

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**FUNDAMENTOS DE PACS HOSPITALARIOS Y ESTUDIO
DE FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACION EN HOSPITAL**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRONICO

PRESENTADO POR:

WILLIAMS ANTONIO MIRANDA BEAS

**PROMOCIÓN
1991- I**

**LIMA – PERÚ
2006**

**FUNDAMENTOS DE SISTEMAS PACS HOSPITALARIOS Y ESTUDIO
DE FACTIBILIDAD PARA SU IMPLEMENTACION EN HOSPITAL**

*Dedico este trabajo
a mi esposa Luz por su paciencia y comprensión,
a mis hijos Brenda y Diego Alonso, que me inspiran
a lograr mayores metas y recompensan mis sacrificios,
y a mis padres, que alumbraron mi camino.*

SUMARIO

El presente informe muestra los fundamentos de los sistemas PACS que integran tecnologías de la información de uso general (Ej. LAN, WAN, Base de datos, etc.) y tecnologías de la información de uso solamente en el entorno hospitalario (Equipos de Rayos X, Tomógrafos, Estaciones de Trabajo, Protocolos DICOM, HL7, etc.).

La Introducción nos reseña la imagen médica digital, las modalidades y advierte la necesidad del almacenamiento de imágenes. A continuación, el capítulo I muestra aspectos tecnológicos del PACS, sus modelos y la integración hospitalaria. Asimismo se indican consideraciones de la infraestructura de red y almacenamiento.

Los capítulos II y III muestran las consideraciones de diseño de hardware y software en un PACS. Mención especial al subtítulo 3.2 Protocolo Dicom que permite la conectividad digital de los diversos equipos multimarca en el PACS.

El capítulo IV da cuenta de un PACS de Referencia, el primero del Perú instalado en la Clínica Ricardo Palma.

El capítulo V trata del estudio de la propuesta para implementar un PACS en el departamento de radiología del Hospital Essalud G. Almenara para luego derivar en una propuesta técnica de especificaciones vía el documento básico RFP para una solución PACS a la medida.

El capítulo VI trata del análisis de la factibilidad económica de la propuesta anterior.

Finalmente se adjunta un glosario de términos y acrónimos que aclaran conceptos.

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO I

TECNOLOGÍA DE LOS SISTEMAS PACS

1.1.	Fundamentos de un Sistema PACS	3
1.1.1	Adquisición de Imágenes	4
1.1.2	Red de Comunicación	5
1.1.3	Visualización de Imágenes e Interpretación	5
1.1.4	Almacenamiento de Imagen y Recuperación	6
1.1.5	Interfaz de Datos de Paciente	7
1.2.	Entorno del PACS	7
1.3.	Modelos de PACS según ubicación de archivo	9
1.3.1	Modelo de PACS Centralizado: Archivo Local de Imágenes Médicas	9
1.3.2	Modelo de PACS Descentralizado: Archivo Remoto vía ASP	11

CAPITULO II

CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DEL HARDWARE

2.1.	Infraestructura de Red	13
2.2.	Infraestructura de Almacenamiento	14
2.2.1	DAS	14
2.2.2	NAS	15
2.2.3	SAN	15
2.3.	Dispositivos de Almacenamiento	18
2.3.1.	Almacenamiento “en línea”	18
2.3.2.	Almacenamiento “próximo en línea”	21
2.4	Software de Gestión de Almacenamiento	22
2.4.1	SAM-FS (Storage & Archive Manager – File System)	22

CAPITULO III

CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE SOFTWARE

3.2	Protocolo Dicom	28
3.2.1	Servicios DICOM	28
3.2.2	Objetos DICOM	30
3.2.3	SOP y UID en DICOM	30
3.3	Compresión	32
3.4	Seguridad	33
CAPITULO IV		
PACS DE REFERENCIA		
4.1	Clínica Ricardo Palma - Perú	34
CAPITULO V		
PROPUESTA DE PACS PARA HOSPITAL G. ALMENARA -ESSALUD		
5.1	Marco de Referencia	36
5.2	Situación Actual del Dpto. de Diagnóstico por Imágenes del HNGAI	37
5.2.1	Departamento de Diagnóstico por Imágenes	38
5.3	Propuesta Técnica de Implementación en el HNGAI	41
5.3.1	Dimensionamiento de Memoria “en línea”	41
5.3.2	Documento Básico RFP para el PACS del HNGAI	44
CAPITULO VI		
ANALISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONOMICA DE LA PROPUESTA		
6.1	Análisis Económico-Financiero del PACS en el HNGAI	47
6.1.1	Escenario Normal de la Implementación PACS	50
6.1.2	Escenario Optimista de la Implementación PACS	50
6.1.3	Escenario Pesimista de la Implementación PACS	51
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
	Conclusiones	56
	Recomendaciones	57
	ANEXO A - Cuadro Comparativo de PACS Comerciales	58
	ANEXO B - Visión de la arquitectura del PACS del HNGAI	60
	ANEXO C - Distribución Física de ambientes del Dpto. de Imagenología	62
	ANEXO D - Distribución Geográfica de la Red Asistencial Almenara	65
	ANEXO E - Glosario	67
	BIBLIOGRAFIA	71

INTRODUCCIÓN

Las imágenes médicas son fundamentales para los procedimientos diagnósticos en medicina. Ellas han proveído no solamente un medio no invasivo de visualizar las secciones anatómicas de órganos, tejidos, huesos y otras características de pacientes, sino también un medio para que los médicos evalúen a los pacientes y monitoricen los efectos del tratamiento en el tiempo, además los investigadores se benefician de ellas para el estudio de las enfermedades y diversas patologías. Por tanto, los beneficios del adecuado almacenamiento y administración de la información de la imagen médica resultan cruciales para los fines arriba indicados.

Las imágenes médicas se generan en una amplia gama de equipos de imagenología como tomografía axial computarizada (CT), resonancia magnética (MRI), la mamografía digital, etc., y ellos generan una cantidad enorme de datos de imagen e información médica importante. Por ejemplo consideremos un solo estudio de CT compuesto de 30 imágenes de 512x 512 x16 bits [REF 2] donde cada examen pesará aproximadamente 15 MB; Mientras que para un estudio de mamografía de 4 imágenes de 4K x 6K x 12 bits, la cantidad de datos crece a 200 MB por examen. Así, teniendo en cuenta tamaños de imagen típicas podemos estimar que, para un Centro Hospitalario convencional, la cantidad de datos anuales puede estar entre cientos de Gigabytes (GB) y algunos TeraByte (TB).

Para un Centro de Investigación médico, el énfasis puede estar desde la generación de la imagen hasta el post-proceso y gestión de datos, esto teniendo en cuenta que un equipo investigador puede generar aún más imágenes procesadas y otros datos a partir de la imagen original después de varios análisis y post-procesamiento. Esto hace suponer que los investigadores necesitarán almacenar aún mayor cantidad de datos por estudio.

Un almacén de datos de imágenes médicas está volviéndose una necesidad crítica. Este almacén puede contener registros de pacientes, incluyendo la información demográfica,

historia médica, datos clínicos, conjuntamente con sus relativas imágenes diagnósticas e imágenes de post-proceso.

Debido al volumen grande y complejidad de los datos, así como a los diferentes requerimientos de acceso de usuarios, la implementación del sistema de archivo de imágenes médicas será una tarea compleja y desafiante, en particular con un sistema que sea escalable y “actualizable” en el tiempo.

El propósito del presente trabajo es mostrar los fundamentos de esta tecnología en la actualidad, consideraciones de diseño y configuración, analizar un caso de estudio: Factibilidad de un sistema PACS en el Hospital Nivel IV Guillermo Almenara de Essalud”. Aquí se propondrá el documento inicial RFP, en el que se especifican las características del PACS propuesto, y que puede ser presentado a concurso público de adquisición.

Actualmente, el Hospital Nivel IV Guillermo Almenara – Essalud tiene una inmediata necesidad de contar con un almacén digital para su Departamento de Diagnóstico por Imágenes, con el fin de almacenar y poner disponibles una gran cantidad de imágenes médicas a sus médicos. Este almacén está estimado inicialmente en 4TB de memoria “online” para un total de 17 equipos de diagnóstico por imágenes en 4 modalidades iniciales (XRAY, US, CT, NM).

CAPITULO I

TECNOLOGÍA DE LOS SISTEMAS PACS

1.1 Fundamentos de un Sistema PACS

PACS son los acrónimos en inglés de: Picture, Archiving and Communication Systems y son sistemas que consisten de varios dispositivos electrónicos conectados a una red de computadoras para facilitar la gestión de las imágenes médicas provenientes de varios equipos médicos de diagnóstico por imágenes, llamados también modalidades de imagen (Ej. XRAY, MR, TC). Otras funciones incluyen almacenamiento, recuperación, manipulación y visualización de imágenes médicas en una red. También permite, vía protocolos (Ej. HL7), la integración del sistema de gestión de la imagen con los sistemas de información de radiología (RIS) y otros sistemas de información clínicos de otros departamentos del hospital (Ej. LIS).

PACS consiste de adquisición y almacenamiento de imágenes, comunicación, procesamiento, distribución, y visualización de la información de paciente. Su infraestructura consiste de componentes del hardware como: interfaces con los dispositivos de imagen, dispositivos del almacenamiento, computadoras centrales, redes de comunicación y sistemas de visualización, que son integrados por una red y software para la comunicación, gestión de base de datos y de almacenamiento, y monitoreo de red. El sistema ofrece un eficiente medio de visualización, análisis y documentación de los resultados de estudios en beneficio de los médicos referentes.

La película radiográfica ha sido usada tradicionalmente para capturar, almacenar y mostrar imágenes radiográficas en el hospital. Hoy, muchas modalidades radiológicas generan imágenes digitales que pueden ser vistas directamente sobre monitores. Muchos expertos creen que es solo cuestión de tiempo para que el PACS reemplace dicho sistema tradicional. El archivo digital eliminará la necesidad de salas de archivo repletas de

películas con el peligro de perderlas. El PACS ha demostrado que incrementa la productividad del departamento de radiología y del hospital, por la gestión electrónica de datos de la imagen digital. El sistema provee un medio eficiente para archivo, recuperación y visualización de la data digital, y tiene 3 grandes ventajas sobre el método tradicional de visualizar y almacenar imágenes basado en películas:

- 1.- Habilita la distribución de datos e imágenes médicas a través de una red de computadoras.
- 2.- Habilita el archivo electrónico y recuperación de los datos de imagen.
- 3.- Habilita consultas interactivas entre los radiólogos y otros médicos sobre la red.+

La figura 1.1 muestra una configuración típica de PACS que consiste de:

- (1) Adquisición de imagen, (2) Redes de comunicación, (3) Visualización de la imagen e interpretación, (4) Almacenamiento de la imagen y recuperación, y finalmente la
- (5) Interfaz de datos de paciente.

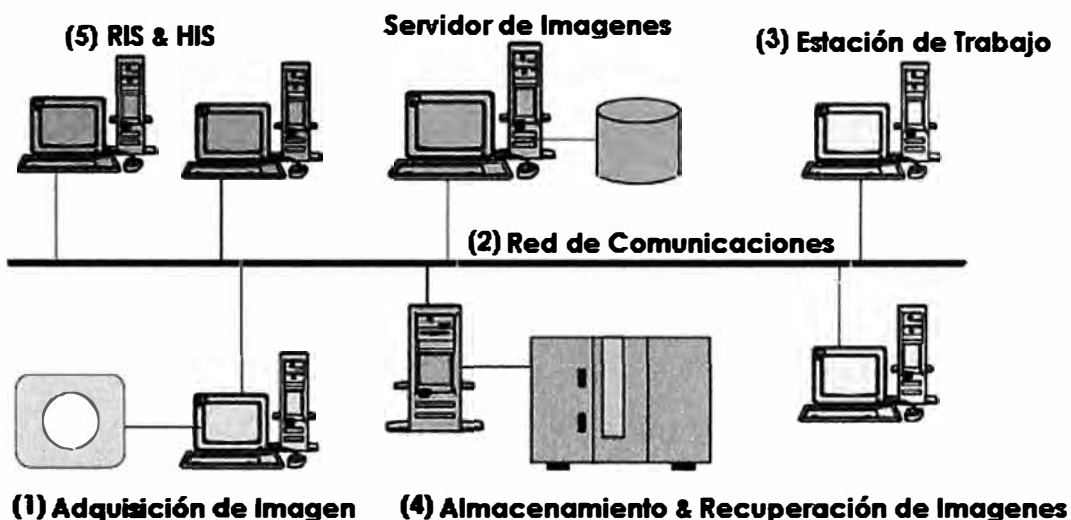


Fig. 1.1 - Configuración Típica de un PACS

A continuación se indican 5 funciones básicas de un PACS:

1.1.1 Adquisición de Imágenes: La adquisición digital de imágenes requiere adaptar el PACS a las modalidades de imagen digital tales como CT, MRI, CR, DR, y digitalizador de películas. Las interfaces de modalidad requieren que los dispositivos que serán usados

cumplan con el estándar DICOM (acrónimo del inglés: Digital Imaging and Communication in Medicine). DICOM representa un estándar internacional de definiciones y métodos para transferir información e imágenes entre los dispositivos, asimismo promueve la interoperabilidad confiable entre diferentes módulos.

La adquisición de las imágenes tiene tres modalidades principales:

- Modalidad directa, son imágenes que se obtienen directamente en formato digital. Estas imágenes pueden provenir de sistemas como TC, RM, US, MN, etc.
- Modalidad a través de capturas secundarias, mediante digitalización a través de dispositivos de Radiografía Computada (CR) o por conversión análogo-digital.
- Modalidad a través de un conversor de protocolo (llamado Dicom Broker o Gateway), se usa para las modalidades digitales que no soportan el estándar Dicom.

1.1.2 Red de Comunicación: Es la red de comunicación digital para transmisión de imágenes y datos. La estructura de la red tiene un fundamental impacto en la velocidad de las estaciones de trabajo locales para mostrar imágenes nuevas y archivadas. La función de red del PACS requiere red LAN como WAN. La LAN habilita múltiples usuarios en una pequeña área para intercambiar, compartir, y transmitir imagen y datos sobre la red. Las WANs interconectan LANs a través de áreas geográficamente dispersas tales como hospitales y clínicas remotas y centros médicos académicos. La velocidad de datos en las LANs llegan hasta 1 Gbps (Gigabit Ethernet), mientras que la velocidad de datos en las WAN's está en el rango desde 128Kbps (ISDN) hasta 1.5Mbps (T1) o 155Mbps (ATM).

1.1.3 Visualización de Imágenes e Interpretación: Las Estaciones de Visualización están conectadas a través de la red del PACS. La calidad de imagen es medida por los niveles de luminancia, rango dinámico, distorsión, resolución y ruido. Las estaciones de visualización del PACS son de 3 tipos respecto de su funcionalidad:

- Alta Resolución para el diagnóstico primario (2K x 2.5K)
Se utilizan para visualizar imágenes de rayos X y reemplazar los negatoscopios.
- Media Resolución para la revisión clínica de imágenes (1K x 1.6K)
Son más apropiadas para visualizar imágenes de CT y MRI porque estas modalidades adquieren series de imágenes pequeñas.

- Baja Resolución para revisión general (512 x 512).

Las funciones interactivas permiten a los usuarios realizar manipulación y procesamiento de imagen con una interfaz de usuario amigable. Las funciones interactivas estándar incluyen: contraste, ampliación, pan, orientación de la imagen, inversión de escala de grises, lista de selección de pacientes, etc. Funciones más sofisticadas se incluyen en “paquete” como por Ej. MIPAV (Medical Imaging Processing, Análisis & Viewing) que incluye: registros de imágenes, segmentación, filtrado y transformación, etc.

1.1.4 Almacenamiento de Imagen y Recuperación: El archivo PACS debe incluir almacenamiento de largo plazo, corto plazo y una base de datos para la gestión de la imagen que haga uso de la Gestión de Almacenamiento Jerárquico (HSM). La mayoría de PACS emplean una estructura de almacenamiento jerárquico donde nuevas imágenes son almacenadas en un archivo local de disco duro (“en línea”) y las imágenes antiguas en un archivo distante de cintas (“fuera de línea”) para almacenamiento de largo plazo; y el HSM administra la migración de imágenes almacenadas y datos entre el subsistema de discos duros de alta velocidad, para almacenamiento de corto plazo, y el subsistema de cintas de baja velocidad, para almacenamiento de largo plazo.

La selección de la tecnología de archivo depende de arquitecturas y medios de archivo. Los medios de archivo pueden ser discos magnéticos, arreglo de discos RAID, discos ópticos o cinta magnética. La cinta lineal digital (DLT) es el medio favorito por ser asequible y confiable.

La arquitectura de archivo puede ser local, centralizada o distribuida. La tendencia de la tecnología de archivo ha sido hacia el archivo centralizado, interfaces Dicom y HL7, medio de cinta DLT y base de datos SQL; sin embargo en los últimos años la tecnología del archivo descentralizado está captando atención por su conveniencia financiera.

Otros aspectos a considerar en elección del PACS son: disponibilidad, escalabilidad, seguridad, tolerancia a fallos, respaldo y restauración. La obsolescencia es otro factor a considerar por lo que el sistema de almacenamiento debe ser capaz de migrar a futuras tecnologías.

1.1.5 Interfaz de Datos de Paciente: Las bases de datos del sistema de información hospitalario (HIS) y del sistema de información radiológico (RIS) deben ser capaces de adaptarse a la infraestructura de gestión de la imagen del PACS. HL7 es el estándar para el intercambio de datos electrónicos de la data textual médica. Fue creada para estandarizar el intercambio electrónico de información clínica, financiera y administrativa entre sistemas de computadoras independientes de las diferentes áreas del hospital.

1.2 Entorno de un Sistema PACS:

La Fig. 1.2 muestra una arquitectura hospitalaria 100% digital, sin películas y sin papeles, donde se muestran diferentes elementos. Así tenemos que el ingreso de los datos demográficos de paciente sería por el HIS, encargado también de las funciones administrativas y contables inter-departamentales, este HIS se comunica vía protocolo HL7 con:

- CIS (Sistemas de Información Clínicos) administra la información clínica en consultorios.
- RIS que administra la información del departamento de radiología
- LIS (Sistema de Información de Laboratorio Clínico) ídem, etc.

Las funciones de las Listas de trabajo de Modalidad (MWL) y las de reconocimiento de voz son responsabilidad del RIS que las administra. Este RIS recibe del HIS las órdenes de estudios por paciente, sin volver a ingresar datos demográficos y vía el servicio Dicom MWL distribuye vía red Dicom las órdenes de estudio a cada equipo diagnóstico (llamado Modalidad). Las imágenes resultantes son enviadas vía el servicio Dicom Store al archivo del PACS. Desde las Estaciones de Trabajo diagnósticas son solicitados los estudios para ser “informados” vía el servicio Dicom Q/R. Aquí se puede usar el reconocimiento de voz para digitalizar el informe oral e incorporarlo también al archivo del PACS. El Servidor Web soporta HL7 y Dicom, y tiene la función de permitir acceso vía Internet al archivo del PACS para la revisión de las imágenes, con algún nivel de compresión de datos.

Cuando existan sistemas propietarios de información que no soporten el protocolo HL7, entonces deberá contarse con “brokers” o interfaces que realicen la conversión de protocolos correspondiente. Lo mismo sucede si un dispositivo de imágenes no soporta

protocolo DICOM 3.0. Para esto los fabricantes OEM publican las Declaraciones de Conformidad Dicom que permiten analizar la inter-compatibilidad de los dispositivos.

Teniendo en cuenta que del 100% de la información médica, las imágenes representan más del 90% y la información de texto representa menos del 10% [REF 11], entonces resulta fácil predecir que al PACS también se pueden incorporar la Historia Clínica Electrónica, llamada también EMR.

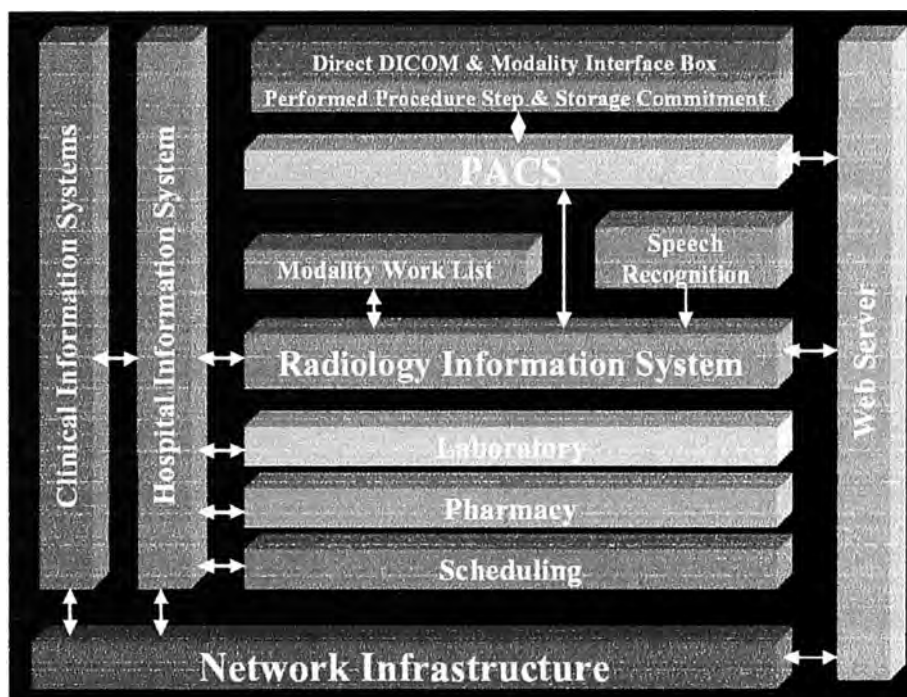


Fig. 1.2 – Arquitectura Hospitalaria 100% digital

1.3 Modelo de un los PACS según locación de archivo

La tecnología de los PACS tiene 10 años aproximadamente y va camino hacia la integración total de PACS/RIS/HIS. En la actualidad se existen 2 tendencias para los sistemas de PACS, que según la ubicación de su archivo central pueden ser:

- Modelo del sistema de archivo local de imágenes médicas
- Modelo del sistema de archivo remoto de imágenes (modelo ASP)

1.3.1 Modelo de PACS Centralizado - Archivo local de Imágenes Médicas:

La data es un activo corporativo sin precio que la organización necesita para ser capturada, gestionada interrelacionada y protegida. Como la data de imágenes médicas crece exponencialmente, se necesita un archivo digital de alto rendimiento, totalmente centralizado y automatizado, asimismo se necesita un sistema de almacenamiento con alta disponibilidad, gestión y recuperación. Los usuarios también están buscando una solución de almacenamiento que provea mejores tiempo de respuesta y disponibilidad de datos.

El sistema de archivos de imágenes médicas almacenará data activa (corto plazo) y data estática (largo plazo) en una combinación de alto y bajo costo para alcanzar un balance entre la entrega rápida y el bajo costo de almacenamiento. Se espera que inicialmente el volumen total de la data archivada será del orden de decenas de terabytes (TB), y desarrollará eventualmente a petabyte (PB).

Uno de los elementos claves de cualquier diseño de aplicación es la arquitectura del sistema. Describe como y que subsistema responderá e interactuará con otros. El sistema de imágenes médicas debe tener un diseño de arquitectura de tres capas (fig.1.3).

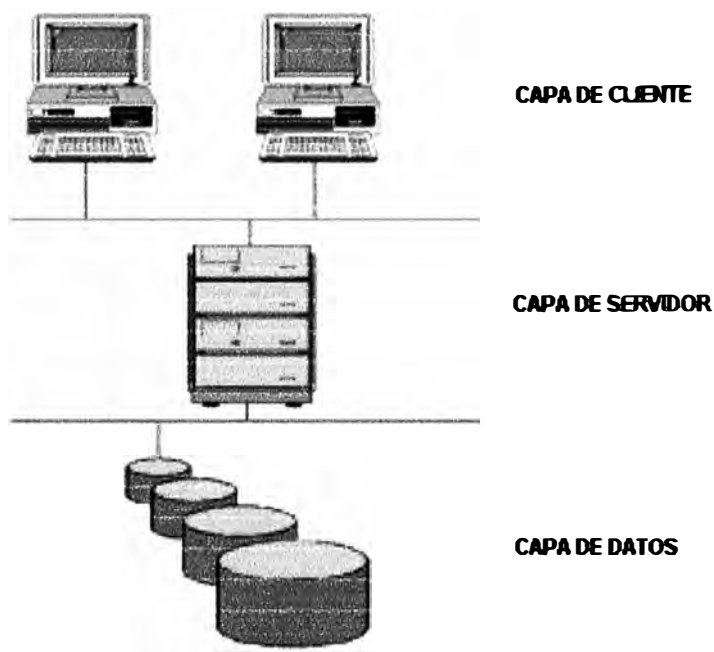


Fig. 1.3 – Arquitectura del Sistema de 3 capas

a) La capa repositorio de datos, interactúa con la data usualmente almacenada en una base de datos o en un medio de almacenamiento permanente. Debería ser capaz de administrar el archivo y recuperación de los datos automáticamente (backup, restore, HSM, etc.), además del acceso de datos inmediato y transparente.

b) La capa del servidor de aplicación o capa lógica de negocios, consiste de reglas de datos y de negocios para asistir en la compartición de recursos. Las reglas de negocios son ejecutadas en el sistema de almacenamiento de datos para manipular la base de datos. Debería ser capaz de gestionar todo el proceso de flujo de trabajo desde la adquisición de datos hasta los repositorios de datos y automatizar la carga, archivo y subsecuente visualización y entrega de la data de imagen médica.

c) La capa de cliente o capa de interfaz de usuario, da un acceso de usuario a la aplicación. Esta capa presenta datos de paciente e imágenes al usuario para manipulación de datos y entrada de datos. Los dos tipos principales de interfaz de usuario para esta capa son la aplicación tradicional y la aplicación basada en la Web. Debería ser capaz de proveer recuperación de datos versátil con un índice de gestión comprensible de archivos y una interfaz gráfica de usuario para acceso de datos sin interrupciones, también debe proveer manipulación y visualización.

La arquitectura de tres capas lleva por si misma a tres fases distintas que corresponde a las diferentes capas respectivamente:

1. Identificación de la plataforma de hardware de almacenamiento y sistema de gestión de almacenamiento jerárquico.
2. Desarrollo de una base de datos médica del tipo : relacional-objeto, orientado a objetos o relacional avanzado.
3. Construcción de una inteligente capa interfaz de usuario que permita a los usuarios capturar, gestionar indexar, interrelacionar, y manipular cualquier imagen médica.

1.3.2 Modelo de PACS Descentralizado - Archivo Remoto vía ASP:

El creciente rol del PACS ha mejorado significativamente los servicios hospitalarios de apoyo al diagnóstico médico donde ha sido eficazmente implementado, sin embargo la inversión en el PACS puede resultar inalcanzable para algunas instituciones, que optan por soluciones menos riesgosas y costosas; para estos casos existen los ASP's (proveedores de servicio de aplicación).

Cabe enfatizar que toda implementación de PACS no tiene el éxito asegurado, no por la tecnología sino por el real compromiso de las personas involucradas en los nuevos procesos que vienen asociados a todo PACS, y esto va desde el personal técnico y administrativo hasta los directivos del hospital. Así se saben de grandes inversiones en Sistemas PACS que fracasaron por el factor humano. Por esto muchos centros hospitalarios, exploran una gama de posibilidades de sistemas PACS de acuerdo a su realidad y enfoque estratégico. Generalmente, los vendedores de PACS ofrecen el modelo ASP como una solución alternativa para bajar el costo de entrada hacia el costoso modelo PACS. Los proveedores de ASP proveen soluciones de archivo y distribución de imágenes diagnósticas para instituciones médicas como un servicio para eliminar infraestructura de almacenamiento de imágenes, así como su administración y soporte técnico "in situ".

En este modelo las aplicaciones son accesibles en la red sobre la base de suscripción. Asimismo este modelo acelera implementaciones, minimiza gastos y riesgos incurridos a través del ciclo de vida de las aplicaciones, y vence la escasez crónica de personal técnico calificado "in-situ". Otros significativos beneficios que el ASP provee: un solo punto de soporte, baja inversión, permite personal no especializado de IT local, protección de la obsolescencia de hardware y software, rápida implementación y escalabilidad.

En Europa y Estados Unidos, hay también hospitales que están empleando un sistema PACS pero también desarrollando un modelo ASP. Ellos han encontrado que ASP es la mejor manera de archivar información médica de paciente. Ellos no están solamente ahorrando dinero al dejar de comprar más dispositivos de almacenamiento, sino que ellos están ahorrando dinero en personal de IT. Ellos hacen eso manteniendo un gran espacio de almacenamiento "en línea" con terabytes de RAID, el cual es suficiente para mantener los

mas recientes casos “online”. Los estudios previos y más antiguos son archivados en las instalaciones del ASP, fuera del hospital, vía Internet. Este repositorio externo trabaja como si fuera local. Con una línea T1, un estudio de 50 MB puede tomar 5 minutos aprox. para descargar. Con ATM esta descarga puede tomar entre 1 a 2 minutos.

Muchos vendedores (GE Medical Systems, Siemens Medical Systems, etc.) proveen tales soluciones PACS ASP para sus clientes, en los cuales estos clientes adquieren las Estaciones de Trabajo diagnósticas y el almacenamiento temporal “in-situ”, mientras que los servicios de archivo permanente “fuera de línea” y servidor web “fuera de línea” son proveídos por el ASP desde su ubicación. Como las necesidades de los clientes crecen a futuro, las ASP pueden fácilmente expandirse para crecer también, almacenándose millones de imágenes por año, sin obsolescencia de equipos o costosas actualizaciones. El cliente paga solamente por el uso del sistema a un determinado costo por estudio. Esto es generalmente más económico que el costo del estudio “en película”.

En el mundo de las Tecnologías de la Información para la Salud, el modelo ASP es una herramienta poderosa que añade flexibilidad y escalabilidad, sin embargo esta en sus primeras etapas de adopción y desarrollo. La Fig. 1.4 muestra una configuración típica de solución PACS vía ASP.

Cabe mencionar que en nuestro país, y a la fecha, todavía ningún proveedor de PACS o empresa se anima a brindar este servicio a los centros hospitalarios.

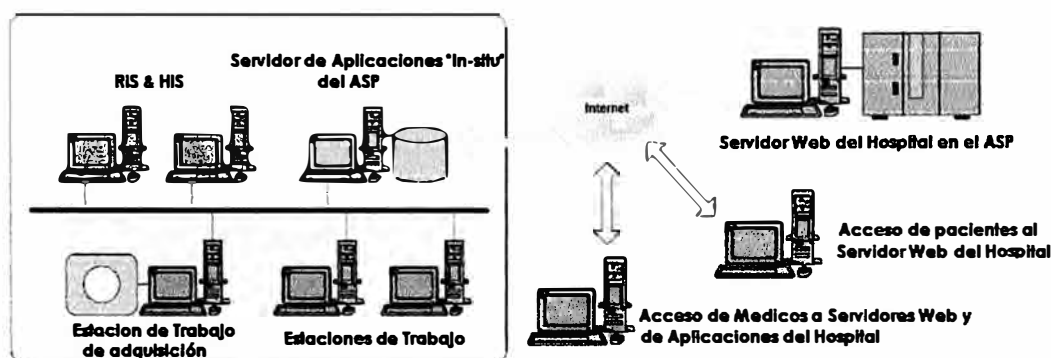


Fig. 1.4 – Típica configuración de ASP

CAPITULO II

CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE HARDWARE

2.1 Infraestructura de Red

La red debe tener suficiente ancho de banda para soportar la distribución de bases de datos multimedia, las interfaces de usuario gráfica para una consulta y recuperación (Q/R) de la base de datos, y la entrega misma de muchas imágenes y gráficos médicos.

Un típico adaptador Ethernet comunica a 10/100 Mbps. Adicionalmente se tienen los siguientes métodos de transmisión de comunicaciones más usados:

a) Línea T1, típicamente especificado a 1.544 Mbps, sin embargo esta velocidad no esta garantizada absolutamente, esta considerado muy confiable. Pero el costo es muy alto para muchas organizaciones.

b) Red Digital de Servicios Integrados (ISDN) ofrece ratios de transferencia de 64 Kbps. Se llega a conseguir 128 Kbps por la combinación de 2 canales. Es considerado muy confiable, pero su velocidad es baja comparada con las otras tecnologías.

c) Línea de Suscripción Digital (DSL), soporta una transferencia de data teórica de hasta 20 Mbps, pero la real tasa de transmisión usualmente varía dependiendo de: la calidad del cable, la distancia desde la estación de conmutación de la Cía. telefónica, el sistema operativo usado y el tipo de modem.

d) Frame Relay es un protocolo de conmutación de paquetes que conecta dispositivos en una WAN. Soporta tasa de transmisión desde 56Kbps hasta 45 Mbps (T3). Es considerado tan confiable como T1, usualmente mas barato y permite escalabilidad de velocidades de transmisión.

Por ejemplo, en una red Ethernet a 100Mbps (=12.5MBps) se tendrá que para recuperar un estudio médico típico de 50 MB tomará 4 segundos aproximadamente (obviando datos de cabecera), análogamente un estudio de 500MB tomará un minuto en ser recuperado. La tabla 2.1 [REF 2] compara los tiempos de transmisión de utilizando diferentes enlaces para un grupo de imágenes médicas con un peso digital total de 500MB (obviando datos de cabecera):

TABLA 2.1 – Modos de Transmisión de Datos

Mode	Rate (bits / sec)	Duration
Gigabit Ethernet	1.000M	4 seconds
ATM	155 M	26 seconds
Fast Ethernet	100 M	40 seconds
ADSL	2.0 M	33.33 minutes
T1	1.5 M	44.44 minutes
ISDN	128 K	8.68 hours
Modem	56 K	19.84 hours

2.2 Infraestructura de Almacenamiento:

Hay 3 métodos existentes para conectar el almacenamiento a una red de computadoras: Almacenamiento Adjunto Directo (DAS), Almacenamiento Adjunto de Red (NAS) y Red de Area de Almacenamiento (SAN).

2.2.1 DAS : Son dispositivos de almacenamiento tales como discos duros (Ej. RAID) que están directamente conectados a una computadora cliente a través de varios adaptadores con protocolos de software estandarizados tales como SCSI y otros. Este es el método convencional para conectar almacenamiento a un servidor. Esta arquitectura, representada en la Fig. 2.1, no es una topología de red; no fue diseñado para enlazar múltiples computadoras en una misma red de datos común.

Mientras que la tasa de transferencia de datos para interconexión de DAS ha crecido desde 20 MBps para SCSI-2 hasta 100 MBps para Canal de Fibra (FC); la tasa de transferencia de datos para interconexión de redes ha crecido desde 12.5 MBps (100Base-T) hasta 128 MBps (Gigabit Ethernet). Así, el cuello de botella de la tasa de transferencia de datos ha cambiado desde la red al servidor y su DAS.

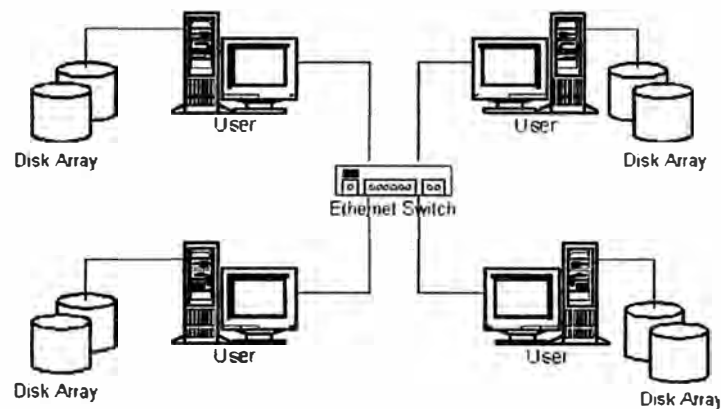


Fig 2.1 - Configuración de Red DAS

2.2.2 NAS : Son dispositivos de almacenamiento que sirven datos directamente sobre una red. Responde a los requerimientos de entrada/salida de archivos solicitados por clientes a través de la red. El NAS tiene un sistema de archivos que provee un almacenamiento dedicado conectado a la LAN, accesible a una variedad de plataformas a través de protocolos de software estandarizados tales como Network File System (NFS) para UNIX y Commom Internet File System (CIFS) para Windows. Los sistemas NAS fueron diseñados para realizar una tarea eficientemente: servidor de archivos, sin la complejidad y demora de los servidores de propósito general. La Fig. 2.2 representa una configuración NAS.

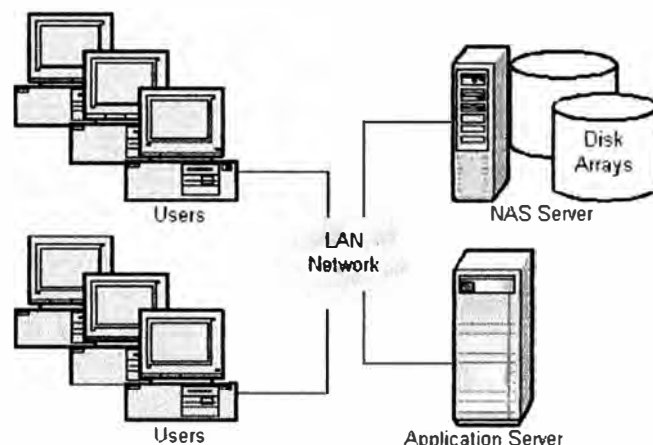


Fig. 2.2 - Configuración de Red NAS

2.2.3 SAN : En vez de colocar dispositivos de almacenamiento directamente sobre la red, la SAN tiene su propia red entre el subsistema de almacenamiento y el servidor. Esto

proporciona conectividad propia entre todos los recursos de la SAN. Cualquier servidor puede potencialmente comunicarse con cualquier dispositivo de almacenamiento.

A la SAN, representada en la Fig. 2.3, se le reconoce alta disponibilidad y rendimiento, gestión centralizada, y por su diseño la capacidad de ahorrar ancho de banda de la LAN, como en las exigentes operaciones de BackUp y Restore. Esto libera la LAN para comunicación normal de datos.

Mientras que las LANs pueden hacer un buen trabajo de soportar acceso de usuarios a los servidores, estas mismas LANs no son ideales para proveer a los servidores acceso a los sistemas de almacenamiento. Las LANs deben proveer respuesta rápida a mensajes de requerimientos de los usuarios, y favorecer transmisiones cortas antes que largas o continuas transmisiones de datos.

Los dispositivos de almacenamiento de las SAN no están dedicados a algún servidor específico como si lo están en una configuración LAN. Así los dispositivos de almacenamiento son externos a los servidores individuales, permitiendo subsistema de almacenamiento de gran escala para ser compartido entre múltiples servidores. La arquitectura de la SAN separa y direcciona tráfico de red para la LAN y tráfico de red para la SAN.

En una SAN, una variedad de servidores se conectan a una variedad de dispositivos de almacenamiento vía Canal de Fibra (FC). FC es una arquitectura de red y de transporte. Proporciona un estándar para redes, almacenamiento y transferencia de datos. FC combina tecnología de canal y de red, para crear una red para transferencias rápidas de grandes volúmenes de información. FC actualmente ofrece tasas de transferencias de hasta 100 Mbps en cada dirección de la fibra.

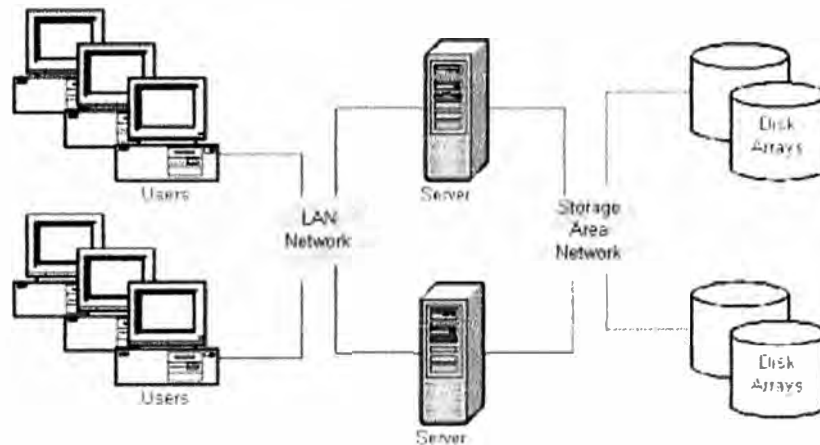


Fig. 2.3- Configuración de Red SAN

El elemento clave del dispositivo NAS es un servidor optimizado o archivador. En este servidor reside el sistema de archivos y gestiona el direccionamiento de datos. Esto difiere de la SAN donde el sistema de archivos reside en cada Host o servidor y los volúmenes de almacenamiento son anexados a servidores específicos, además el sistema operativo del servidor gestiona el direccionamiento de datos. La tabla 2.2 resume las comparaciones:

TABLA 2.2 – SAN versus NAS

	SAN	NAS
Transporte de Red	Canal de Fibra	Ethernet
Protocolo de Red	FCP, SCSI serial	NFS, CIFS
Fuente/Destino	Servidor/Dispositivo	Cliente/Servidor Servidor/Servidor
Objetos a Transferir	Nivel de Bloques	Nivel de Archivos
Conexión entre equipos de almacenamiento	HBA	Adaptador Lan
Sistema de Archivos	El sistema de archivos esta localizado en servidor de aplicaciones	El sistema de archivos está localizado en el almacenamiento
Costo Total	Alto	bajo
Interoperatividad	Switches y dispositivos de almacenamiento de diferentes vendedores pueden no trabajar en misma SAN	NAS basadas en módulos IP/Ethernet son actualmente interoperables
Múltiples sistemas operativos (S.O.)	SAN son volúmenes basados en particiones	Soporta múltiples S.O. de servidor simultáneamente

Actualmente, Las LANs no tienen el rendimiento necesario para algunas aplicaciones de almacenamiento, sin embargo, como estas desarrollan hacia 1-10 Gbps, la tendencia de construir una nueva red separada será menos necesaria.

2.3 Dispositivos de Almacenamiento:

Hay muchos tipos de almacenamiento electrónico que están caracterizados por una variedad de capacidades, tiempos de acceso y costos. El almacenamiento ideal será el que ofrezca alta capacidad y rendimiento, integridad de datos, flexibilidad, compatibilidad y el costo mas bajo por GB de almacenamiento.

2.3.1 Almacenamiento “En Línea”:

Un dispositivo RAID consiste de varios discos magnéticos usados en grupos. El almacenamiento RAID se ha convertido en parte esencial de las estaciones de trabajo y servidores debido a su capacidad, velocidad, confiabilidad y costo. Los sistemas de almacenamiento basados en RAID emplean una variedad de redundancia de datos y métodos de restauración de datos para mantener el acceso a los datos críticos.

La mayoría de niveles RAID envuelven una técnica de almacenamiento conocida como “data stripping”. Stripping es un método de mapeo de datos a través de un arreglo de unidades de disco. La data es subdividida en segmentos consecutivos o “stripes” que son escritos secuencialmente a través de múltiples discos. Hay diferentes niveles de RAID. Los más comunes son 0, 1, 3, 5 y 0+1:

a) RAID 0: Arreglo de Discos sin tolerancia a Fallos

Implementa un arreglo de “discos en tiras”, la data es partida en bloques y cada bloque es “escrito” a un disco separado. El rendimiento de I/O es mejorada repartiendo la carga de I/O a través de muchos discos en el arreglo desde operaciones de lectura y escritura que pueden ser realizadas simultáneamente. RAID 0 provee alto rendimiento de escritura pero no es tolerante a fallas. La falla de un disco ocasionará que se pierda la data de todo el arreglo. No se recomienda para datos críticos como los médicos.

b) RAID 1: Arreglo de Discos con técnica de Reflexión y Duplicación

Es la forma más simple de arreglo tolerante a fallos. Este arreglo consiste de múltiples juegos de datos almacenados en 2 o más discos. El controlador debe realizar 2 lecturas separadas concurrentes por par reflejado o 2 escrituras duplicadas por par reflejado. Si una falla de disco ocurre, la data todavía puede ser recuperada de los otros discos del RAID. “Reflejar” es caro desde que dobla los requerimientos de almacenamiento, pero ofrece confiabilidad. La Fig. 2.4 grafica su diseño.

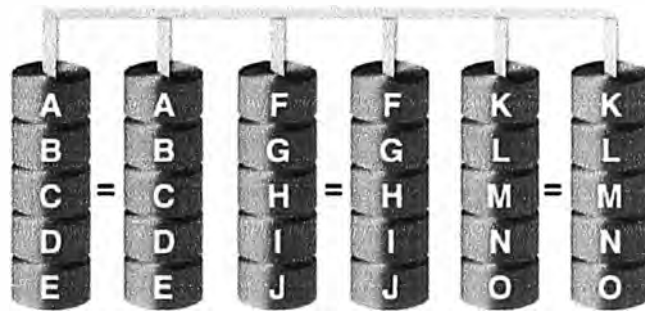


Fig 2.4 – Configuración RAID 1

c) RAID 3: Arreglo de discos con técnica de transferencia paralela con paridad

Igual que el RAID 0, pero también reserva un disco dedicado (disco de paridad) para corrección de errores. Espacia la data al nivel de bit a través de los discos del arreglo. Usa información de paridad para recuperación de data y la almacena en un disco de paridad dedicado. Provee buen rendimiento y nivel de tolerancia a fallos básico. RAID 3 es bueno para aplicaciones que requieren alta tasas de transferencia para un archivo simple y grande.

d) RAID 4: Arreglo de Discos Independientes con disco de paridad compartida

Similar a RAID 3, emplea disco de paridad, sin embargo utiliza “block stripe” en vez de nivel de bit a través del arreglo de discos. Si un bloque en un disco se daña, el disco de paridad es usado para recalculer la data en dicho bloque, y el bloque es mapeado hacia una nueva ubicación en el disco.

e) RAID 5: Arreglo de Discos Independientes con bloques de paridad distribuidos

Es ampliamente usado. Representado en la Fig. 2.5, es similar al RAID 3 excepto que la información de paridad se distribuye entre todos los discos del arreglo en vez de un disco

de paridad dedicado. Debe haber al menos 3 discos en el arreglo para funcionar como RAID 5. Asimismo, RAID 5 es la configuración más común para proveer protección de disco, mas económicamente que el RAID 1. El controlador del RAID realiza cálculos de paridad dinámicamente. También lo caracteriza los buses independientes SCSI que permiten a la data ser transferida en paralelo al disco parte del arreglo RAID.

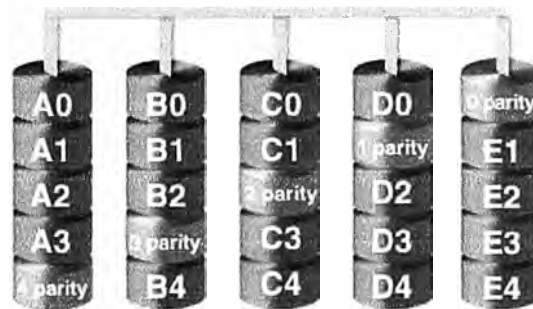


Fig. 2.5 – Configuración RAID5

La principal desventaja de RAID 5 es que no es práctico añadir un simple disco al arreglo por la distribución de la paridad. Así si una implementación RAID 5 usa un arreglo de 4 discos, entonces las ampliaciones serán también de 4 discos de una vez.

f) RAID 0+1: Arreglo de Discos con transferencia de datos de alto rendimiento

Emplea una combinación de técnicas “segmentación de discos” (RAID 0) y “reflexión” (RAID 1). Esta configuración provee alto rendimiento y confiabilidad, pero es muy cara.

Como el costo de disco duros decrece, entonces a futuro llegará ha preferirse la técnica de RAID con redundancia en vez del RAID basado en paridad.

Muchos PACS y ASPs adoptan RAID 1 para sus SAN’s mientras que para sus NAS’ eligen RAID 5.

Los datos e imágenes médicas son críticos en el entorno hospitalario, por lo que elige su almacenamiento en discos RAID muy confiables, sin embargo es importante realizar backups de base de datos y aplicaciones. Para Respaldo (Backup o “almacenamiento Próximo en Línea”) un medio más económico es deseable, pero al costo del mayor retraso en la recuperación de las imágenes.

Generalmente menos del 10% de la data puede ser almacenada “En línea” y el remanente 90% puede ser almacenado “Próximo en Línea”. Para tan altos requerimientos de almacenamiento una librería de cintas robótica (llamado “Jukebox”) es empleada con datos almacenados en discos MOD, CD, DVD o en cintas DAT, DLT, etc. Aunque las cintas magnéticas tienen la desventaja de acceso lento y secuencial, pero son relativamente baratas y tienen alta capacidad de almacenamiento.

2.3.2 Almacenamiento “Próximo en Línea”

En la tabla 2.3 se resumen las especificaciones de varios medios de archivo. Así tenemos por Ej. que el DLT (Digital Linear Tape) es la unidad de cinta más ampliamente usada para respaldo y archivo. DLT está diseñado para exigentes condiciones de almacenamiento. Tiene una transferencia de datos de 5 MBps y una capacidad de 35 GB. La vida útil de la cinta es 30 años y tiene un MTB de 200,000 horas.

DTF es preferentemente utilizado en el mercado del video digital.

El AIT (Advanced Intelligent Tape) utiliza tecnología de 8 mm de Sony. AIT2 ofrece 50 GB por cinta. Sony anunció futuras cintas AIT con capacidad de hasta 1 TB. Con más data en pocos cassettes, más datos pueden permanecer “En Línea” para un número dado de discos así que rápido acceso de datos puede ser alcanzado.

Para archivos descentralizados, el “jukebox” para discos ópticos es otra posibilidad para proveer archivos de almacenamiento pequeños. Estos dispositivos pueden manejar discos MODs y WORMS, y son usados principalmente para búsqueda de archivos. Los “Jukebox” no tienen velocidad de transferencia rápida pero no necesitan rebobinar como las cintas.

El archivo “Próximo en Línea” puede tener varios niveles, representado por diferente material de almacenamiento. Más de un nivel de archivo “Próximo en Línea” puede ser usado para tiempos de acceso diferente.

TABLA 2.3–Capacidad de medios de archivos de datos “Fuera de Línea”

Device	Capacity	Data Access Speed
DAT DDS3	12-24 GB	1 MB/s
CR – ROM – RW	640 MB	
DVD	15 GB	
Magneto-Optical	2.6-5.6 GB	
DLT	35 GB	5 MB/s
DTF	42 GB	12 MB/s
AIT 1	25 GB	3 MB/s
AIT 2	50 GB	6 MB/s
AIT 3	100 GB	12 MB/s

2.4 Software de Gestión de Almacenamiento

El software de almacenamiento puede realizar: gestión de volumen y archivos, agrupamiento para alta disponibilidad, respaldo y restauración, “reflexión” y replicación para recuperación de desastres, y gestión de aplicaciones tales como base de datos, todas ellas son críticas para el éxito del sistema de almacenamiento.

2.4.1 SAM-FS (Storage & Archive Manager – File System):

Este software es un sistema de archivos y gestor de discos de alto rendimiento, además tiene integrada la gestión de archivos y almacenamiento. Estas características le permiten proteger grandes volúmenes de datos y archivos.

SAM-FS, copia archivos automática y transparentemente de discos caros “En Línea” a medios de almacenamiento más económicos, y restaura los archivos de “Próximo en Línea” a “En Línea” según se requiera. SAM-FS permite a los administradores del sistema realizar decisiones específicas de política para la migración de datos y decisión de archivos basado en un criterio pre-definido tal como haber alcanzado un definido nivel (llamado “watermark”), o alguna agrupación de archivos lógicos, o una combinación de tamaño o nombre de archivo, nombre de usuario, última actualización, etc.

SAM-FS es usado en la gestión de datos de registros e imágenes médicas porque envuelve

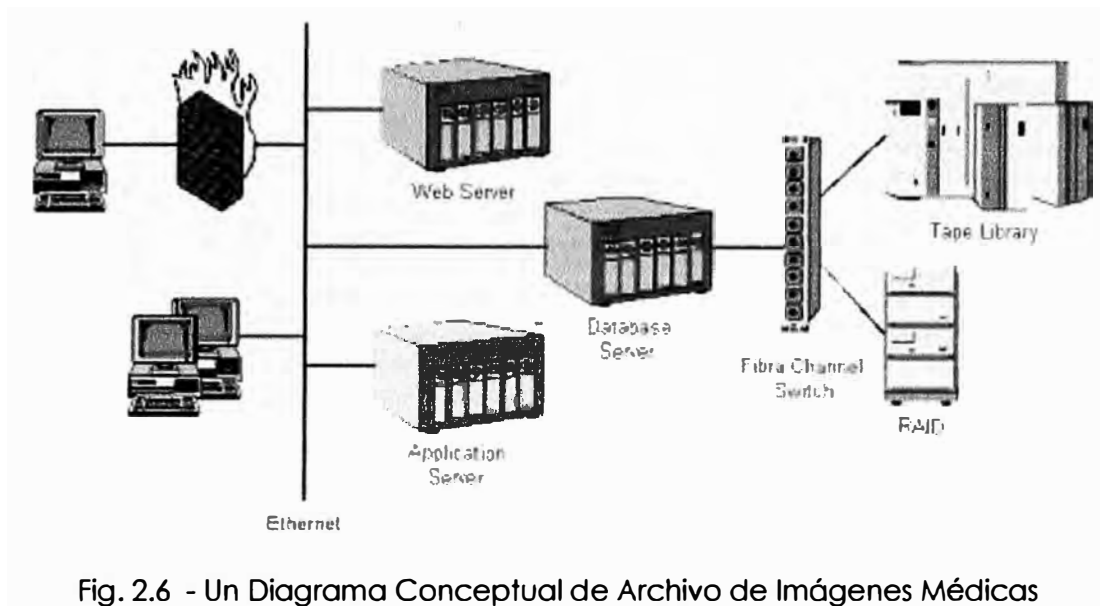
una variedad de archivos (MRI, CT & Registros Médicos) que vienen de diferentes departamentos e instituciones.

Hay 4 principales funciones del gestor de almacenamiento SAM-FS:

- a) **Archivo** – Provee protección de datos mediante la copia automática de archivos del disco al medio de archivo usando políticas de gestión. SAM-FS copia la data del almacenamiento “En Línea” hasta un máximo de 4 medios de almacenamiento (Ej. DLTs) transfiriendo la data original y su metadata.
- b) **Liberación de Espacio** - automáticamente mantiene espacio en disco a un umbral especificado borrando archivos que han sido archivados en, por ejemplo, DLTs. Aunque la data ha sido removida, la metadata (índice de paciente) permanece “En Línea”. Esto permite que el usuario vea todos los estudios como si estuvieran “En Línea”.
- c) **Transferencia** – automáticamente copia archivos de los medios desde el “jukebox” al disco o directamente a la aplicación del usuario. Cuando un archivo fue transferido al “jukebox”, se libera y si luego es accesado por el usuario, la SAM-FS recupera el archivo hacia el caché del disco. El usuario puede empezar a ver/leer el archivo aun antes de su restauración total.
- d) **Reciclado** – automáticamente borra imágenes de archivos expirados desde, por ejemplo, las cintas del “jukebox” hasta el espacio de restauración.

La alta disponibilidad de cualquier sistema de archivo descansa no solamente en el subsistema de almacenamiento, discos y controladores, sino en el “host server” también. El agrupamiento de “failovers” de servidores, permite la conmutación automática entre nodos de un mismo cluster. De esta manera otro servidor puede acceder a la data inmediatamente. Esto maximizará la disponibilidad de servidores.

La fig 2.6 muestra los servidores involucrados en el archivo de un PACS.



CAPITULO III

CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE SOFTWARE

La arquitectura del software define como piezas de aplicaciones interactúan entre ellas, y de que funcionalidad cada pieza es responsable. La aplicación del PACS puede consistir de 4 capas: la capa cliente, la capa de aplicación, la base de datos, o capa repositoria y la capa de gestión de archivo. Así es representado en la Fig. 3.1.

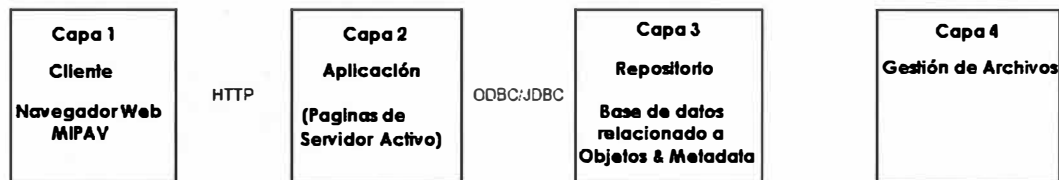


Fig. 3.1 - Arquitectura de Software de 4 capas

- a) **La capa de cliente** - puede ser un navegador web que soporta protocolo HTTP con una interfaz Dicom u otro software tal como MIPAV (Medical Image Processing, Analysis & Visualization) que actúe como interfaz de usuario.
- b) **La capa de aplicación** - que consiste del servidor web o servidor de aplicaciones, responde a los requerimientos generados por los clientes mediante interfaz con el sistema de base de datos y aplicando lógica a los resultados obtenidos.
- c) **La capa repositario** - la base de datos puede ser relacional u objeto-relacional, tal como Oracle que contiene imágenes médicas y metadata, y responde a los requerimientos hechos por el servidor web o el servidor de aplicaciones.
- d) **La capa de gestión de archivo** - realiza tareas de respaldo/restauración, etc.

Por ejemplo, el usuario final en la capa de cliente puede acceder a la metadata de las imágenes médicas vía el navegador web con los procedimientos de “Active Server Pages” (ASP) almacenados en la capa de aplicación. Estos scripts ASP pueden dinámicamente construir documentos HTML de la información retornada de la base de datos, hacia el cliente del navegador web.

Así tenemos algunos ejemplos de sub-programas y aplicaciones usados por capa:

- Java-Applets pueden también ser usados en la capa de cliente
- Java Servlets o Aplicaciones alojados en el Web Server (capa de aplicación)
- Base de datos Oracle usado en la capa Repositorio

3.1 Base de Datos

Las bases de datos relacionales han sido usadas para almacenar una gran variedad de información textual “estructurada” y valores numéricos para aplicaciones de negocios, sin embargo, con el advenimiento de la Internet se han incrementado el rango de formatos multimedia “no estructurados” tales como imágenes, audio y videoclips, todo este tipo de información requiere que la base de datos tenga la habilidad de cargar, almacenar, y acceder a la data multimedia en adición a la data estructurada tradicional.

Las Base de datos tal como Oracle ahora soportan objetos grandes (LOBs) y tipos de archivos multimedia, y puede integrar data no estructurada con data estructurada.

BFILE, un tipo de dato de LOB puede ser almacenado fuera de la base de datos en CD-ROM, o directamente en el sistema de archivos del RAID como un archivo plano. La ventaja de almacenar justo el localizador o puntero a la imagen en la base de datos antes que la imagen misma puede ahorrar mucho espacio de disco si una aplicación contiene muchas filas que apuntan a la misma imagen digital. También permite a otros servidores acceder a la data sin ir a través de la base de datos. La desventaja de almacenar imágenes como un archivo plano es que carece de capacidad de búsqueda por contenido en el repositorio.

La técnica más común usada para asignar metadata descriptiva con el fin de indexar la base

de datos de imágenes es la forma de “palabra clave”. La metadata se refiere a la información descriptiva o atributos acerca de los datos de imagen. Estos descriptores o atributos forman el índice principal para la recuperación de imágenes en una búsqueda, así esos usuarios pueden encontrar información relevante fácil y eficientemente sin analizar la base de datos entera. Índices son usualmente construidos manualmente por el análisis de la data textual de un paciente y atributos visuales de imágenes relacionadas como encontrar y organizar conceptos importantes para consultas visuales y textuales.

Para un archivo de imagen DICOM, el formato de cabecera contiene información de texto acerca del estudio tal como nombre de paciente, número de registro médico, tamaño de imagen, modalidad de imagen y otra información demográfica. Un simple índice para las imágenes médicas puede ser construido con la cabecera DICOM.

Dos pasos que son importantes para una base de datos de imágenes: identificación de imágenes y consulta de imágenes.

- a) La identificación de imágenes puede ser dividida en 3 categorías o niveles de abstracción:
- Primitiva (contenido dependiente): características como color y forma
 - Lógica (contenido descriptiva): características que identifican el objeto
 - Abstracto (contenido independiente): características que representan el significado del objeto.

Estas identificaciones son importantes para recuperación de imágenes por sus características, lo que resulta muy confiable en la indexación actual.

- b) La consulta de imágenes puede ser también dividida en 5 categorías de Recuperación:
- R. por navegación: provee vista de íconos de imágenes
 - R. por atributos de objetos: iguala imágenes que tienen idénticos atributos
 - R. por similitud de forma: iguala imágenes que tienen idéntica forma

- R. por restricción espacial: considera relación espacial entre objetos de una imagen.
- R. por atributos de semántica: iguala basándose en percepción de usuario acerca de imagen.

Otras técnicas de consulta como recuperación de imágenes basado en contenidos (CBIR) ofrecen recuperar imágenes con similar etiología, pero ellas están típicamente basadas en características derivadas como color, textura, forma, o una combinación de estas. Mientras que sistemas CBIR actualmente operan efectivamente solo en este nivel mas bajo.

Para implementación CBIR, un sistema puede extraer información de texto acerca de la imagen desde la cabecera DICOM, mientras otra parte del sistema puede analizar el color, textura y forma de la imagen o realizar otras técnicas de procesamiento sobre la imagen. Todos los resultados son luego salvados en la base de datos.

3.2 Protocolo DICOM:

Dicom es un estándar desarrollado conjuntamente por dos instituciones americanas, la ACR y la NEMA, con el fin de habilitar el intercambio de información digital relacionada a la imagen médica entre los dispositivos que la generan y manejan. Dicom versión 3 o simplemente DICOM 3 fue lanzado en 1993; es el estándar actual que se ha convertido en el estándar predominante para la integración de los sistemas de imagen digital en medicina. El protocolo DICOM 3 es ampliamente usado por los fabricantes de equipos médicos y, aunque el estándar en lo básico no ha cambiado, a la fecha se han añadido más de 100 suplementos en razón de los cambios tecnológicos y nuevas necesidades desde su adopción inicial. Los protocolos predecesores al Dicom 3, tuvieron otras denominaciones: Estándar ACR/NEMA 1.0 y 2,0

3.2.1 Servicios DICOM

Dicom especifica tipos de comunicación llamados “Dicom Service Classes” y existe mayor funcionalidad Dicom cuando los dispositivos soportan varias clases de servicio. La tabla 3.1 lista algunas clases de servicio Dicom y sus usos;

TABLA 3.1 – Servicios Dicom y sus Usos

Servicio Dicom	Tipico Uso en el PACS
Verification	Permite verificar la comunicación Dicom entre diferentes dispositivos antes de transferencias
Image Storage	Transferencia de imágenes desde modalidad al archivo del PACS
Storage Commitment	Permite a la modalidad borrar imágenes locales cuando el PACS confirma que se almacenaron confiablemente.
Query/Retrieve	Búsqueda de archivo desde Estación de Trabajo (WS) y recuperación de imágenes desde archivo a la WS
Modality Worklist	Provee información de citas de atención de pacientes a las Modalidades del Dpto. de Radiología
Performed Procedure Step	Permite a Modalidades transmitir al PACS-RIS-HIS los datos administrativos de la adquisición (Ej. dosis Rx)
Print	Imprimir las imágenes desde modalidades y WS

Cuando un dispositivo provee un servicio Dicom a otro, entonces la comunicación Dicom envuelve a dos participantes: un “Usuario” del Servicio y un “Proveedor” del Servicio. Este es el origen de los términos **Service Class User (SCU)** y **Service Class Provider (SCP)** que denotan los roles de los dispositivos para cada Servicio Dicom. Esto es ilustrado en la Fig. 3.2



Fig. 3.2 – Roles de la comunicación Dicom

3.2.2 Objetos DICOM

Las imágenes médicas son diferentes en tamaño (Ej. 512x512 para CT y 256x256 para MRI) así como en sus parámetros de adquisición. Además el protocolo Dicom permite que la información de imagen se acompañe de texto dependiendo de la modalidad. Así el Protocolo Dicom permite estas diferencias definiendo **Objetos** para cada modalidad. Hay muchos tipos de objetos de imagen dentro del Dicom que reflejan la variedad de imágenes disponibles para su uso actualmente.

La definición de las imágenes mediante **Objetos Dicom** permite al receptor de información Dicom saber que hay dentro de cada paquete Dicom antes de abrirlo. En la tabla 3.2 se listan algunos Objetos Dicom por modalidad.

TABLA 3.2 – Objetos Dicom y sus Aplicaciones

Objeto Dicom	Aplicación
CR	Imágenes de Radiografía Computada
CT	Imágenes de Tomografía Computada
MR	Imágenes de Resonancia Magnética
NM	Imágenes de Medicina Nuclear
SC	Imágenes de Captura Secundaria
US	Imágenes de Ultrasonido
XA	Imágenes de Angiografía con rayos X

3.2.3 SOP y UID en DICOM

El **Service Object Pair (SOP)** denota la asociación entre clases de servicio que soporta la modalidad con los objetos Dicom que utiliza (tipos de imagen). La especificación Dicom para un dispositivo presenta 3 elementos de información Dicom: la clase de servicio, el rol y los objetos que soporta. Así por Ej. un archivo PACS típico soporta la Clase de Servicio “Store“, con el rol “SCP” para los Objetos CT, MR, NM, SC , US ,CR.

Un **Identificador Unico (UID - Unique Identifier)** es un único número de identificación asociado a un producto de algún fabricante y , en vez que de manera textual, define numéricamente todo en Dicom, desde una combinación Servicio/Objeto (SOP class) hasta un objeto Individual (IOD) . Estos números son estandarizados y registrados ante

organismos como ISO, ANSI y NEMA, de esta manera se asegura que no se repita ningún UID a nivel global, garantizándose la portabilidad y trazabilidad de la data.

En la siguiente ilustración de la Fig 3.3 [REF 3] se muestra, por ejemplo, algunos objetos de imagen definidos por identificadores UID's y su correspondiente denominación textual de par servicio-objeto (SOP) para la aplicación Efilm, muy utilizada como Estación de Trabajo en el entorno PACS:

SOP Classes as SCU	
SOP Class UID	SOP Class Name
Verification	
1.2.840.10008.1.1	Verification
Storage	
1.2.840.10008.5.1.4.1.1.1	CR Image Storage
1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2	CT Image Storage
1.2.840.10008.5.1.4.1.1.4	MR Image Storage
1.2.840.10008.5.1.4.1.1.6.1	US Image Storage
1.2.840.10008.5.1.4.1.1.3.1	US Multi-Frame Image Storage
1.2.840.10008.5.1.4.1.1.20	NM Image Storage
1.2.840.10008.5.1.4.1.1.12.1	XA Image Storage
1.2.840.10008.5.1.4.1.1.128	Standard PET Image Storage
Query/Retrieve	
1.2.840.10008.5.1.4.1.2.2.1	Study Root Query/Retrieve Model – FIND
1.2.840.10008.5.1.4.1.2.2.2	Study Root Query/Retrieve Model – MOVE
Print Management	
1.2.840.10008.5.1.1.9	Basic Grayscale Print Management Meta
Modality Worklist Management	
1.2.840.10008.5.1.4.31	Modality Worklist Information Model-FIND

Fig. 3.3 - Correlación entre representación UID y nombre de Clase SOP para Efilm

De otro lado, cada archivo DICOM contiene una cabecera, la cual, además de los bits de imagen, incluye información de texto, tal como nombre de paciente, modalidad, tamaño de imagen, etc., en el mismo archivo. La Fig. 3.4 grafica la cabecera Dicom de un paquete de 2 imágenes de resonancia magnética.

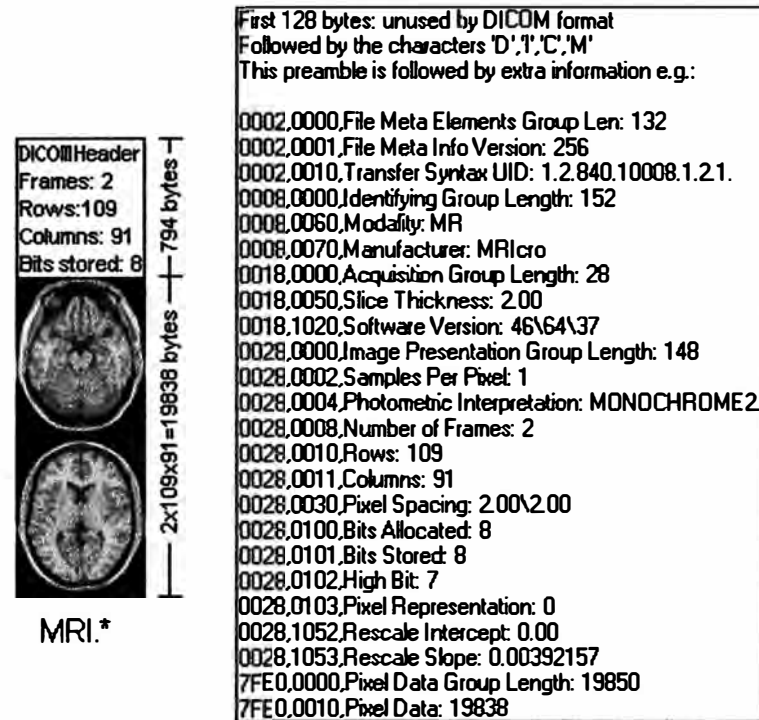


Fig. 3.4 – Representación y Contenido de la Cabecera Dicom

3.3 Compresión de la Imagen

El objetivo de la compresión de imagen es el de reducir el volumen de datos, eliminando las redundancias dentro de la imagen y sin percibir pérdidas de la calidad de imagen. Esto permite a la imagen ser transmitida más rápidamente que su versión no comprimida.

La compresión sin pérdida es importante para diagnosticar imágenes de calidad, desde que la imagen reconstruida comprimida iguale a la original; una compresión con pérdidas es generalmente evitada. Muchos OEMs están adoptando la compresión JPEG2000 basada en “wavelets” que permite mayores niveles de compresión sin pérdida considerable de calidad de imagen respecto a otros (Ej. JPEG).

3.4 Seguridad

La seguridad es crítica en la protección de información médica ya sea en papel o en un formulario electrónico. El uso de la contraseña sobre la red puede resultar insuficiente para proteger la información médica.

Las reglas propuestas, estándares de seguridad y privacidad para registros de salud individual para los PACS comerciales son emitidas por el comité del HIPAA (Health Insurance Portability & Accountability Act) con el fin de proteger la información sanitaria de los pacientes mientras esta se encuentre en el medio digital.

El HIPAA cubre seguridad de datos y privacidad del paciente en 3 principales formas:

- En los Procedimientos (por Ej., planes de seguridad y auditoria)
- En lo Físico (por Ej., recuperación de desastres, backup de datos, y control de acceso)
- En lo Técnico (por Ej., autenticación y encriptación)

La habilidad de intercambiar datos electrónicamente de forma segura sobre la red es esencial para muchas organizaciones sanitarias. Para esto la conformidad con HIPAA requiere soluciones seguras tales como:

- ✓ PKI (Public Key Infraestructura)
- ✓ Certificados Digitales para autenticación de identidad
- ✓ Encriptación SSL (Secure Sockets Layer) soportada por los navegadores
- ✓ Encriptación de 128 bits
- ✓ VPN's (Virtual Private Network) para encriptación de datos por la Internet.

Muchos OEM's ofrecen sus PACS compatibles con los requerimientos del HIPAA, sin embargo si se van a integrar otros sistemas de información como HIS y RIS, estos también deben cumplir la norma HIPAA para mantener la misma privacidad y seguridad. Para esto HIPAA requiere del uso de UID's inclusive para las diferentes transacciones de la información hospitalaria que puede manejar, por ejemplo, un HIS.

CAPITULO IV

PACS DE REFERENCIA

4.1 Clínica Ricardo Palma - Perú

Hace dos años que la clínica adquirió el primer PACS centralizado del Perú, marca Kodak Modelo DirectView, mostrado en la Fig. 4.1, que soporta hasta 60,000 estudios anuales con un almacenamiento tipo NAS, y memoria “En Línea” de 1TB (sin compresión) compuesto por arreglos EMC-RAID5, cuenta con Jukebox utilizando como medio de almacenamiento “Próximo en Línea” el DVD. Dispone de 2 Estaciones de Trabajo Diagnósticas con 2 monitores de 3K cada una. No dispone de software RIS por lo que los ingresos de órdenes de procedimientos y datos demográficos son manuales en cada modalidad conectada al PACS. Actualmente se está desarrollando localmente dicho software.

Dispone de servidor web para accesos vía Internet. Respecto de su red, cuentan con cableado estructurado y usan Ethernet cat-6 y topología estrella.

Están conectados a este PACS los siguientes equipos:

- 2 equipos de Radiografía computada
- 1 Tomógrafo Multicorte
- 1 Resonador Magnético
- 1 angiógrafo digital
- 1 ecocardiógrafo digital
- 2 impresoras dicom

Respecto a los equipos de radiografía computada, uno esta ubicado en el servicio de emergencia y el otro está en el propio departamento de radiología.

La organización de la clínica Ricardo Palma es muy descentralizada, muchos servicios hospitalarios son terceros con convenio, y funcionan como “unidades de negocio” independientes pero estandarizadas. El software HIS actual es propietario y no soporta HL7 por lo que a futuro se precisará de un broker para la integración al PACS/RIS.

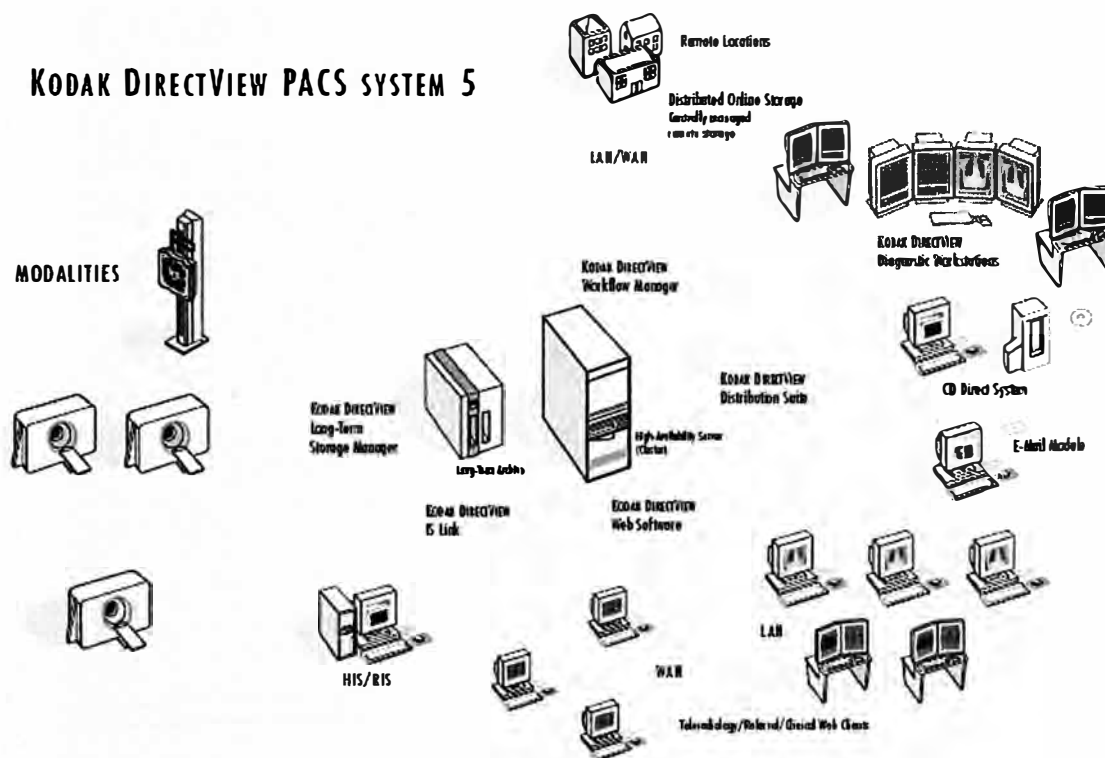


Fig. 4.1 - Modelo PACS DirectView de Kodak

CAPITULO V

PROPUESTA DE PACS PARA EL HOSPITAL G. ALMENARA – ESSALUD

A continuación se va a realizar el análisis de la situación del departamento de diagnóstico por imágenes del HNGAI y desarrollar una propuesta de implementación PACS, plasmada en un documento final llamado RFP (Requerimiento de Propuesta) que sintetiza las características del PACS a la medida de las necesidades de este hospital y puede ser utilizado en un Concurso Publico de Adquisición.

5.1 Marco de Referencia en ESSALUD

Essalud es una institución pública descentralizada que cubre prestaciones asistenciales a los trabajadores y sus derecho-habientes a cambio de una prima mensual, establecida por ley. En la actualidad el 25% de la población total del Perú es asegurada por Essalud. Asimismo, en la tabla 5.1 [REF 9] se muestra que el número de asegurados de Essalud ha ido incrementándose en los últimos años merced a los índices demográficos y a leyes dirigidas a sectores menos favorecidos, mientras que las aportaciones no se han incrementado en la misma medida. Consecuentemente existe mayor demanda sobre los servicios de salud en todas las redes hospitalarias y sobre todo en los grandes Hospitales donde se generan “cuellos de botella” en las citas de atención.

TABLA 5.1 - Población Asegurada Histórica 1998 - 2005

AÑO	1998	1999	2000	2001	2002	2004	2005
POBLACION ASEGURADA	6489342	6612449	6772763	6974038	7018465	7229931	7340634

5.2 Situación Actual del HNGAI y su Departamento de Diagnóstico por Imágenes

Actualmente la atención sanitaria en Essalud esta organizada en Redes Hospitalarias con determinadas coberturas geográficas; donde el manejo de la capa simple, o atención primaria, es realizada principalmente en Policlínicos o Centros de Salud con menor capacidad resolutive; luego a través de un Sistema de Referencias y Contrarreferencias , los pacientes que requieren atención clínica , quirúrgica o tratamientos especializados son derivados a los grandes Hospitales (Ej. de nivel IV) , que son los que finalmente deben tener mayor capacidad resolutive en el manejo de las enfermedades o cuadros agudos de los pacientes que deben atender día a día.

El HNGAI es un Hospital Nivel IV, con una capacidad de 1000 camas, y lidera la Red Asistencial Almenara de Essalud , que está integrada por los centros asistenciales de la tabla 5.2 . Cuenta con departamentos que incluyen servicios asistenciales que tienen que atender a los pacientes de su área más los pacientes referidos de su red asistencial.

TABLA 5.2 – Cobertura de Red Asistencial Almenara

Nº	Centro Asistencial	Dirección	Ciudad
1	Hosp. Emergencias Grau	Av. Grau 351 – La Victoria	Lima
2	Clínica Chíncha	Jr. Chíncha 226	Lima
3	Clínica San Luis	Av. Circunvalación 2189	San Luis
4	Clínica Geriátrica Ancije	Jr. Chota 1449	Lima
5	Posta Médica Construcción Civil	Prolongación Cangallo 670	La Victoria
6	Hospital Vitarte	Av. Santa María s/n	Ate – Vitarte
7	Clínica Chosica	Jr. Trujillo 800	Chosica
8	Centro Médico Casapalca	Centro Minero Casapalca	C. Central Km.160
9	Clínica Geriátrica San Isidro Labrador	Alt. Km. 3 Carretera Central	Vitarte
10	Clínica Ramón Castilla	Jr. Dansey y Huaro-chiri s/n	Lima
11	Clínica Francisco Pizarro	Av. Francisco Pizarro 585	Rimac
12	Hospital Jorge Voto Bernales	Carretera Central Km. 3.5	Santa Anita
13	Hospital Aurelio Díaz Ufano	Entre las Calles Río Majes, Río Pampamarca, Calle "A" y Pasaje Río Siche	San Juan de Lurigancho

El Departamento de Diagnóstico por Imágenes del HNGAI realiza los exámenes diagnósticos solicitados por los médicos del HNGAI de todas las especialidades médicas y los exámenes referidos por los centros asistenciales de su red.

El hospital cuenta con equipos de diagnóstico por imágenes en los servicios de: Radiología, Tomografía, Ecografía, Medicina Nuclear, Cardiología y Neurorradiología. Dichos servicios tienen sus procesos de impresión y almacenamiento de películas, en algunos casos archivo digital en CD-R, todos ellos procesos aislados debiéndose generar ordenes para cada dependencia separada cuando se requieren las historias clínicas, las placas de rayos X u otra información de las diferentes áreas del diagnóstico.

Se debe tener en consideración que los servicios hospitalarios del HNGAI, como Consulta Clínica, Emergencia, Centro Quirúrgico, etc., cada vez más se apoyan en los servicios del Departamento de Diagnóstico por Imágenes. Dicho departamento debe realizar los estudios que los médicos referentes soliciten entre los cuales tenemos: Estudios radiológicos, ecográficos, tomográficos y de medicina nuclear, los que deben ser informados por médicos especialistas del departamento. Posteriormente las imágenes junto a su informe médico son solicitadas por los médicos referentes, que son los que finalmente continúan con el proceso de atención hospitalaria.

5.2.1 Departamento de Diagnóstico por Imágenes

El objetivo general de este departamento según el Reglamento de Organización y Funciones del HNGAI es brindar atención a los pacientes utilizando las imágenes producidas por diversos tipos de radiaciones ionizantes (Rayos x, Rayos Gamma) y no ionizantes (Ultrasonido) para así ayudar al diagnóstico y en algunos casos procedimientos terapéuticos. Para este análisis estudiaremos los procesos médicos en los servicios del Departamento de Diagnóstico por Imágenes.

El departamento de Imagenología del HNGAI está organizado en tres servicios:

- Radiología General e Intervencionista
- Ecografía y Tomografía
- Medicina Nuclear

a) Servicio de Radiología General e Intervencionista

En este servicio se realizan y gestionan los siguientes tipos de Exámenes:

Exámenes de Rx Simples

Exámenes de Rx Contrastados

Exámenes de Rx Intervencionista

Exámenes de Mamografía

Exámenes de Resonancia Magnética

En el periodo 2003 este servicio realizó 140,049 exámenes, siendo el 30% pacientes internos, 40% pacientes referidos y 30 % pacientes de emergencia.

Este servicio se ubica en el primer piso del HNGAI. Por su grado de complejidad los exámenes son realizados por técnicos, tecnólogos y/o médicos especialistas. Asimismo existe personal técnico no calificado para las funciones de revelado y cargado de películas en cámara oscura. Un médico designado es responsable del control de calidad diagnóstica en el servicio. Los médicos deben informar vía oral o escrita los exámenes para que luego sean transcritos al HIS, llamado Programa de Gestión Hospitalaria. Finalmente las películas e informes son enviados al archivo de Historia Clínicas Central.

b) Servicio de Eco-Tomografía

Los exámenes que se realizan son los siguientes:

Exámenes de Ecografía

Exámenes de Tomografía Convencional

Exámenes de Tomografía Helicoidal

En el 2003 este servicio realizó 75620 exámenes, siendo el 56% de estas, tomografías y 44% ecografías. Este servicio se ubica en el sótano del HNGAI. Los tecnólogos realizan los procedimientos por indicación de los médicos. Se trabaja a 2 turnos por gran demanda de atención ya que sus 2 tomógrafos son los únicos de toda su red hospitalaria. Se realizan en promedio unos 60 exámenes tomográficos diarios en cada equipo siendo algunos

resultados limitados o incompletos por la falta de tiempo para el post-proceso de la imagen. Asimismo cada médico informa unos 25 exámenes que luego son transcritos e ingresados al HIS.

c) Servicio de Medicina Nuclear.-

Los exámenes que se realizan son los siguientes:

Examen de Perfusión Miocárdica con Radioisótopos

Examen de Tratamiento Endocrinológico especializado con Yodo 131

Exámenes de Gammagrafia.

En el 2003, se realizaron 14099 exámenes de MN, de los cuales las gammagrafias representan el 89%. Análogamente a ECO-TAC los tecnólogos realizan los procedimientos por indicación y supervisión de los médicos.

Normalmente este servicio genera una única placa por examen en formato de 8”X10”, por lo que gracias a su disponibilidad de ambiente pueden disponer de su propio almacén de películas e informes los cuales son guardados hasta por 2 años. Cabe mencionar que los exámenes de MN son solicitados principalmente por pacientes de consulta externa y de piso (hospitalizados). Emergencia no genera órdenes de diagnóstico en MN.

El tiempo promedio de entrega de los exámenes que se realizan en el área es de aproximadamente tres horas para un 70 % de estudios realizados.

A continuación la tabla 5.3 lista los equipos del departamento de radiología.

Tabla 5.3 – Relación de Equipos de Radiodiagnóstico del HNGAI

Servicio	Equipo Instalados	Conectividad
Radiología	9 sistemas Rx –bucky 1 Angiógrafo digital 1 Mamógrafo	Ninguna (film, vhs) Digital, No dicom Ninguna (film)
Eco-Tomografía	1 TAC Helicoidal 1 TAC Convencional 3 Ecógrafos	Digital , Dicom Digital , no Dicom 1 dicom , 1analogo
Medicina Nuclear	3 Cámara Gamma	1dicom , 1analogo

5.3 Propuesta Técnica de Implementación en el HNGAI

Dada la creciente demanda de exámenes que maneja actualmente el Hospital Almenara, así como la futura incorporación de otras modalidades a la red de imágenes (MR, Mamografía, etc.), se recomienda la adquisición de un Sistema PACS Integral.

Así el equipamiento inicial a considerar corresponde a la Implementación de la plataforma básica del PACS (Etapa 1) , para operar por un lapso de hasta 3 años; en esta fase se debe haber reducido sustancialmente el uso de película , además para ese tiempo el personal del departamento de diagnóstico por imágenes ya debe estar plenamente adaptados a la filosofía del manejo digital de la imagen . Durante esta Etapa 1 el Hospital también puede paralelamente modelar y desarrollar un sistema HIS (Gestión Hospitalaria) que finalmente se integre a los otros departamentos del hospital y se interconecte al RIS y PACS, para Maximizar los beneficios de los sistemas de información (Etapa 2). Esta segunda etapa no es parte del análisis, pero podemos mencionar algunos aspectos a considerar en ella:

- Incremento de Estaciones de Trabajo de diagnóstico y visualización
- Incorporación de otras modalidades : Resonancia y Mamografía
- Ampliación de memoria en línea
- Mayores Funcionalidades requeridas: Paquetes de Software en estaciones de trabajo, mayor número de licencias concurrentes, etc.
- Uso intensivo de la Teleradiología

Finalmente, los alcances de cada etapa dependerán mucho del nivel de compromiso de los directivos del HNGAI y Essalud, así como de la sinergia entre el personal del departamento.

5.3.1 Dimensionamiento de Memoria “En Línea”

De los datos obtenidos en el Dpto. de Imagenología del HNGAI [REF 12], y teniendo en cuenta la inicial incorporación de 4 modalidades al PACS podemos obtener la siguiente tabla 5.4, que mostramos a continuación:

TABLA 5.4 – Número de Exámenes Anuales por Modalidad

MODALIDAD	NUMERO DE EXAMENES ANUALES
Radiología	124445
Tomografía	41063
Medicina Nuclear	14118
Ecografía	34587
TOTAL	214213

Para estimar las capacidades de datos necesaria nos ayudamos de la siguiente tabla 5.5 [REF 2] que resume las características de la imagen digital para diferentes modalidades de imagen y la estimación del peso digital por estudio:

TABLA 5.5 – Peso Digital por Imagen y Estudio por Modalidad de Imagen

MODALIDAD	TAMAÑO DE IMAGEN			DATOS POR ESTUDIO			
	X	Y	Z	NRO. DE IMAGENES		MBs DE ALMACENAM.	
				PROM	RANGO	PROM	RANGO
RADIOGRAFIA COMPUTADA	2000	2500	2	3	2 to 5	30	20 to 50
RADIOGRAFIA DIGITAL	3000	3000	2	3	2 to 5	54	36 to 90
TOMOGRAFIA COMPUTADA	512	512	2	60	40 to 300	32	21 to 157
TOMOGRAFIA MULTICORTE	512	512	2	500	200 to 1000	262	105 to 524
RESONANCIA MAGNETICA	256	256	2	200	80 to 1000	26	11 to 131
MAMOGRAFIA DIGITAL	3000	3000	2	6	4 to 8	108	72 to 144
ULTRASONIDO	640	480	2*	30	20 to 60	18	12 to 37
ECOCARDIOGRAFIA	640	480	1	1125	750 to 1500	345	230 to 461
MEDICINA NUCLEAR	256	256	2	10	4 to 30	1.3	0.5 to 3.8
DIGITALIZADOR DE PELICULAS	2000	2500	2	3	2 to 5	30	20 to 50
FLUOROSCOPIA DIGITAL	1024	1024	1	20	10 to 50	20	10 to 50
ANGIOGRAFIA RADIOLOGICA	1024	1024	1	15	10 to 30	15	10 to 30
CATERISMO CARDIACO	1024	1024	1	150	120 to 240	450	360 to 720
ANGIOPLASTIA	1024	1024	1	150	120 to 240	450	360 to 720
ANGIOPLASTIA VASCULAR PERIFERICA	1024	1024	1	150	120 to 180	450	360 to 540

Luego, para nuestro caso del HNGAI podemos calcular los pesos digitales por modalidad en un período anual; esto se resume en la tabla 5.6:

TABLA 5.6 – Estimación de los Pesos Digitales Anuales en el HNGAI

Exámen	Total Estudios ano 2003	Peso Digital Promedio por Estudio (MB)	Total (MB)
SERVICIO DE RADIOLOGIA			
Exámenes Simples	110443	54	5963922
Exámenes Contrastados	6545	20	130900
Radiología Intervencionista	5513	15	82695
SERVICIO DE ECO-TOMOGRAFIA			
Ecografía	32934	18	592812
Tomografía Convencional	21708	32	694656
Tomografía Helicoidal	20978	50	1048900
SERVICIO DE MEDICINA NUCLEAR			
Perfusión Miocárdica	1122	1,3	1458,6
Tratamiento Endocrino Y131	414	1,3	538,2
Gamagrafía	12563	1,3	16331,9
TOTAL MB			8532214
TOTAL TB			8,1

De otro lado, sabemos que la capacidad de memoria “En Línea” de acceso rápido tipo RAID se calcula de la expresión (5.1), [REF 7]:

$$C_{raid} = \left(\sum_M ((C_e + f \times C_e) \times I_e \times V_I) \right) \times (T/365) \quad (5.1)$$

Donde:

C_{raid} = Capacidad de archivo en línea [Mb]

M = Numero de modalidades.

C_e = Cantidad de estudios generados por año [MB].

f = Índice de estudios recuperados (ej. Digitalización del archivo central)

I_e = Cantidad de imágenes por estudio.

VI = Volumen de cada imagen [MB].

T = tiempo promedio requerido de permanencia de los estudios, expresado en días.

Así, basados en la tabla 5.6 y considerando en la expresión anterior un índice promedio de recuperación de estudios del 10%, así como un período de permanencia de las imágenes de 6 meses, obtenemos una capacidad de memoria “en línea” de:

$$C_{raid} = 4692718 \text{ MB} = 4.5 \text{ TB}$$

Esta capacidad de memoria “online”, se considera sin niveles compresión.

5.3.2 Documento Básico RFP para el PACS del HNGAI

La siguiente lista especifica los requerimientos básicos del PACS para el HNGAI, denominados Requerimientos de Propósito (RFP, [REF4]) de acuerdo al análisis previo y a la estrategia de integración digital hospitalaria necesaria para la Etapa 1:

a) Características Básicas:

El PACS debe ser capaz de gestionar el almacenamiento de 215,000 exámenes anuales y debe cumplir las siguientes especificaciones:

- Almacenamiento de imágenes en memoria RAID (“En Línea”) por 6 meses
- Capacidad de Memoria RAID de mínimo 4,5TB y escalable a futuro
- Uso de almacenamiento “Fuera de Línea” en dispositivo DVD o DLT
- Soporte de protocolo web (http y https)
- Soporte de enlaces VPN y encriptación de 128 bits
- Soporte de Protocolo Dicom 3.0 y sus Servicios DICOM WLM, Q/R, Store, Store Commitment, Print, MPPS como mínimo.
- Soporte de Protocolo HL7 versión 3.0 o mayor
- Sistema de base de datos de tipo relacional: ORACLE, SQL, etc.
- Estar en conformidad con iniciativa de Integración IHE
- Cumplir los requerimientos del HIPAA
- Soporte de Compresión sin pérdida y con pérdida que incluya JPEG y JPEG2000
- Exportación / Importación de exámenes a/de DICOM CD y DVD
- Selección y Búsqueda por código de barras
- Sistema de Información RIS que soporte HL7 y Dicom , sin broker
- Uso simultaneo del PACS Worklist e Información del RIS en una vista
- Dispositivos de autenticación seguros: tarjeta de identificación o huella dactilar
- Unica autenticación para usuarios de RIS y PACS
- Soporte de múltiples perfiles de usuario por estación
- Interfaces de usuario en español
- Incorporación de 2 equipos de radiografía computada con chasis digitales en formatos de 14”x17”, 14”X14” y 8”X10”.
- Incorporación de 3 interfaces para conversión a dicom 3.0 de equipos análogos

- Incorporación de un digitalizador de película para su conversión a Dicom 3.0.
- Licencias de software correspondientes
- Suministro de sistema UPS de respaldo de energía de servidores y estaciones de trabajo.

b) Visualización en Estaciones de Trabajo:

- Se precisará de 5 Estaciones de Trabajo para Diagnóstico Primario de una resolución de 2K x 2K como mínimo.
- Se precisará de 6 Estaciones de Trabajo para revisión Clínica de una resolución de 1K x 1K como mínimo.
- Posibilidad de Licencias de Acceso Concurrente
- Posibilidad de particionamiento de pantalla
- Posibilidad de mezclar monitores a color y grises en una estación de trabajo.
- Herramientas de manipuleo de imagen: Rotación, inversión, magnificación, etc
- Reproducción de imágenes multicuadro hasta 30 c/s

c) Paquetes en Estaciones de trabajo:

- Paquete de Medicina Nuclear
- Paquete Ortopédico
- Paquete de Teleradiología
- Paquete de Grabación de Imágenes en CD/DVD
- Creación de paginas HTML con imágenes
- Paquete de Impresión Dicom
- Soporte de monitor dual

d) Teleradiología:

- Transferencia de imágenes usando DICOM Store SCU/SCP
- Opción de envío de imágenes vía un programa estándar de correo electrónico utilizando Algoritmo de compresión: Ej. JPEG2000
- Consultas y recuperación remota vía Dicom Q/R
- Envío de anotaciones y medidas vía DICOM
- Acceso, vía enlaces WAN, a Policlínicos de Red Asistencial Almenara

e) Infraestructura de red del Dpto. de Imagenología:

El Hospital proveerá la infraestructura necesaria para asegurar operación de los equipos del proveedor del PACS sobre la red hospitalaria. Así tenemos:

- Red Ethernet de 1Gbps (en Proyecto).
- Cableado estructurado Ethernet Cat6 (En Proyecto)
- Dispositivos de red necesarios: Hubs, Switches, Routers, etc.
- Enlaces WAN con Policlínicos de la Red Hospitalaria Almenara (En Proyecto)

A continuación, la tabla 5.7 muestra los equipos propuestos que cumplen los requerimientos del documento RFP, asimismo se muestran sus costos aproximados:

TABLA 5.7 – Estimación de Costos de acuerdo al RFP del PACS para HNGAI

CANT	ITEM	C.U.	COSTO TOTAL
	Sistema de Digitalizacion:		
02	Equipo de Radiografía Computada para alto volumen y calidad de imagen digital radiográfica.	95000	190000
03	Interfaces para modalidades sin Dicom	15000	45000
01	Digitalizador de películas	23000	23000
	subtotal		258000
	Sistema Pacs:		
05	Workstations para Radiólogos -2K	19000	95000
06	Estaciones de Visualización - 1K	9000	54000
01	Núcleo del Pacs, Hardware y Software:	615000	615000
	Servidores de memoria Online (RAID - 5TB),		
	Servidor de Base de Datos 215K,		
	Servidor Web, Jukebox basado en DVD		
	Interfaz integrado PACS-RIS-HIS,		
	Paquetes de software : Medicina Nuclear ,		
	Ortopédico, Telerradiología.		
	Software RIS -215K ,		
	25 Licencias concurrentes de acceso web		
	Soporte de todas las modalidades Dicom		
	Protocolo HL7 , UPS's		
	subtotal		764000
	TOTAL USD		1022000

CAPITULO VI

ANALISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONOMICA DE LA PROPUESTA

6.1 Análisis Económico-Financiero del PACS en el HNGAI

En ocasiones, es conveniente preguntarse ¿Cuanto se puede ahorrar si se instala un sistema PACS?. La experiencia en otras latitudes demuestra que a mayor envergadura del hospital mejora la factibilidad económica de la implementación de un sistema PACS. Así es que en nuestro caso luego del análisis de la realidad, se plantean posibles escenarios Pre y Post-Pacs que permiten estimar los flujos económicos resultantes, y el tiempo de la recuperación de inversión. Esta información es decisiva para los directivos del HNGAI y Essalud que se basan en estos estudios para planificar y priorizar las adquisiciones.

En general, la implementación de un sistema PACS debe ser visto en el contexto de competitividad y excelencia de una Institución de Servicios Hospitalarios. Esta necesidad de mejora continua conlleva inevitablemente a implementar soluciones informáticas en los procesos del almacenamiento, recuperación y tratamiento de las imágenes y datos obtenidos en los procedimientos del diagnóstico por imágenes.

Para nuestro caso, en la evaluación de la viabilidad económica de la implementación de un Sistema PACS en el Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen se ha efectuado un análisis del costo diferencial como resultado de la comparación de los procesos convencionales actuales y procesos digitales futuros [REF 2]. Estos costos diferenciales se pueden cuantificar razonablemente, así tenemos por ejemplo: insumos radiográficos, traslados, repeticiones, consumos de energía, servicios, etc.; sin embargo existirán variables dependientes del factor humano, como la reacción al cambio, la incompetencia, la falta de dirección y estrategia, que pueden incidir en la calidad del diagnóstico y nivel de productividad esperados, comprometiendo el éxito del PACS.

En base a la información estadística colectada, y la entrevista directa a los médicos responsables de los servicios involucrados, se han cuantificado ahorros que se tendrían con el sistema PACS. Estos ahorros se resumen en las siguientes tablas:

TABLA 6.1 – Ahorro anual por mantenimiento de Procesadoras de Películas

Servicio	Equipos	Mantenimiento Anual (S/.)		Total	
		Preventivo	Correctivo	S/.	US\$
Rx, Emerg, CQ, MN	6 Procesadoras Película	37.440	3.744	41.184	12.480
	Protec, Konica, 3M, Alpro				0
Eco-Tomo	2 Impresora Laser Agfa	54.204	5.420	59.624	18.068
					0
Total				100.808	30.548

TABLA 6.2 – Ahorro anual por Repeticiones de Estudios

Servicio	Total Estudios año 2003	Costo Unit. S/.	% Repeticion	Costo Anual Repeticiones
Radiología				
Exámenes Simples	110443	20	5,0%	110443
Exámenes Contrastados	6545	114	0,5%	3730,65
Resonancia Magnetica	1944	798	0,0%	0
Radiología Intervencionista	5513	341	0,1%	1879,933
			SubTotal	116053,6
Eco-Tomografía				
Ecografía	32934	13	1,0%	4281,42
Tomografía Convencional	21708	58	0,5%	6295,32
Tomografía Helicoidal	20978	154	1,0%	32306,12
			SubTotal	42882,9
Medicina Nuclear				
Perfusión Miocardica	1122	196	0,0%	0
Tratam. Endocrino Y131	414	219	0,0%	0
Gammagrafia	12563	76	0,0%	0
			SubTotal	0,0
TOTAL S/.				158.936
TOTAL \$				48.163

TABLA 6.3 – Ahorro anual por Horas-Hombre en Revelado de Películas

CONCEPTO	Películas	H-H película	Costo S/./H-H	Total	
				N. Soles	US\$
RX,EMERG	256.069	0,017	16	69.851	21.167
ECO-TOMO	38.200	0,006	26	6.252	1.895
MN	5.700	0,017	26	2.488	754
Total				78.591	23.815

Así consolidando los rubros de ahorros en materiales y servicios directos obtenemos la tabla 6.4 que permite estimar los ahorros más relevantes que se producirían en el área de Imagenología del Hospital Almenara cuando se modifique el sistema actual de dicha área por un sistema full PACS. Cabe mencionar que existen otros costos ocultos que conllevan también al ahorro que no han sido considerados en el presente estudio, como por ejemplo:

- Ahorro de Costos de la Permanencia en Cama de pacientes (UCI, UTI, etc)
- Ahorro de Costo de Almacenamiento de Películas (espacio, etc)
- Ahorro de Costos por la mayor Productividad Post-Pacs.
- Ahorro de Costos por el uso del RIS, Teleradiología, etc.

Así se puede notar en la tabla 6.4 que el ahorro anual ascendería a US\$ 418,333, siendo el costo de las películas el más representativo que ascendería a US\$ 263,507.

TABLA 6.4 – Estimación de Ahorros Anuales en Dpto. de Imagenología del HNGAI

POTENCIALES AHORROS DEL SISTEMA PACS VS SISTEMA EXISTENTE	Monto (S/.)	Monto (US\$)
MATERIALES NO UTILIZADOS		
Películas Radiográficas	869.572	263.507
Quirricos Radiográficos	77.839	23.588
Chasis Análogos, Letras de Plomo, Pantallas Reforzadoras, etc.	14.971	4.537
Subtotal	962.382	291.631
SERVICIOS NO REQUERIDOS		
Mantenimiento de Procesadoras de Películas e Impresoras	100.808	30.548
Revelado de Películas	78.591	23.815
Manipuleo, Traslado y Archivo de Placas Radiográficas	56.564	17.141
Consumo de Energía Eléctrica de Procesadoras	23.218	7.036
Subtotal	259.182	78.540
REPETICIONES DE PRUEBAS (1)		
Exámenes Eco-Tomográficos	42.883	12.995
Exámenes de Medicina Nuclear	0	0
Exámenes de Radiología	116.054	35.168
Subtotal	158.936	48.163
TOTAL	1.380.500	418.333

Para la evaluación económica correspondiente y tal como se ha señalado anteriormente, se han cuantificado los costos del Sistema de Radiología Digital (Inversión) y los costos del Sistema Actual (Beneficios), se han establecido 3 escenarios post-PACS en el HNGAI : Normal, Optimista y Pesimista. Así tenemos que para período de un año en cada escenario existirá un resultado neto de Flujo de Efectivo. Este flujo y su acumulado anual se han

determinado para un período de diez años. Al final de este capítulo se muestran 3 tablas que muestran estos resultados.

Para evaluar financieramente este proyecto se han calculado los indicadores económicos: Valor Actual Neto (VAN) tanto para los costos como para los beneficios, así como también para el flujo de efectivo; Tasa Interna de Retorno (TIR) del flujo de efectivo y el respectivo Beneficio/Costo [REF 5].

6.1.1 Escenario Normal:

La Proyección Económica “Normal” es mostrada en tabla 6.8, donde se considera las siguientes condiciones:

Ahorro en los ítems de materiales y servicios relativos a insumos radiográficos, y repeticiones de pruebas, de forma que el 1er año sea de 60%, el segundo año de 85%, el tercero 90%, y del cuarto en adelante un 95%. A este nivel ya se consideraría una plataforma totalmente digital con gastos en película mínimos para casos particulares. En esta condición se considera que los médicos referentes de la red asistencial Almenara pueden acceder a las imágenes de sus pacientes vía un DicomCD o vía Tele-radiología.

TABLA 6.5 – Implementación del PACS – Indicadores del Escenario Normal

INDICADORES	
VAN BENEFICIOS (US\$)	3.807.232
VAN COSTOS (US\$)	1.941.812
B / C	1,96
VAN FLUJO DE EFECTIVO (US\$)	1.865.432
TIR (FLUJO DE EFECTIVO)	24,5%
RECUPERACION DE INVERSION (ANOS)	3,7

6.1.2 Escenario Optimista:

La Proyección Económica “Optimista” es mostrada en tabla 6.9, donde se considera las siguientes condiciones:

Ahorro en materiales y servicios (insumos radiográficos, RRHH) de forma que el 1er año sea de 80%, el segundo año de 90%, el tercero 95%, y del cuarto en adelante un 100%. A partir del año 4 se tendría una plataforma 100% digital con gastos en película irrelevantes. En este escenario, el incremento de la productividad sería relevante y existiría la pronta necesidad de adquirir más Estaciones de Trabajo para descongestionar las existentes y cubrir otras áreas hospitalarias.

Tabla 6.6 – Implementación del PACS – Indicadores Escenario Optimista

INDICADORES	
VAN BENEFICIOS (US\$)	4.047.843
VAN COSTOS (US\$)	1.941.812
B / C	2,08
VAN FLUJO DE EFECTIVO (US\$)	2.106.043
TIR (FLUJO DE EFECTIVO)	28,0%
RECUPERACION DE INVERSION (AÑOS)	3,3

6.1.3 Escenario Pesimista:

Proyección económica mostrada en tabla 6.10, donde se considera las siguientes condiciones:

Ahorro en materiales y servicios (insumos radiográficos, RRHH) de forma que 1er año sea de 40%, el segundo año de 75%, el tercero 80%, el cuarto año de 85% y del quinto año en adelante un 90%. A esta condición estacionaria se le consideraría una plataforma 90% digital con gastos en película del orden del 10%. En este escenario el incremento de la productividad es lento y se deben identificar los inconvenientes humanos o técnicos para optimizar los procesos del departamento.

TABLA 6.7 – Implementación del PACS – Indicadores Escenario Pesimista

INDICADORES	
VAN BENEFICIOS (US\$)	3.496.698
VAN COSTOS (US\$)	1.941.812
B / C	1,80
VAN FLUJO DE EFECTIVO (US\$)	1.554.898
TIR (FLUJO DE EFECTIVO)	20,1%
RECUPERACION DE INVERSION (AÑOS)	4,4

En consecuencia, examinando los resultados consolidados mostrados en las tablas 6.5, 6.6 y 6.7, se nota que inclusive en el escenario pesimista de la evaluación del proyecto Sistema PACS propuesto el Valor Actual Neto (VAN) del flujo efectivo es positivo en un valor de US\$ 1'554,898 y su Tasa Interna de Retorno (TIR) de 20.1%, superior ésta última al 14%, considerada como tasa promedio anual del costo del capital establecida por el Ministerio de Economía y Finanzas. Asimismo, la relación beneficio/costo del proyecto tiene un índice de 1.80, esto es, el beneficio que se obtendrá supera al costo de su implantación en 80%.

De acuerdo al flujo efectivo acumulado para este escenario pesimista se prevé que en el término 4 años y 5 meses se logre recuperar la inversión requerida para la implantación del sistema inicial PACS de radiología digital.

El indicador beneficio/costo del proyecto para el escenario normal resulta ser 1.96, para el escenario optimista este asciende a 2.08 y para el pesimista 1.80. En los tres escenarios este indicador es mayor que la unidad, lo que hace atractivo el proyecto.

De otro lado, el Valor Actual Neto (VAN) de los flujos efectivo de estos tres escenarios son: US\$ 1'865,432, US\$ 2'106,043 y US\$ 1'554,898. En los tres casos es positivo lo que demuestra que el proyecto es rentable.

Considerando el monto de la inversión requerida para la implementación del sistema digital, esto es, US\$ 1'022,000, en dos pasos: primero, la “dicomización” de las modalidades diagnósticas por \$ 258,000 y segundo, la implementación del Pacs inicial propiamente por \$ 764,000 durante el primer año, se puede concluir que este proyecto es viable técnica y económicamente.

Tabla 6.8 - PROYECCION DEL FLUJO DE COSTOS DEL SISTEMA DIGITAL Y SISTEMA ACTUAL
(Expresado en US\$)

ESCENARIO : NORMAL

CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
COSTOS DEL SISTEMA DIGITAL (INVERSION)											
Sistema de Digitalizacion	258.000	0	25.600	25.600	25.600	25.600	25.600	25.600	25.600	25.600	25.600
Sistema PACS	764.000	0	76.400	76.400	76.400	76.400	76.400	76.400	76.400	76.400	76.400
TOTAL SISTEMA DIGITAL (COSTOS)	1.022.000	0	102.200	102.200	102.200	102.200	102.200	102.200	102.200	102.200	102.200
VAN (COSTOS)	1.941.812										
COSTOS DEL SISTEMA ACTUAL (BENEFICIOS)											
Materiales											
Películas Radiográficas	0	158.104	223.981	237.156	250.331	250.331	250.331	250.331	250.331	250.331	250.331
Químicos Radiográficos	0	14.153	20.049	21.229	22.408	22.408	22.408	22.408	22.408	22.408	22.408
Chasises Analógicos, Letras de Plomo, etc.	0	2.722	3.856	4.083	4.310	4.310	4.310	4.310	4.310	4.310	4.310
Servicios											
Mtto. Procesadoras de Películas e Impresoras	0	18.329	25.966	27.493	29.021	29.021	29.021	29.021	29.021	29.021	29.021
Personal de Revelado	0	14.289	20.243	21.434	22.625	22.625	22.625	22.625	22.625	22.625	22.625
Personal Envío y Recuperación Placas del Archivo	0	10.284	14.570	15.427	16.284	16.284	16.284	16.284	16.284	16.284	16.284
Consumo de Energía Eléctrica de Procesadoras	0	4.222	5.980	6.332	6.684	6.684	6.684	6.684	6.684	6.684	6.684
Repeticiones de Pruebas											
Exámenes Eco-Tomográficos	0	12.995	12.995	12.252	12.252	12.252	12.252	12.252	12.252	12.252	12.252
Exámenes de Radiología	0	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168
TOTAL SISTEMA ACTUAL (BENEFICIOS)	0	270.265	362.808	380.573	399.082	399.082	399.082	399.082	399.082	399.082	399.082
VAN (BENEFICIOS)	3.807.232										
FLUJO EFECTIVO	-1.022.000	270.265	260.608	278.373	296.882	296.882	296.882	296.882	296.882	296.882	296.882
FLUJO EFECTIVO ACUMULADO	-1.022.000	-751.735	-491.127	-212.754	84.128	381.010	677.892	974.774	1.271.656	1.568.538	1.865.420
VAN (FLUJO EFECTIVO)	1.865.432										
TIR (FLUJO EFECTIVO)	24,6%										

Tabla 6.9 - PROYECCION DEL FLUJO DE COSTOS DEL SISTEMA DIGITAL Y SISTEMA ACTUAL
(Expresado en US\$)

ESCENARIO : OPTIMISTA

CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
COSTOS DEL SISTEMA DIGITAL (INVERSION)											
Sistema de Digitalización	258.000	0	25.800	25.800	25.800	25.800	25.800	25.800	25.800	25.800	25.800
Sistema PACS	764.000	0	76.400	76.400	76.400	76.400	76.400	76.400	76.400	76.400	76.400
TOTAL SISTEMA DIGITAL (COSTOS)	1.022.000	0	102.200	102.200	102.200	102.200	102.200	102.200	102.200	102.200	102.200
VAN (COSTOS)	1.941.812										
COSTOS DEL SISTEMA ACTUAL (BENEFICIOS)											
Materiales											
Películas Radiográficas	0	210.805	237.156	250.331	263.507	263.507	263.507	263.507	263.507	263.507	263.507
Químicos Radiográficos	0	18.870	21.229	22.408	23.588	23.588	23.588	23.588	23.588	23.588	23.588
Chasis Análogos, Letras de Plomo, etc A22	0	3.629	4.083	4.310	4.537	4.537	4.537	4.537	4.537	4.537	4.537
Servicios											
Mantenimiento Procesadoras de Películas e Impresoras	0	24.438	27.493	29.021	30.548	30.548	30.548	30.548	30.548	30.548	30.548
Personal de Revelado	0	19.052	21.434	22.625	23.815	23.815	23.815	23.815	23.815	23.815	23.815
Personal Envío y Recuperación Placas del Archivo	0	13.712	15.427	16.284	17.141	17.141	17.141	17.141	17.141	17.141	17.141
Consumo de Energía Eléctrica de Procesadoras	0	5.629	6.332	6.684	7.036	7.036	7.036	7.036	7.036	7.036	7.036
Repeticiones de Pruebas											
Exámenes Eco-Tomográficos	0	12.995	12.995	12.252	12.252	12.252	12.252	12.252	12.252	12.252	12.252
Exámenes de Radiología	0	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168
TOTAL SISTEMA ACTUAL (BENEFICIOS)	0	344.299	381.316	399.082	417.591	417.591	417.591	417.591	417.591	417.591	417.591
VAN (BENEFICIOS)	4.047.843										
FLUJO EFECTIVO	-1.022.000	344.299	279.118	298.882	315.391	315.391	315.391	315.391	315.391	315.391	315.391
FLUJO EFECTIVO ACUMULADO	-1.022.000	-677.701	-398.585	-101.703	213.688	529.079	844.469	1.159.880	1.475.250	1.790.641	2.108.031
VAN (FLUJO EFECTIVO)	2.108.043										
TIR (FLUJO EFECTIVO)	28,0%										

Tabla 6.10 - PROYECCION DEL FLUJO DE COSTOS DEL SISTEMA DIGITAL Y SISTEMA ACTUAL
(Expresado en US\$)

ESCENARIO : PESIMISTA

CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
COSTOS DEL SISTEMA DIGITAL (INVERSION)											
Sistema de Digitalización	258.000	0	25.800	25.800	25.800	25.800	25.800	25.800	25.800	25.800	25.800
Sistema PACS	764.000	0	76.400	76.400	76.400	76.400	76.400	76.400	76.400	76.400	76.400
TOTAL SISTEMA DIGITAL (COSTOS)	1.022.000	0	102.200	162.200	102.200	102.200	102.200	102.200	102.200	102.200	162.200
VAN (COSTOS)	1.941.812										
COSTOS DEL SISTEMA ACTUAL (BENEFICIOS)											
Materiales											
Películas Radiográficas	0	105.403	197.630	210.805	223.981	237.156	237.156	237.156	237.156	237.156	237.156
Químicos Radiográficos	0	9.435	17.691	18.870	20.049	21.229	21.229	21.229	21.229	21.229	21.229
Chasis Análogos, Letras de Plomo, etc.	0	1.815	3.403	3.629	3.856	4.083	4.083	4.083	4.083	4.083	4.083
Servicios											
Manto. Procesadoras de Películas e Impresoras	0	12.219	22.911	24.438	25.966	27.493	27.493	27.493	27.493	27.493	27.493
Personal de Revelado	0	9.526	17.862	19.052	20.243	20.243	20.243	20.243	20.243	20.243	20.243
Personal Envío y Recuperación Placas del Archivo	0	6.856	12.855	13.712	14.570	14.570	14.570	14.570	14.570	14.570	14.570
Consumo de Energía Eléctrica de Procesadoras	0	2.814	5.277	5.629	5.980	5.980	5.980	5.980	5.980	5.980	5.980
Repeticiones de Pruebas											
Exámenes Eco-Tomográficos	0	12.995	12.995	12.252	12.252	12.252	12.252	12.252	12.252	12.252	12.252
Exámenes de Radiología	0	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168	35.168
TOTAL SISTEMA ACTUAL (BENEFICIOS)	0	196.231	325.791	343.656	362.066	378.174	378.174	378.174	378.174	378.174	378.174
VAN (BENEFICIOS)	3.498.898										
FLUJO EFECTIVO	-1.022.800	196.231	223.591	241.368	259.885	276.974	276.974	276.974	276.974	276.974	276.974
FLUJO EFECTIVO ACUMULADO	-1.022.800	-826.789	-602.178	-380.822	-100.957	176.017	460.991	728.964	1.002.938	1.278.912	1.554.886
VAN (FLUJO EFECTIVO)	1.554.898										
TIR (FLUJO EFECTIVO)	20,1%										

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

1. Un Proyecto PACS involucra una nueva filosofía de trabajo que tiene que estar ligada a los objetivos de la institución y del hospital. Así, El HNGAI, siendo un hospital de Referencia, debe estar a la vanguardia de la tecnología para brindar cada vez mejores servicios hospitalarios, mejorando la imagen de excelencia médica en Essalud.
2. La estandarización de la imagen médica y del flujo de información en la era digital permitirá un crecimiento modular y la integración en cada vez mayores redes hospitalarias. El punto de partida es el departamento de Imagenología.
3. La “dicomización” en el departamento de diagnóstico por imágenes permitirá la conectividad de equipos análogos, como los equipos de rayos X, con el PACS, además de una mejora en la calidad de imagen diagnóstica en razón de la tecnología de los equipos de radiografía computada propuestos.
4. Un proyecto PACS es un proyecto único e irrepetible por lo que toma mucho tiempo y esfuerzo su diseño y ejecución. Asimismo debe asegurarse su confiabilidad, soporte y escalabilidad de los sistemas de información con empresas equipadoras comprometidas.
5. El Hospital debe formar un equipo multidisciplinario que plasme sus necesidades y reformule sus procesos. Para este fin una o varias empresas pueden asumir el rol de “socio estratégico” de la institución para el óptimo proceso de diseño e implementación del PACS.

6. El HNGAI incurre en sobrecostos en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades por las limitaciones y problemas del almacenamiento de películas e historias clínicas actual. Esto tiene consecuencias en el seguimiento eficaz y oportuno de algunas enfermedades de tratamiento largo, como la artritis, osteoporosis, u otras enfermedades crónicas, por el límite actual del tiempo de almacenamiento de películas (2 años).
7. Del análisis de ahorros en un entorno Post-PACS en el HNGAI, se demuestra que el principal ahorro tangible corresponde al rubro de “insumos radiográficos”, los que representan un monto de USD 418,333 anuales.
8. La evaluación de factibilidad económica efectuada está basada en el análisis de los ahorros que involucra esta tecnología; sin embargo existen otros ahorros ocultos, no cuantificados, derivados de la mejora de procesos, eficiencia, y calidad de atención en la etapa post-PACS que mejorarían las estimaciones de factibilidad realizadas.

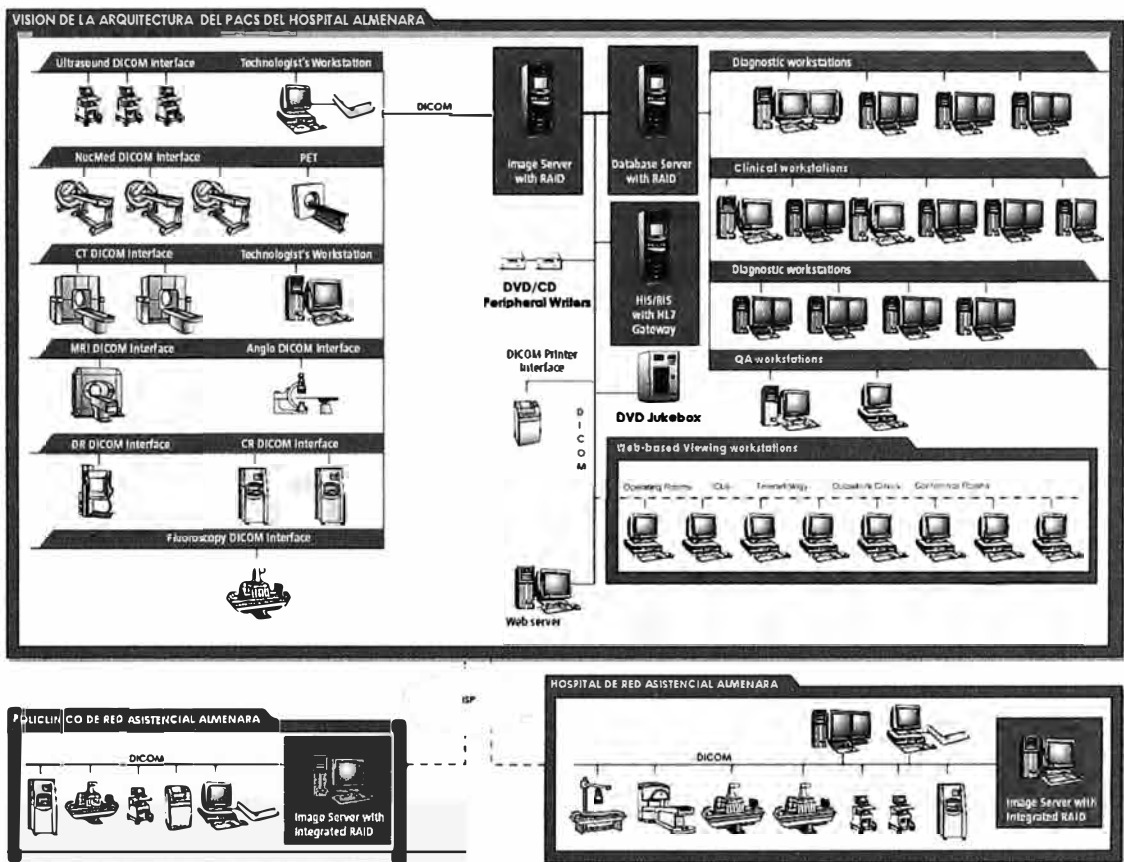
Recomendaciones:

1. En la actualidad, el HNGAI emplea varios ambientes hospitalarios para los fines de procesamiento de películas o revelado (Anexo C). Estas áreas progresivamente debieran reducirse en beneficio de los servicios asistenciales.
2. El Hospital debe decidir entre un desarrollo propio del RIS y HIS, o la adquisición de soluciones comerciales para las mismas. La solución que se tome debe cumplir los estándares internacionales (por ejemplo HL7, IHE) para asegurar la escalabilidad e interconectividad a mayores redes hospitalarias, asegurando larga vida al sistema de información radiológico y hospitalario.
3. El personal debe estar plenamente involucrado y capacitado para el éxito del PACS. La Gerencia de Recursos Humanos deberá evaluar la aptitud del personal y motivar su colaboración en el proceso de los cambios hacia el éxito del PACS.

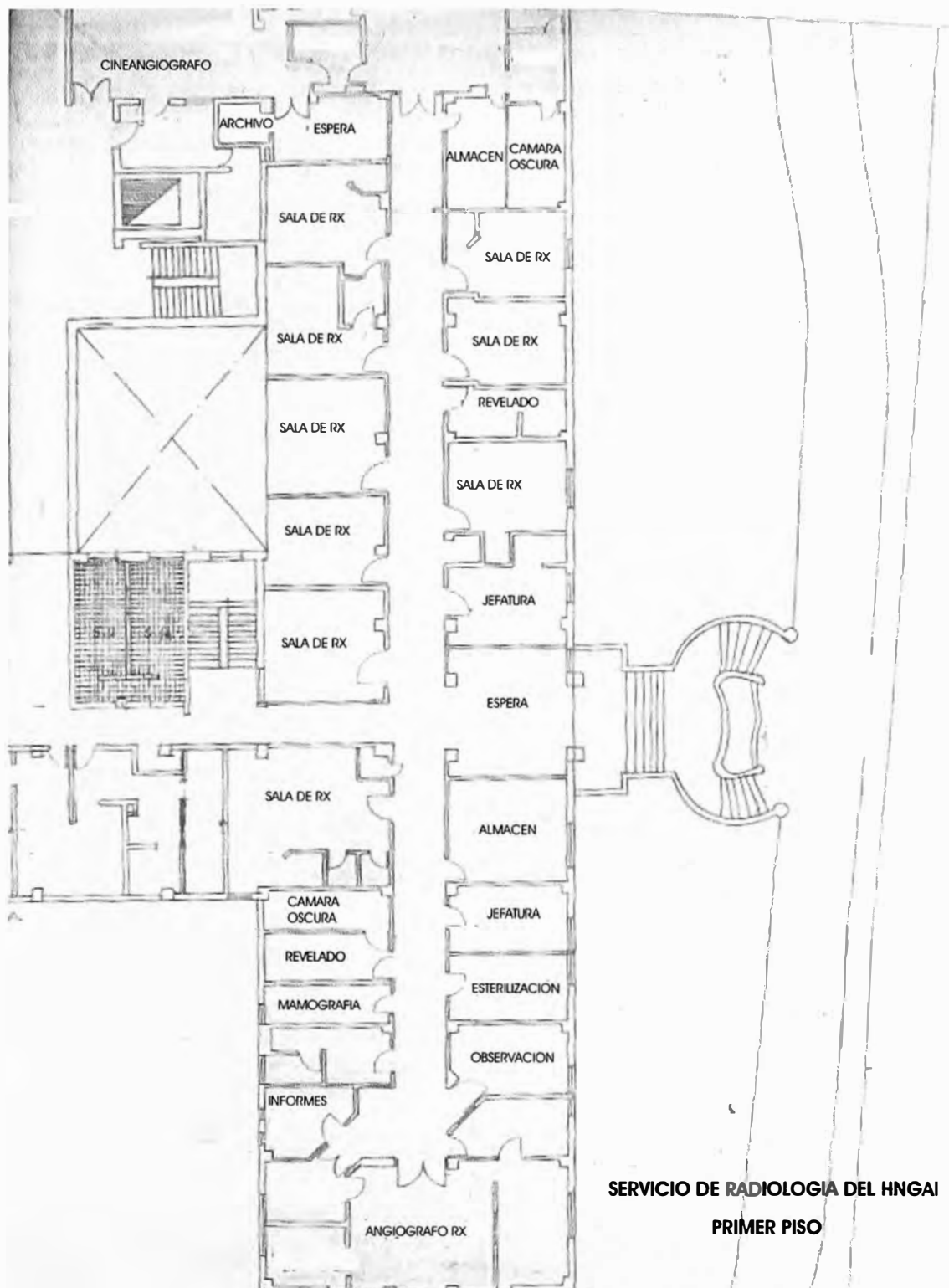
ANEXO A
CUADRO COMPARATIVO DE PACS COMERCIALES

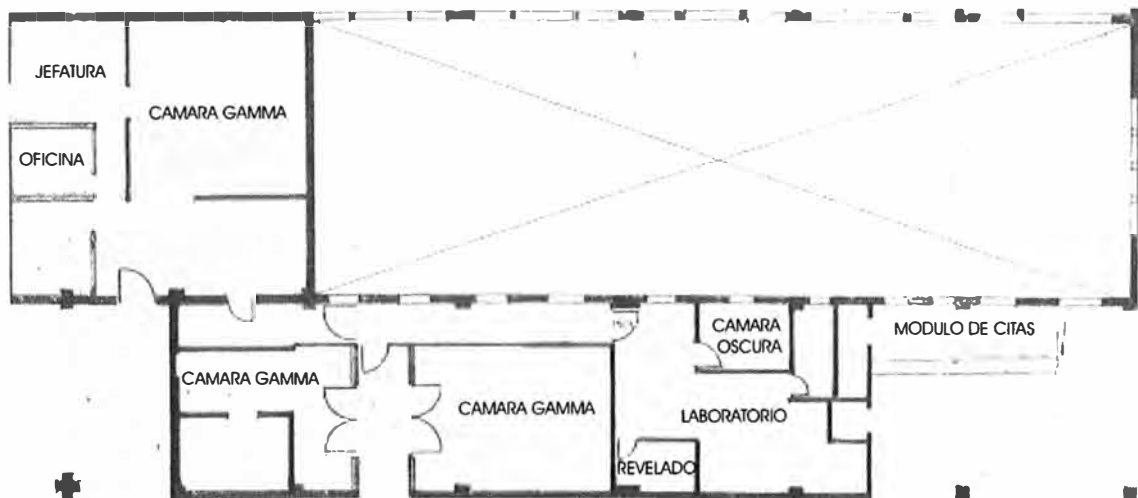
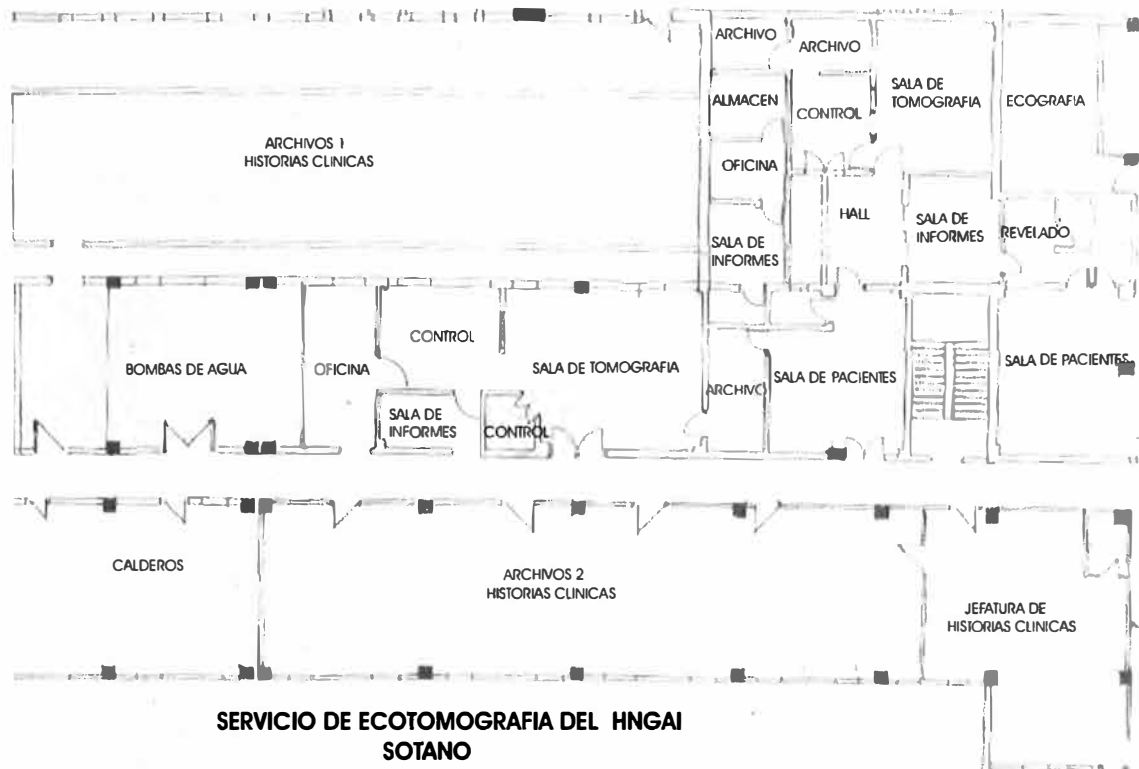
COMPANY	AGFA HEALTHCARE	PHILIPS MEDICAL SYSTEMS	EASTMAN KODAK COMPANY	GE MEDICAL SYSTEMS INFORMATION TECHNOLOGIES
Product name	IMPAX	EasyAccess	KODAK DIRECTVIEW PACS System 5	Centricity RIS/PACS
How long has PACS been a part of your company's product line?	13 years	18 years	10+ years	13 years
Did you acquire your PACS? If so, when?	No	No	Yes Nov-03	Yes 1996
# of primary sites installed (US)	250	200	120	>300
# of primary sites current version installed (US)	245	200	45	>160
# of primary sites current software release installed (US)	15		45	>10
Primary target market	Imaging centers, community based, & large hospitals	Medium and large hospitals	Clinics, imaging centers, all hospital sizes	A wide variety of customer needs and budgets
% of sites in each market	40% lg. hospital, 30% med. hospital, 23% sm. hospital, 7% imaging centers		25% lg. hospitals, 50% med, 15% sm, 10% imaging centers	Offering products in each of these segments
PACS-related products provided for other markets	Yes, cardiology orthopedics	Cardiology	WLP, mammo, digital enterprise archiving, RIS, & Network Installation	Cardio, workflow solutions, lrg, same strg. & Web distrib. of radio, PACS
Do you offer an integrated clinical systems solution? If so, which?	Yes Integ. & stand alone PACS, RIS, speech recog., 3D & WEB EPR Integ.	Yes	Yes	RIS/PACS, EMR product integrates RIS/PACS images & results + EMR product: Centricity Physician Office EMR
Product names	IMPAX, TalkStation, AccessPT portal		PACS, RIS, & enterprise archiving, supports integration w/ other systems PACS System 5, RIS 2010, VIParchiv	Cent. RIS/PACS McKesson/Corner EMR
Product footprint				
Turnkey solution or software only	Both	Both	Both	Both
% of sales turnkey	90%	70%	70%	~80%
% of sales software only	~10%	30%	~10%	
Last commercial software upgrade	Sep-03	Sep-03	Oct-03	Centricity 2.0 in Q3 2003
Anticipated next software upgrade (Version 5.0 to Version 6.0)	Oct-04	Sep-04	As required	Centricity 2.1 in 2nd half 2004
5 features offered by newest upgrade	Auto display protocols, CD-burner solutions w/ viewer, MIP/MPR/3D, teaching file, enhanced integration +	Localizer, NuCLED package, user handling function, meets HIPAA & IHE database req., display ECG in CineLoop	Global workflow, MPR for 3D, integrated voice dict., fault tolerance, integrated web (same global database view)	Radcard shared infrastructure, rad/card single ptr. folder w/ base workflow, valid integrat. to latest SAN +
Last software update & version	Aug-03	Feb-03	Aug-03	Q3 2003
Average # of software updates/year	2	2: 1 major, 1 minor	2	2 software updates per year
Broker or brokerless	BI-directional using HL7	Both	HL7 brokerless, avail. broker supported	Either depending on RIS model
If brokered, whose?	Agfa Healthcare	EasyLink	Mira	Software licensed from Mira
IBM Partners				
CR	Agfa Healthcare	Philips CR and others	Kodak	Agfa
DR		Philips DR and others	Kodak	
Archives	StorageTek, EMC, Pioneer Pfemom more	StorageTek, IBM	Kodak/IBM/EMC/SUN/Storage Tek	EMC, Harsmon
SAN	EMC, StorageTek, Sun, IBM, Hitachi, XioTech, more		SANergy	EMC
Workstation software	Agfa Healthcare	Seotix	Kodak	IFA IGE developed
3-D software	Agfa or Voxar 3D	Philips ViewForum, Voxar	Kodak	IFA IGE developed
Web compression		JPEG2000 progressive compression	Progress	
Voice recognition	Agfa Healthcare TalkStation	Medgest SpeechID	Powerscribe and Talk Technologies	Powerscribe and Talk Technologies
Current software version support	No	Yes, for distribution	No, Kodak does support workflow compression for web distribution.	Several compression options available.
JPEG 2000 compression			Q4 2004	2nd half 2004
If not, when expected to be commercially available	Next release			
Proprietary hardware/software used in the system	Agfa uses off the shelf hardware & writes its own code	No	Hardware: off the shelf software: proprietary & internally developed	No
# documented	150	>50	40+	50
Product features				
Document scanning	Yes, TS 5	Yes	Yes	Yes
Document scanning supported	Yes	Yes	Yes	Yes
Real time color capture	Cardio3000	Yes	Yes	Yes
Frame rate	30	Yes	Up to 30 fps	Variable, mostly >25 fps
Included audio & waveform	Waveform	Yes	Yes, Kodak RIS 2010 product	Variable, contact GE for more info.
Orthopedics	Yes	Yes	Integration targeted for Q2 2004	Yes
Whose software?	IMPAX	Own	Orthoview	Orthoview
MIPS, MPR	MIP/MPR standard	Yes	Yes, MPR, MIP is targeted for Q1 2004	Yes
Other	CD-burner w/ DICOM viewer, teaching file, integrat. capable w/ content server, 3 monitor display, lossy compress. +	BMD, teaching files, NM color palette, ECG waveforms, localizer, scheduled-demonstrations and more		
Service				
Average service cost as a % of list	Variable based on service agreement	~ 15% of equipment list	9%	Contact vendor
Components covered by >99% uptime	Variable based on service agreement	All critical components	All components have 99% uptime.	Contact vendor
Average on-site response time for covered components	Variable based on service agreement		Dependent on the service level agreement	2-4 hrs.
Components exempt from a >99% uptime guarantee	Variable based on service agreement		None	Contact vendor
Average on-site response time for exempt components	Variable based on service agreement	Response time varies by product and service provider	Dependent on the service level agreement	6 hrs.
Software only service contract avail.	Yes	Opt. to Gold/Platinum service agreement	Yes	Yes
Average cost as a % of list	Variable based on service agreement		9%	Contact vendor
Contact information				
PACS Website address	www.agfa.com	www.medical.philips.com	www.kodak.com/global/en/health	www.gehealthcare.com
PACS National Sales Manager	Tom Boon	East: Chuck Pyle, West: Scott A. Johnson	James Niedhammer	Paul Johnson
PACS Product Manager	Richard Jung	Faolo Dilda	Gary Larson	Peter McIlhenny
Circle No.	101	121	109	114

ANEXO B
VISION DE LA ARQUITECTURA DEL PACS DEL
HOSPITAL ALMENARA



ANEXO C
DISTRIBUCION FISICA DE AMBIENTES DEL DEPARTAMENTO
DE IMAGENOLOGIA





ANEXO D
DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LA RED ASISTENCIAL ALMENARA



ANEXO E
GLOSARIO

ACR-NEMA American College of Radiology-National Equipment Manufacturers

Sus comités desarrollan estándares para la práctica de la teleradiología. Norma las características mínimas de la adquisición de las imágenes para las diferentes modalidades diagnósticas que son adoptadas por fabricantes.

DICOM Digital Imaging Communications in Medicine

Un estándar de la industria para la conexión, y la comunicación entre dispositivos de imagen médica. Desarrollado por el comité ACR-NEMA y soportado por el Colegio Americano de Radiología (ACR) y la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA). La versión más reciente es DICOM 3.0.

EMR Electronic Medical Record**EPR** Electronic Patient Record

Sistema de datos clínicos basado en computadora diseñado para reemplazar los registros en papel de pacientes. Llamado también EMR.

FDA Food and Drug Administration

Entidad norteamericana que aprueba la comercialización de equipos médicos y fármacos en su mercado, que por su relevancia y nivel de exigencia se ha convertido en referente internacional de validación de producto reconocido por los fabricantes que pretenden comercializar sus productos en USA y a nivel global.

HIS Health Information System

Sistema informático que soporta las funciones y actividades hospitalarias como registros de paciente, programaciones, administración, facturación y pagos, también se enlaza con el RIS.

HIPAA Health Insurance Portability and Accountability Act

Ley general norteamericana diseñada para regular la portabilidad de la información médica de los pacientes. Protege la identificación de las personas en los entornos de los sistemas de información de salud. Nuevamente, la competitividad y la preponderancia del mercado norteamericano permiten la adopción de estas normas por los fabricantes.

HNGAI Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen.

HL7 Health Level Seven

Interfaz estándar que interrelaciona los diferentes sistemas de información hospitalarios. Este estándar define el formato de intercambio de archivos de texto entre diferentes base de datos hospitalarias.

IHE Integrating the Healthcare Enterprise

Organismo que provee de metodologías de implementación de IT en salud, además de probar y especificar tecnologías y procesos para asegurar la integración y escalabilidad de una implementación.

MODALIDAD

Equipo médico usado para el diagnóstico por imágenes de alguna especialidad médica.

METADATA

Componente de la data que la describe de manera estructurada.

OEM Original Equipment Manufacturer

Compañía que fabrica componentes o productos, que son usados en los productos de otras compañías.

PACS Picture Archive and Communication System

Sistema de almacenamiento y distribución de imágenes para modalidades médicas (X-ray, CT, MR, US, NM, etc.) compuesto de servidor de imágenes, archivo, impresoras que son accedidas por usuarios a través estaciones de trabajo sobre una red de alta velocidad.

RAID Redundant Array of Inexpensive Disks.

Alguno de los 6 tipos de arreglo de discos rígidos para incrementar la velocidad de transmisión, confiabilidad y seguridad en el backup de datos.

RIS Radiology Information System

Sistema Informático especializado que soporta la contabilidad de actividades, almacenamiento de datos de paciente, programaciones y reportes médicos del departamento de radiología del Hospital. Se enlaza o puede estar integrado al HIS.

RSNA Radiology Society North American

El congreso anual del RSNA es el principal evento mundial de la radiología donde se muestran investigaciones, equipos y tecnologías emergentes del mundo del diagnóstico radiológico.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PACS and Imaging Informatics
H.K. Huang, 2nd edition, 2004
- [2] PACS- A Guide to the Digital Revolution
Dreyer, Mehta, Thrall , 1st edition, 2001
- [3] Radiology PACS Guide
Philips Medical System B.V., 2003
- [4] PACS RFP Version: 1.3
University of Pennsylvania Health System , 2000
- [5] Radiología Digital, Pacs, Telerradiología y Estrategias en Radiología
Informática Médica Integral S.L. 2da Parte , 2000
- [6] Data Sheet of PACS
www.rt-image.com, May 2004
- [7] Estrategias para el diseño sistemático de un PACS Institucional
De Nardi Marco, Revista Informática Médica Nro. 7, 2003
- [8] The Art and Science of Investing in a PACS
Kleckner III Martins , [Imaging Economics.com](http://ImagingEconomics.com) , 2002
- [9] Memoria Anual de EsSalud 2001-2002-2005, Estados Financieros Auditados.
Inversiones en EsSalud CENDI
- [10] Society for Computer Applications in Radiology (SCAR) Online Expert
Hotline, <http://scarhotline.mcw.edu/scar/eh/index.html>
- [11] Demystifying data storage: Archiving options for PACS
Paul Nagy, PhD and Jacob Farmer
www.appliedradiology.com , May 2004
- [12] Información Estadística y Costos 2003, Departamento de Radiología del HNGAI