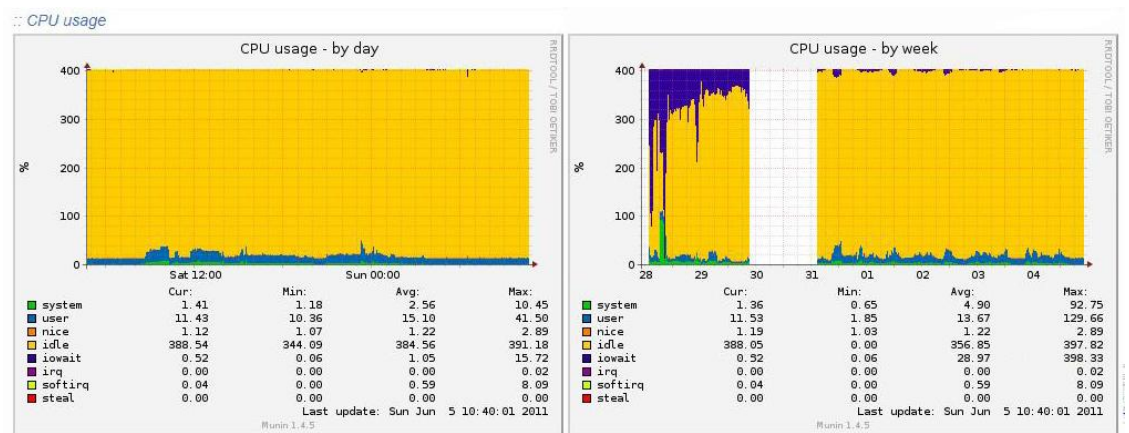


Figura 3.16 Uso de la CPU en el servidor.

En el caso de los Procesos (Figura 3.17) se puede ver que no existe ninguno parado, ni muerto, la mayoría están inactivos lo cual indica que el servidor está manteniendo una satisfactoria distribución de estos.

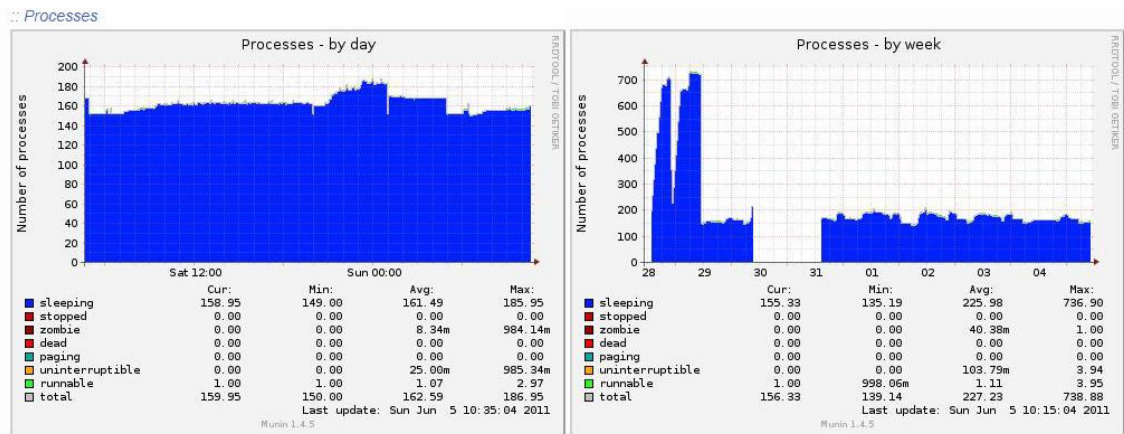


Figura 3.17 Estado de los Procesos en el servidor.

Por último tenemos la Figura 3.18, la cual nos muestra el comportamiento del tráfico a través de la interfaz de red eth0. En esta imagen podemos ver la existencia de picos que oscilan sobre los 60 Mbits/seg y que están asociados con la transmisión de estudios médicos que cuentan con varias series de imágenes, sobre todo aquellas que son generadas por equipos TAC de 128 cortes, que presuponen la utilización de mayor ancho de banda y por consiguiente generan mayor tráfico. En este caso se puede ver un equilibrio de cargas porque durante estas pruebas se estaba utilizando un visualizador especializado que está interactuando directamente con el equipo electromédico, lo cual significa que las imágenes son almacenadas en el servidor y mostradas en la interfaz gráfica de diagnóstico simultáneamente.



Figura 3.18 Uso de la interfaz de red eth0 en el servidor.

3.4 Conclusiones del Capítulo

El uso de herramientas de simulación constituye un fuerte aliado a la hora de comprobar la efectividad de un producto dentro de una infraestructura de red de cualquier tipo. En el caso particular de Opnet Modeler la presencia de módulos tan poderosos como el SITL nos demuestra la potencia de trabajo de un software profesional de esta envergadura. Como conclusión podemos mencionar que el sistema propuesto cumple con las expectativas de eficiencia, lo cual comprueba que la implementación práctica de éste no requiere de gastos extras en hardware, ni en software.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Aunque existen diferentes tipos de servidores PACS en el mercado internacional, la presencia de productos de calidad de este tipo en la red hospitalaria nacional continúa siendo una necesidad.
2. El servidor DCM4CHEE dentro del amplio universo del software libre, es la plataforma DICOM más robusta e integral que existe en estos momentos.
3. La utilización de visualizadores web permite extender el sistema a todas las computadoras de la red y en especial a las que tienen pocas prestaciones de hardware, lo cual significa una mejora sustancial en el acceso a la información diagnóstica por parte de los diferentes especialistas.
4. Se comprobó la importancia y necesidad de utilizar herramientas de simulación como el OPNET Modeler 14.5 para realizar pruebas que puedan contribuir a la evaluación del desempeño de los Sistemas PACS antes de ponerlos en explotación real.
5. Se observó la gran potencialidad que poseen los programas de monitoreo y análisis histórico de datos estadísticos, para comprobar el comportamiento de los servidores mientras están en uso, facilitando de esa forma realizar comparaciones objetivas de su desempeño con otros productos similares.

Recomendaciones

Una vez concluido el trabajo se proponen las siguientes recomendaciones:

1. Profundizar el estudio de nuevos sistemas PACS, buscando una integración con aquellas soluciones que se aplican de forma aislada dentro de la red hospitalaria nacional.

2. Considerar la implementación de módulos de seguridad más robustos que incluyan la protección de la transmisión de imágenes DICOM usando el protocolo SSL e integrarlos al sistema de monitoreo del ARR.
3. Considerar la utilización de los servicios de directorio LDAP, para mejorar los mecanismos de autenticación dentro de las redes médicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

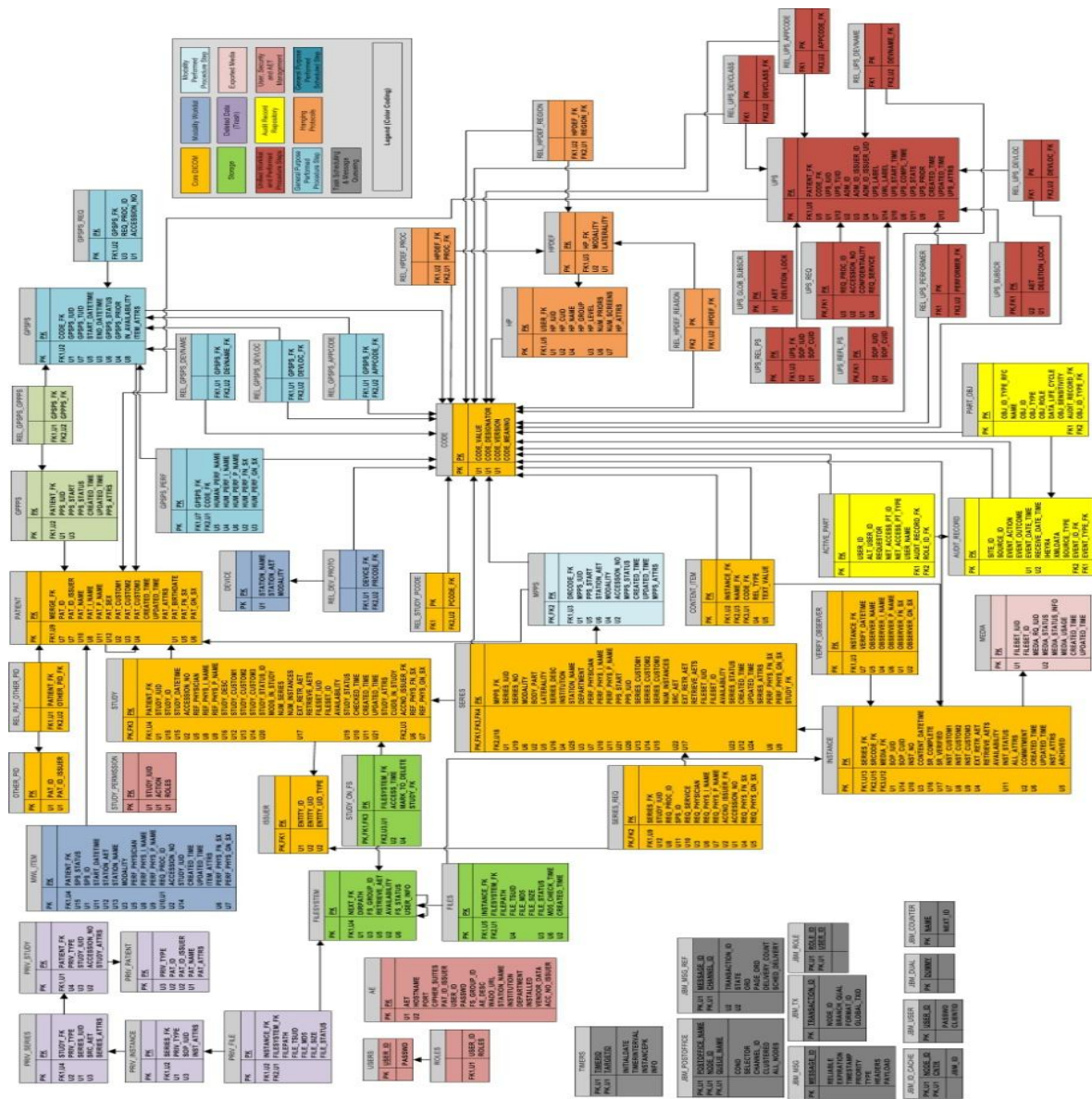
- Armando, J. H. and C. A. Cruz (2007). "Sistema PACS mínimo basado en el estándar DICOM."
- Bidgood, W. D., S. C. Horii, et al. (1997). "Understanding and using DICOM, the data interchange standard for biomedical imaging." Journal of the American Medical Informatics Association **4**(3): 199.
- Boochever, S. S. (2004). "HIS/RIS/PACS integration: getting to the gold standard." Radiol Manage **26**(3): 16-24.
- Borbor, W., A. Loaiza, et al. (2009). "Instalación y configuración de Software Open Source para monitorear el servicio y la carga de un sistema Asterisk."
- Carrión, L. T. F. and M. C. D. R. Betancourt (2004). "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SERVIDOR DE ALMACENAMIENTO, BÚSQUEDA Y RECUPERACIÓN DE IMÁGENES MÉDICAS."
- Cisco (2009). "Cisco Connected Imaging."
- Comer, D. E., H. A. A. Soto, et al. (1996). Redes globales de información con Internet y TCP/IP: Principios básicos, protocolos y arquitectura, Prentice-Hall Hispanoamericana.
- Chang-xing, C., G. Xiao-guang, et al. (2007). "Network Simulation Based on OPNET." Journal of Air Force Engineering University (Natural Science Edition): 02.
- Dcm4chee (2008). "DICOM Conformance Statement "
- Díaz, M. C. and R. M. L. Lloréis (2009). "Diagnóstico por la Imagen." Consulta de difusión veterinaria **17**(157): 68-73.
- DIVA, S. A. (2011). SLD160-ESTÁNDAR PARA LA COMUNICACIÓN DE IMÁGENES DIGITALES EN MEDICINA.
- Dreyer, K. J. (2006). PACS: a guide to the digital revolution, Springer Verlag.
- Eichelberg, M., J. Riesmeier, et al. (2004). Ten years of medical imaging standardization and prototypical implementation: The DICOM standard and the OFFIS DICOM Toolkit (DCMTK).
- Escayola, J., I. Martínez, et al. (2009). Recent Innovative Advances in Biomedical Engineering: Standard-Based Design for Ubiquitous p-Health, Ieee.

- Fleury, M. and F. Reverbel (2003). The JBoss extensible server, Springer.
- Gonzalez, R. C. and R. E. Woods (2002). "Digital image processing." Prentice Hall **42**: 46-69.
- Hecht, M. (2008). "PACS-Picture Archiving and Communication System." Vienna University of Technology, University of Paderborn.
- Horiil, S. C., F. W. Prior, et al. (2002). "DICOM: an introduction to the standard." Disponível na WWW, URL: <http://www.dicomanalyser.co.uk/html/introduction.htm>. Último acesso em 20.
- Huang, H. (2004). "PACS and imaging informatics." Editorial John Wiley & Sons.
- Hussein, S. E. (2009). Picture Archiving and Communication System Analysis and Deployment, IEEE.
- Labourey, S. and B. Burke (2002). "JBoss clustering." The JBoss Group.
- Law, M. Y. Y. and H. Huang (2003). "Concept of a PACS and imaging informatics-based server for radiation therapy." Computerized medical imaging and graphics **27**(1): 1-9.
- Maikel, S. D. (2011). SLD171-CALIB: FRAMEWORK PARA LA LECTURA, ESCRITURA, PROCESAMIENTO Y VISUALIZACIÓN DE IMÁGENES MÉDICAS.
- MAKSIMOV, M., B. Milan, et al. (2006). "Real World PACS for Radiology."
- Meryll, D. (2007). "PACS Mini Refresher Course." Image Archival Technologies.
- Meyer-Ebrecht, D. (2000). "Picture archiving and communication systems (PACS) for medical application." International journal of bio-medical computing **35**(2): 91-124.
- Mildenberger, P., M. Eichelberg, et al. (2002). "Introduction to the DICOM standard." European radiology **12**(4): 920.
- Mustra, M., K. Delac, et al. (2008). Overview of the DICOM Standard, IEEE.
- Nagy, P. (2007). "Open source in imaging informatics." Journal of Digital Imaging **20**: 1-10.
- Onrubia, J. (2006). Desarrollo Aplicaciones DICOM mediante librerías JDT(Java Dicom Toolkit). Bioinformática. Madrid: 217.
- Pianykh, O. S. (2008). Digital imaging and communications in medicine (DICOM): a practical introduction and survival guide, Springer Verlag.
- Potemans, J., B. den Broeck, et al. (2003). "Implementation of an advanced traffic model in OPNET Modeler." Department of electrical engineering–ESAT-TELEMIC division, Belgium.
- Power, D., E. Politou, et al. (2004). A relational approach to the capture of DICOM files for Grid-enabled medical imaging databases, ACM.
- R. Mullick, P. D. (2010). "Plug-ins: A Software Model for Biomedical Imaging & Visualization Research."

- Ronda, D., O. Ferrer, et al. (2001). iMagis: Sistema para la Transmisión de Imágenes Médicas Multimodales.
- Sánchez, M. L. and E. Encounter (2006). "Introducción a las Infraestructuras de Clave Pública-PKI."
- Taberner, R. (2010). "Sistemas de almacenamiento en fotografía clínica dermatológica." Actas Dermo-Sifiliográficas **101**(04): 307.
- Tachibana, H., M. Omatsu, et al. (2006). "Design and development of a secure DICOM-Network Attached Server." Computer methods and programs in biomedicine **81**(3): 197-202.
- Vasquez, A., S. Bohn, et al. (2007). Evaluation of open source DICOM frameworks.
- Vossberg, M., T. Tolxdorff, et al. (2008). "DICOM image communication in globus-based medical grids." Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on **12**(2): 145-153.
- Warnock, M. J., C. Toland, et al. (2007). "Benefits of Using the DCM4CHE DICOM Archive." Journal of Digital Imaging **20**: 125-129.
- Zapata, U. (2008). "RED PARA TRANSMISIÓN Y MANEJO DE IMÁGENES RADIOLÓGICAS." EAFIT.

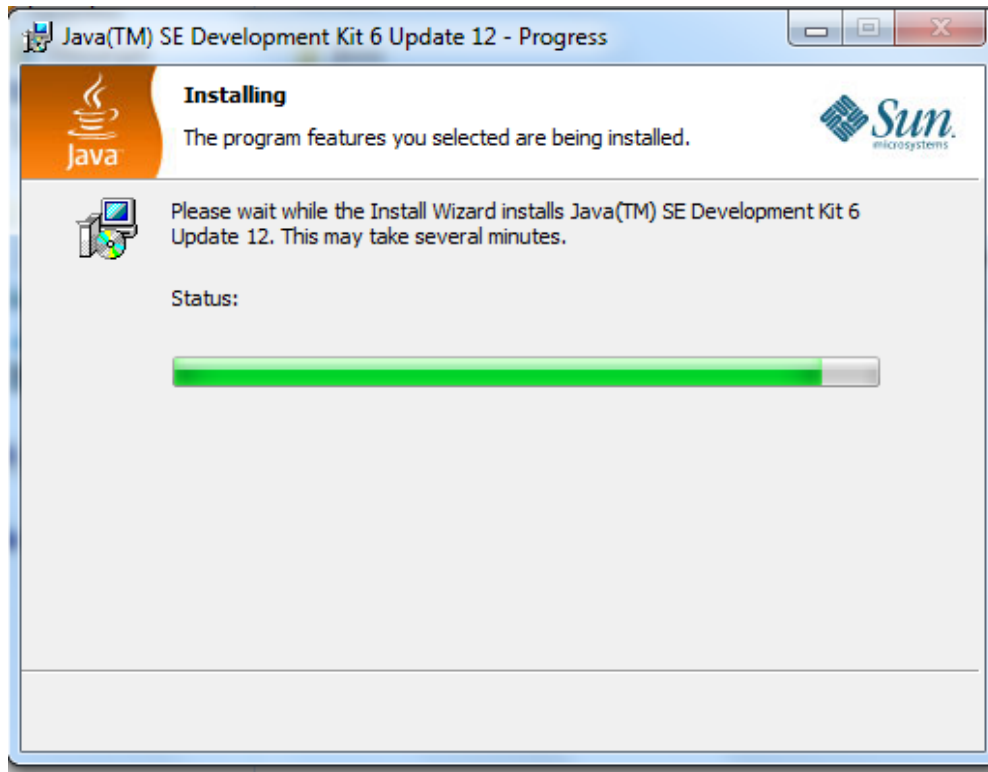
ANEXOS

Anexo I Diagrama Entidad-Relación de la Base de Datos de DCM4CHEE

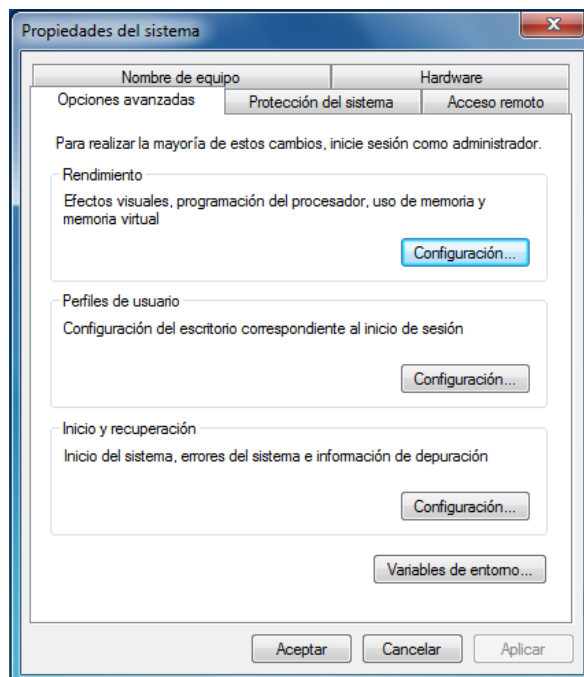


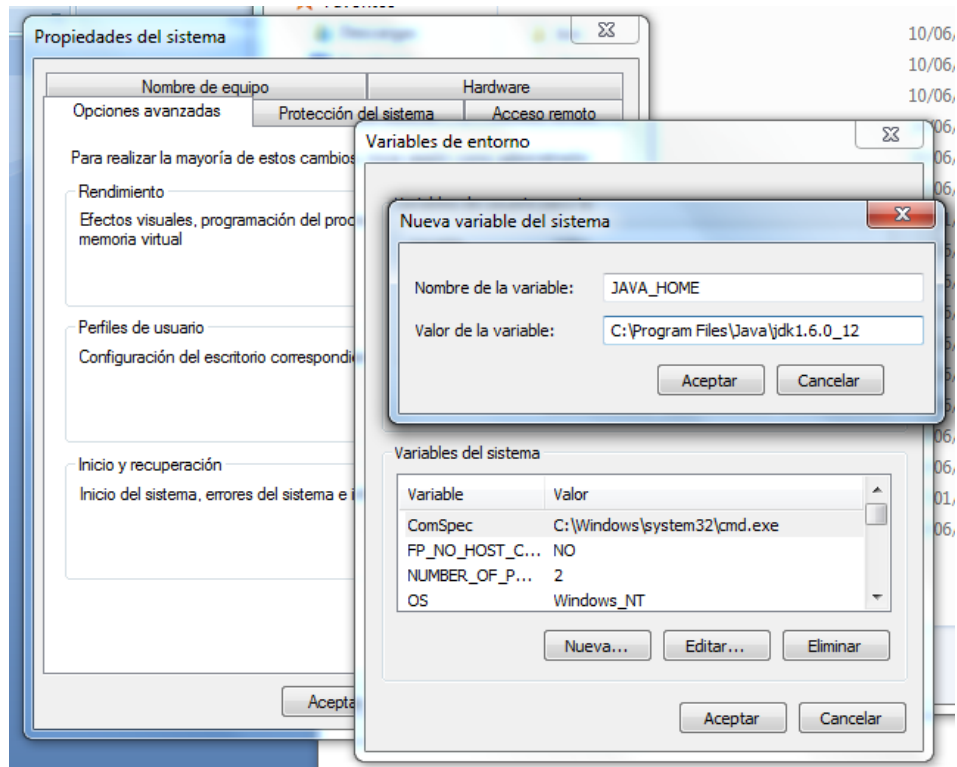
Anexo II Instalación paso a paso del servidor DCM4CHEE sobre Windows 7

1. Instalación de jdk-6u12 para Windows:

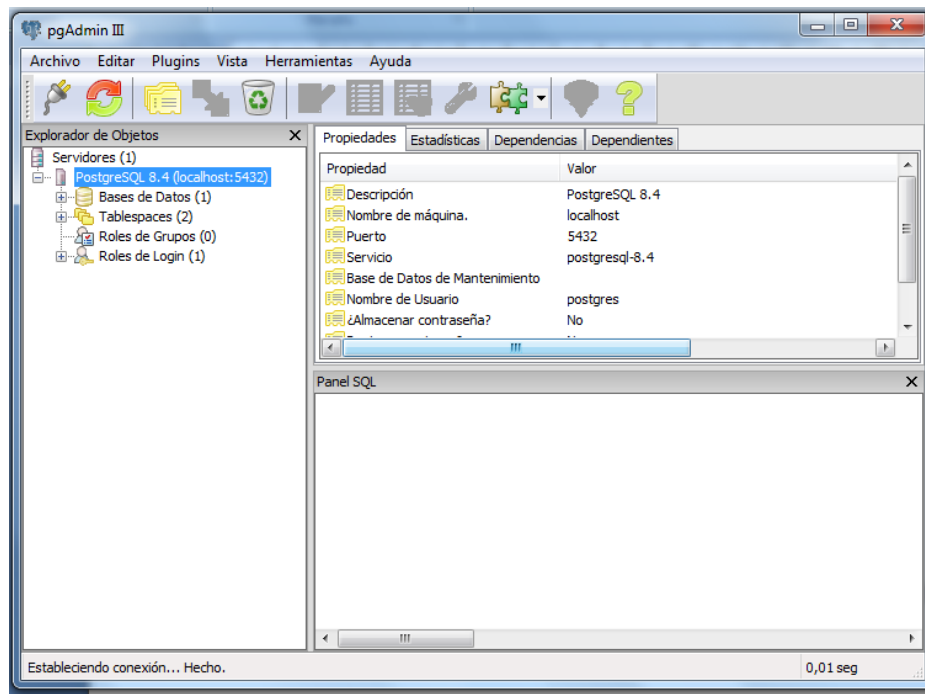


1.1 Configuración de las variables de entorno para Java:



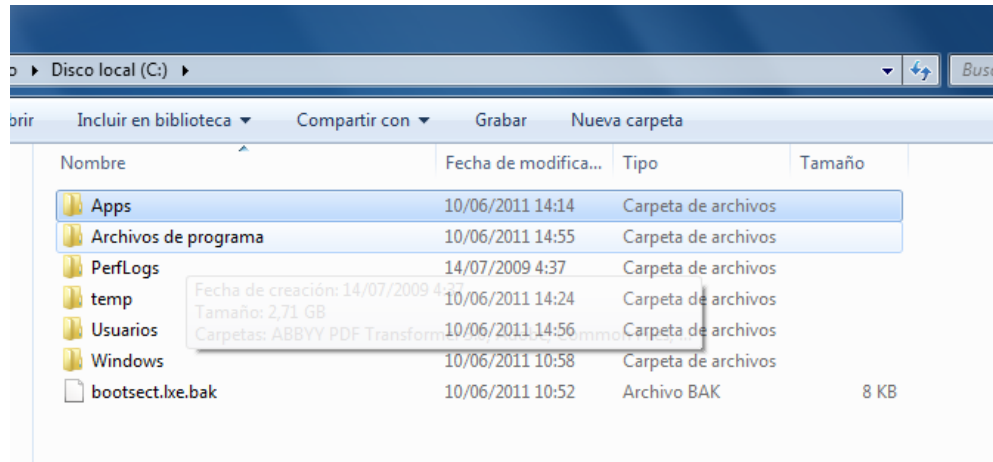


2. Instalación de PostgreSQL.v8.4.0-1:

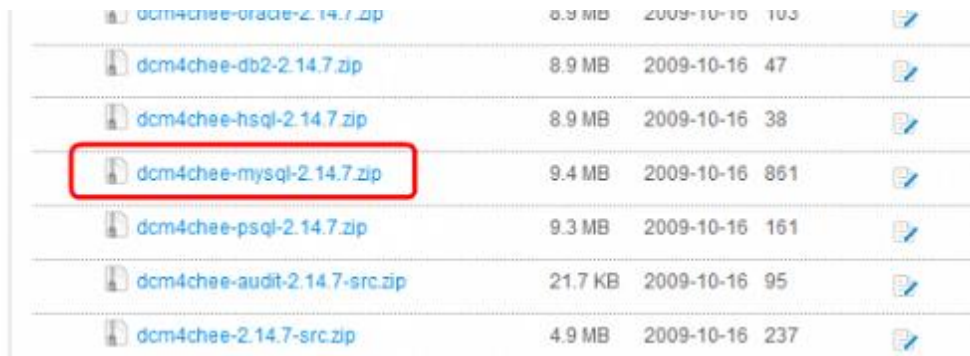


3. Instalación de dcm4chee:

Para instalar dcm4chee es recomendable crear una carpeta en la raíz del disco del Sistema Operativo (en nuestro caso creamos la carpeta C: //Apps)



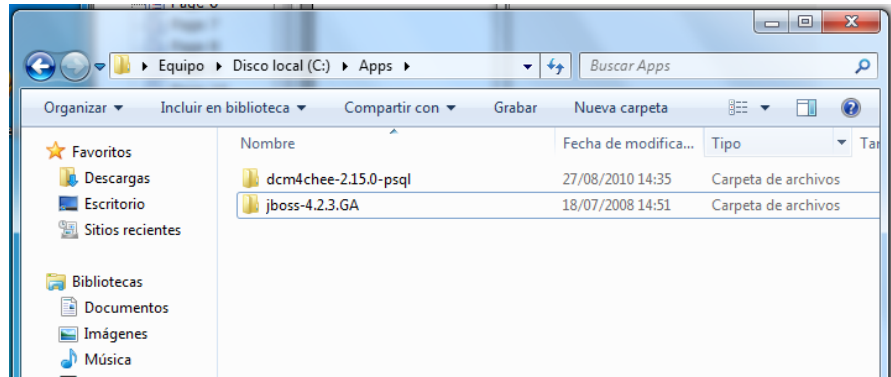
Seguidamente se copia el contenido del archivo *dcm4chee-2.15.0-psql.rar* y del archivo *jboss-4.2.3.GA* (ambos descargados de sourceforge.net)



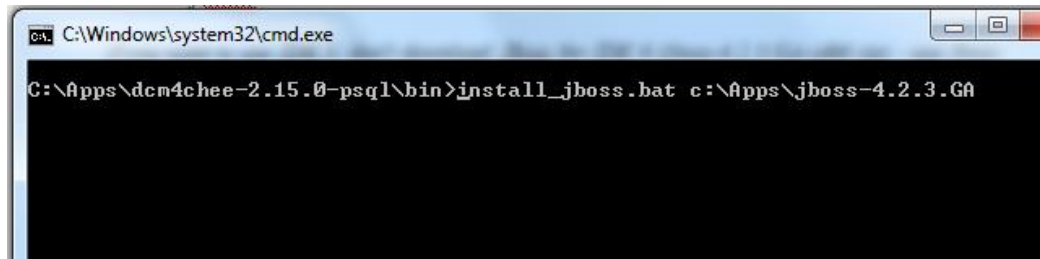
The screenshot shows a list of files in a directory. The files are:

Nombre	Tamaño	Fecha	Descargas
dcm4chee-oracle-2.14.7.zip	8.9 MB	2009-10-16	103
dcm4chee-db2-2.14.7.zip	8.9 MB	2009-10-16	47
dcm4chee-hsql-2.14.7.zip	8.9 MB	2009-10-16	38
dcm4chee-mysql-2.14.7.zip	9.4 MB	2009-10-16	861
dcm4chee-psql-2.14.7.zip	9.3 MB	2009-10-16	161
dcm4chee-audit-2.14.7-src.zip	21.7 KB	2009-10-16	95
dcm4chee-2.14.7-src.zip	4.9 MB	2009-10-16	237

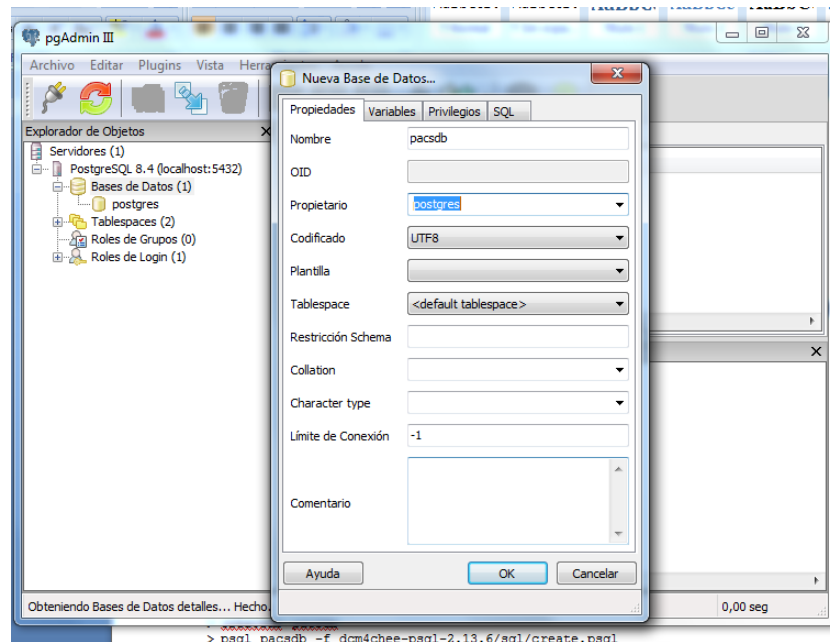
The file 'dcm4chee-mysql-2.14.7.zip' is highlighted with a red rectangular box.



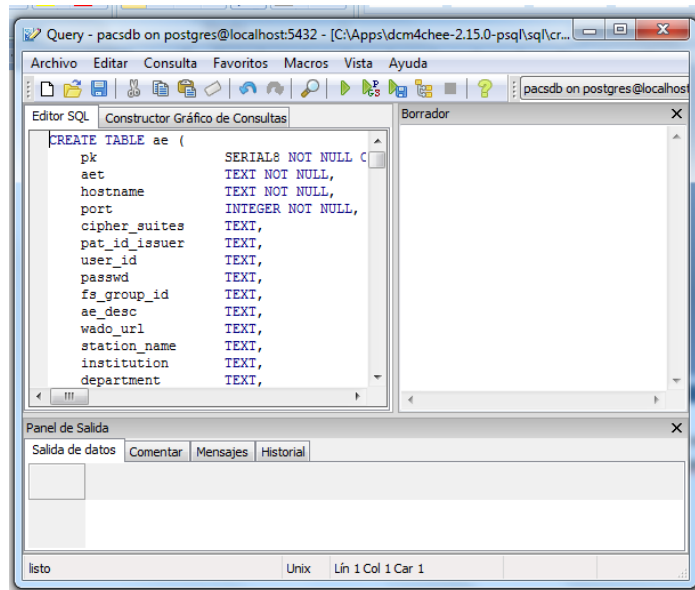
La instalación de dcm4chee se realiza mediante la ejecución de un script que se llama desde la consola de la forma que se muestra en la figura siguiente:



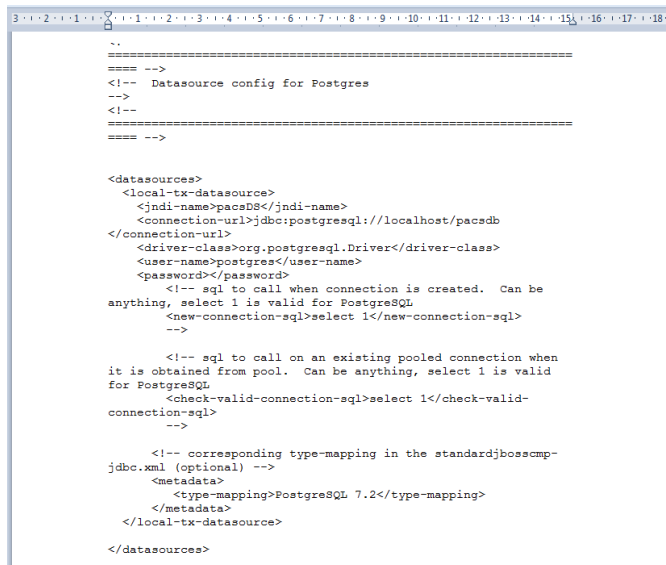
4. Creación de la Base de Datos:



Después de creada la base de datos procedemos a importar los datos que se distribuyen dentro del archivo ***dcm4chee-2.15.0-psql.rar*** con el nombre: ***create.psql***

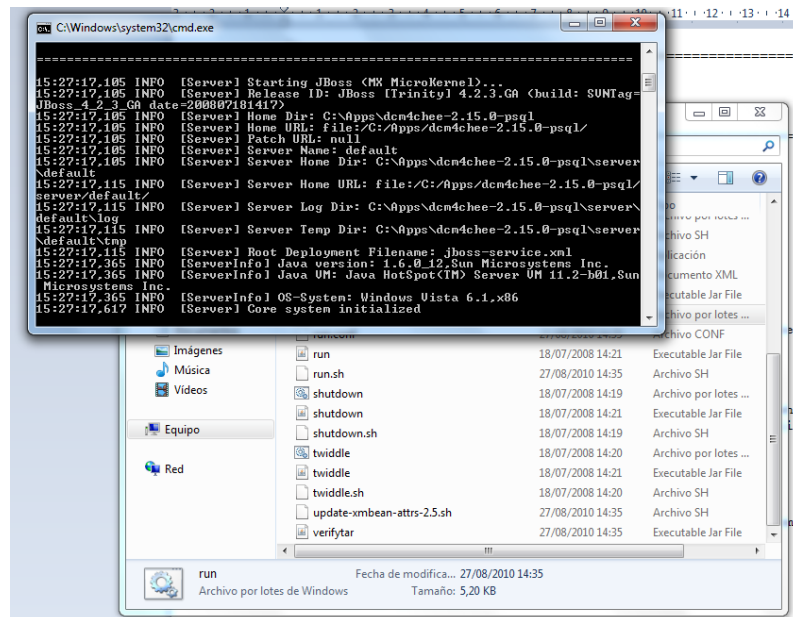
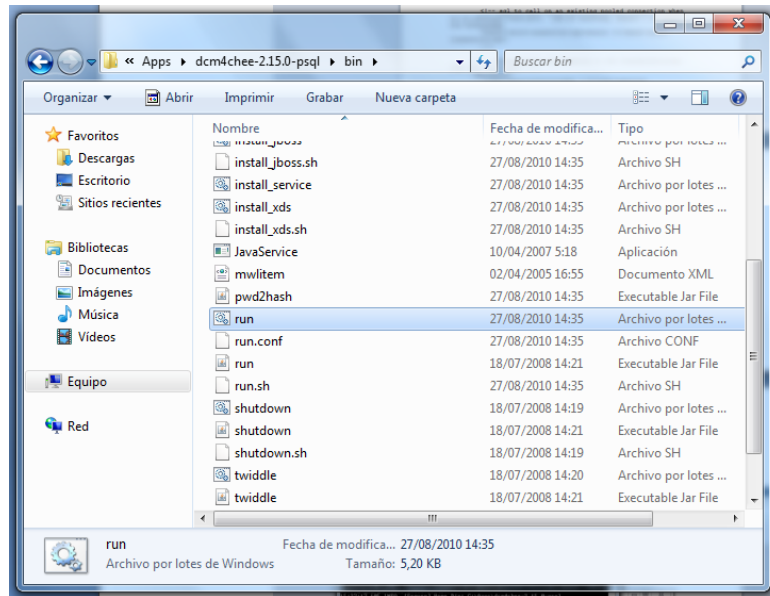


Después editamos el fichero ***pacs-postgres-ds.xml*** que se encuentra dentro de la carpeta ***\dcm4chee-2.15.0-psql\server\default\deploy*** donde le modificamos el campo ***<password>*** para tener los privilegios necesarios para modificar la base de datos.



5. Inicio de los servicios de red:

Por último se ejecuta el script `run.bat` que se encuentra en la carpeta `C:\Apps\dcm4chee-2.15.0-psql\bin`



6. Acceso a la interfaz web:

GLOSARIO

AAL: ATM Adaptation Layer. Capa de Adaptación de ATM.

AAPM: American Association of Physicists in Medicine.

ABR: Available Bit Rate. Velocidad de Bit Disponible.

ACR: American College of Radiology.

Angi-C: Cardiología Angiográfica.

Angi-R: Radiología Angiográfica.

ANSI: American National Standards Institute. Instituto Nacional Americano de valores estándar. Esta organización aprueba los valores estándar norteamericanos para computadoras y comunicaciones además de otras áreas. Los valores aprobados son llamados estándares ANSI.

API: Acrónimo de Application Programmer's Interface.

Bit: Elemento binario. Unidad de información más pequeña.

Bps: Bits por segundo. Medida de la velocidad de transmisión de datos en la transmisión serie.

Bridge: Puente. Dispositivo que conecta dos o más redes físicas que utilizan el mismo protocolo de comunicaciones y encamina paquetes de datos entre ambas. Trabaja a nivel MAC.

Buffer: (también memoria tapón) – dispositivo de almacenamiento. Usado corrientemente para compensar diferencias en la velocidad de transmisión de datos o en la señal de reloj de eventos cuando se transmite de un dispositivo a otro.

Byte: Conjunto de, normalmente, 8 bits que representa un carácter. Unidad básica de información con la que trabajan los usuarios de ordenador.

CBM: Centro de Biofísica Médica.

CR: Radiografía computarizada.

CT: Tomografía computarizada.

DF: Fluoroscopia Digital.

DICOM: Estándar de Comunicación e Imágenes Médicas (Digital Imaging and Communications in Medicine).

DR: Radiografía Directa.

DUL: Acrónimo de DICOM Upper Layer.

FD: Película digitalizada.

Gigabit Ethernet: También conocida como GigE, es una ampliación del estándar Ethernet (Concretamente la versión 802.3ab y 802.3z del IEEE) que consigue una capacidad de transmisión de 1 Gigabit por segundo, correspondientes a unos 1000 megabytes por segundo de rendimiento contra unos 100 de Fast Ethernet.

HIE: Acrónimo de Health Information Exchange.

HIS: Sistema de Información Hospitalario (Hospital Information Systems).

HL7: Acrónimo de Health Level Seven.

HTTP: Hypertext Transport Protocol (Protocolo de transporte de hipertexto). Protocolo para mover documentos de hipertexto a través de Internet. Usado por WWW.

ICCAS: Innovation Center Computer Assisted Surgery.

IE: Acrónimo de Information Entity.

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers. Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos.

Interfaz: Conexión entre dos sistemas o dispositivos.

Internet: Se refiere a un conjunto de redes conectadas mediante enrutadores.

IOD: Definición de objeto de Información (Information object definition).

IOM: Acrónimo de Information Object Module.

MB: Acrónimo de Mega byte.

MRI: Resonancia Magnética.

NEMA: National Electrical Manufacturers Association.

NEMA: National Electrical Manufacturers.

NM: Medicina Nuclear.

OSI: Open Systems Interconnection.

PACS: Sistema de almacenamiento y comunicación de imágenes (Picture Archiving and Communications System).

RIS: Sistema de información de Radiología (Radiologic Information Systems).

RSNA: Sociedad Radiológica de Norte América (Radiological Society of North America).

SCP: Acrónimo de Service Class Provider.

SCU: Acrónimo de Service Class User.

SOP: Acrónimo de Service Objetc-Pair.

UID: Acrónimo de Unique Identifier.

US: Ultrasonido.

VOI: Acrónimo de Value of Interest.

VR: Acrónimo de Value Representation.