

# **DESARROLLO DE UNA RED DE IMAGENOLÓGÍA PARA RADIOLOGÍA**

Dra. Claudia Feregrino Uribe, M.C. Alba Ruth Meléndez Islas.  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica.

## **RESUMEN**

En la actualidad los estudios radiológicos son sumamente importantes para el diagnóstico clínico, tal es el caso de ultrasonidos, tomografías, resonancias magnéticas, densitometrías óseas y rayos x simple. Estos estudios producen imágenes que son impresas en placas radiográficas y que posteriormente forman parte del expediente médico de un paciente. El manejo de estos expedientes puede convertirse en un problema por el espacio de almacenamiento requerido, la pérdida de los expedientes, la lentitud de su consulta y la repetición de estudios, lo cual deriva en una pobre atención al paciente y en el incremento de los costos.

Los problemas anteriores se pueden evitar con la aplicación de tecnología digital mediante la implementación de un sistema de manejo y comunicación de las imágenes por medio de una red de imagenología. Este sistema permite además de la comunicación entre los principales equipos electromédicos, la utilización de la información para crear expedientes digitales de pacientes y la asistencia en el diagnóstico médico.

Entre las ventajas de implementar una red de imagenología están la accesibilidad de las imágenes de estudios radiológicos y su diagnóstico, la facilidad de almacenamiento de la información (imágenes y datos) en formatos estándar, la disminución considerable en la pérdida de expedientes y por lo tanto de duplicación de estudios, el empleo de bases de datos para el manejo de la información y por consiguiente el fácil seguimiento de pacientes y generación de reportes estadísticos.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La propagación de la tecnología digital en el campo médico se ha acelerado en los últimos años. En este campo, y en especial en el área de radiología, un concepto que engloba el uso de dicha tecnología es PACS (Picture Archiving and Communication Systems), que es un sistema de comunicación y almacenamiento de imágenes. Esta tecnología consiste de dispositivos de adquisición de imágenes, unidades de almacenamiento, estaciones de despliegue, procesadores y bases de datos. Además, el concepto RIS (Radiology Information System), es el Sistema de Información Radiológica que comprende la parte administrativa del departamento, incluyendo gestión de citas, admisión y alta de pacientes, reportes de diagnósticos, ubicación y seguimiento de las placas radiográficas e información general de los pacientes de radiología. Estos componentes se integran mediante una red de comunicaciones y un sistema de administración de datos.

Durante los últimos años, éstas tecnologías han madurado y sus aplicaciones han ido más allá del área de radiología, han alcanzado los hospitales completos [1].

Se tienen varias ventajas por la introducción de tecnología digital y comunicaciones, entre ellas están la manipulación de imágenes digitales para un mejor diagnóstico y la reducción de número de exposiciones de los pacientes a la radiación. Adicionalmente, se puede incrementar la velocidad de operación del área de radiología o centro médico y reducir los costos de operación. Todos estos beneficios van cambiando poco a poco el modo de adquirir, almacenar, ver y comunicar imágenes para su diagnóstico. Un desarrollo que surge como consecuencia del uso de la tecnología.

## **2. ANÁLISIS DE COSTOS**

El costo de instalar un sistema PACS en un hospital va más allá de la compra del equipo que se adquiere. Para observar realmente la diferencia entre los costos de correr un hospital “digital” y uno con placas radiográficas, se requiere entender primero la operación basada en placa.

### **2.1 OPERACIÓN BASADA EN PLACAS RADIOGRÁFICAS**

En la mayoría de los departamentos de radiología, el procedimiento de operaciones basadas en placa es como sigue:

Las imágenes para diagnóstico convencionales se obtienen de una fuente de rayos-X u otra fuente de energía y se imprimen en placas radiográficas, las cuales se ven en negatoscopios y se almacenan en un archivo de radiografías. Las imágenes que se obtienen de sistemas de adquisición digital (como resonancia magnética y radiografía computada) se despliegan en los monitores de los dispositivos de adquisición para visualizarlas inmediatamente, entonces se graban en cintas magnéticas o discos para su almacenamiento digital. Además, las imágenes se imprimen en placas para visualizarlas y después se almacenan.

Debido a que los médicos usualmente tratan imágenes en placas radiográficas, muchas veces las imágenes digitales son impresas en placa para visualizarlas, aunque este método disminuye la calidad de la imagen. Como resultado, la mayoría de los departamentos todavía usan placas para realizar los diagnósticos y como un medio de almacenamiento, independientemente del origen de la imagen.

En general, las placas radiográficas obtenidas en los últimos 6 meses se tienen almacenadas en el archivo del departamento de radiología y las más viejas se almacenan en otro lugar del hospital. Para obtener radiografías viejas, se requiere entre ½ hora y 2 horas.

La mayoría de los departamentos de radiología arreglan sus operaciones en base a órganos [2], con excepción de medicina nuclear, ultrasonido, y algunas veces resonancia magnética y tomografía computada, y algunas veces la

clasificación se hace más fina o con mayor detalle. Este detalle sirve para entender el costo de la operación basada en placas.

Para cada una de las secciones o especialidades (por ejemplo, ultrasonido, pediatría, neuroradiología, mastografía, etc.), se debe considerar el número de procedimientos realizados, placas usadas y el costo de las mismas. Esta información se puede usar para determinar el número de estaciones de visualización y la capacidad de almacenamiento necesaria.

En cuanto al costo de las placas, se debe considerar:

- El almacenamiento, incluyendo sus gastos indirectos como el costo de sobres, etiquetas, etc.
- El revelado (tanto equipo y piezas para reparación del mismo, como productos químicos) y sus gastos indirectos involucrados, personal, cuarto oscuro y el personal para manipulación de expedientes radiográficos.
- Costo de las placas, que depende del número de estudios efectuados y las placas usadas por año.

## **2.2 OPERACIÓN DIGITAL**

La introducción de tecnología digital en el departamento de radiología debe incluir el uso de redes de alta velocidad, protocolos especiales de comunicación para imágenes médicas, interfaces hardware, monitores de alta resolución y aplicaciones de software para visualización de imágenes, entre otros.

Sin embargo, para este tipo de aplicaciones se deben tener consideraciones en cuanto a la red de comunicación, dispositivos de almacenamiento, así como de los monitores para visualización de las imágenes debido a las características de las mismas. Por ejemplo, un estudio de Ultrasonido Doppler de 10 segundos puede producir un archivo de imagen de 255 MB. Tal cantidad de espacio es muy alta si se considera el número de ultrasonidos que se generan a diario. Esto, aunado a la gran cantidad de imágenes que se producen en todo el departamento, lleva a tomar consideraciones especiales para la transmisión y el almacenamiento de tales imágenes, como es el caso del uso de técnicas de compresión de datos y la adquisición de dispositivos especiales como arreglos de discos RAID [3].

El hospital o departamento debe tener personal especializado para dar soporte a la operación digital. Se requerirá de ingenieros de hardware e ingenieros de software/sistemas, todos bajo la supervisión del administrador del PACS. Además, el personal encargado de la operación del departamento debe estar capacitado antes de comenzar a operar digitalmente. El personal debe conocer la estructura y el funcionamiento del sistema PACS (arquitectura de computadoras, panorama general del software, protocolos de comunicación) y además especializarse en el software/hardware con los que se trabajará en su área, por ejemplo, el software de diagnóstico.

### **3. COMPONENTES**

Entre los componentes de un sistema PACS están:

- Gateways de adquisición de imágenes (o interfaces entre el equipo electromédico y la red), con su disco local y su conexión a la red
- Controlador del PACS que incluye el servidor de archivos, la base de datos, almacenamiento permanente y conexión a red
- Cableado de la red de comunicación, incluye switches, hubs, ruteadores, puentes
- Estaciones de despliegado, incluyendo monitores de 2K (para visualización de imágenes para el diagnóstico) y monitores de 1K para consultas
- Interfaz con otras bases de datos, por ejemplo con el sistema de información radiológica
- Digitalizador de placas radiográficas
- Software de visualización de imágenes para diagnóstico y consulta
- Mantenimiento del equipo
- Consumibles (discos ópticos y cintas magnéticas)
- Personal de soporte

Los componentes que se emplean en el desarrollo de este tipo de redes son comerciales, usando software comercial y estándares industriales [1]. Por ejemplo, en el diseño de la infraestructura del PACS se pueden usar el sistema operativo UNIX, el sistema operativo Windows NT, protocolos de comunicación TCP/IP y DICOM, el lenguaje para bases de datos SQL (Structured Query Language), lenguajes de programación C y C++, interfaz de usuario X-Windows, representación de texto ASCII para paso de mensajes, y HL7 (Health Level 7) para intercambio de información de la base de datos del hospital.

Son varias las implicaciones de usar estándares en la implementación de redes de imagenología (PACS). Primero, la implementación de futuros componentes y módulos es directa. Segundo, el mantenimiento del sistema es más fácil. Además, definir las operaciones primitivas del sistema sirve para minimizar la cantidad de código redundante, lo que lleva a hacerlo más fácil de entender, depurar y buscar. Además, esto facilita el entendimiento del sistema y la documentación entre los desarrolladores.

### **4. DESARROLLO DE LA RED DE IMAGENOLOGÍA**

Al inicio del desarrollo del proyecto se debe tener un conocimiento detallado del hospital y en especial del departamento de radiología y su funcionamiento, incluyendo procedimientos de trabajo como son valoración médica y solicitud de estudios radiológicos, programación, realización y diagnóstico de estudios y solicitud de estudios por el médico, entre otros.

Otra de las características importantes es conocer el tipo y número de estudios que se realizan, así como las imágenes que se obtiene de ellos (ver Figura 1), para hacer un cálculo preciso de la cantidad de información que se necesita almacenar y por consiguiente el tipo y capacidad del dispositivo de almacenamiento.

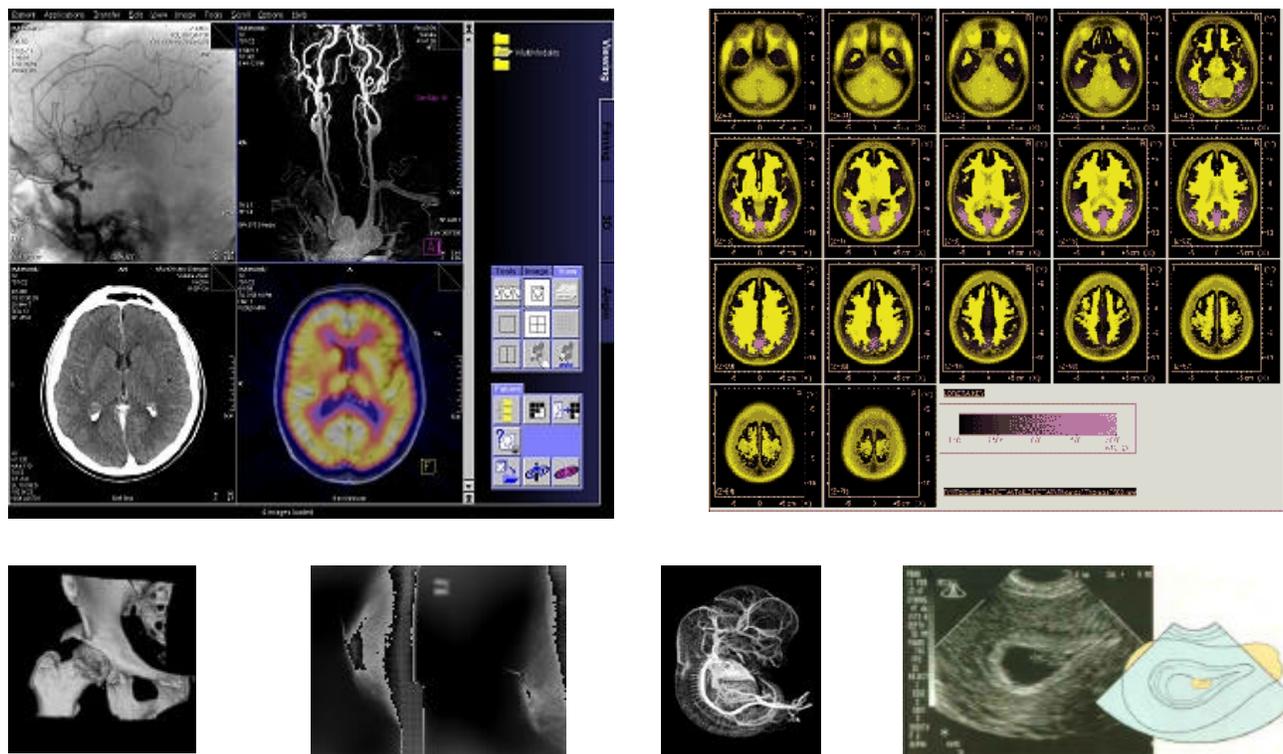


Figura 1. Ejemplos de imágenes radiológicas

Otra cuestión importante es el conocimiento de los equipos con los que cuenta el departamento y su distribución. El área de radiología del hospital en donde se implantará el sistema cuenta, entre otros, con los siguientes equipos:

- Fluoroscopia
- Mastógrafo
- Densitometría
- Tomografía
- Ultrasonido
- Rayos X simple
- Rayos X portátil
- Resonancia Magnética

Todos los componentes y recomendaciones mencionados en secciones anteriores se han tomado en consideración para llevar a cabo el desarrollo de una red de imagenología. Esta red de imagenología se ha dividido en módulos para facilitar su desarrollo, dichos módulos son:

1. Control PACS
2. Sistema de Información Radiológica (RIS)
3. Sistema General de Digitalización (SGD)
4. Sistema de Consulta/Diagnóstico
5. Interfaces Hardware
6. Red de Comunicación

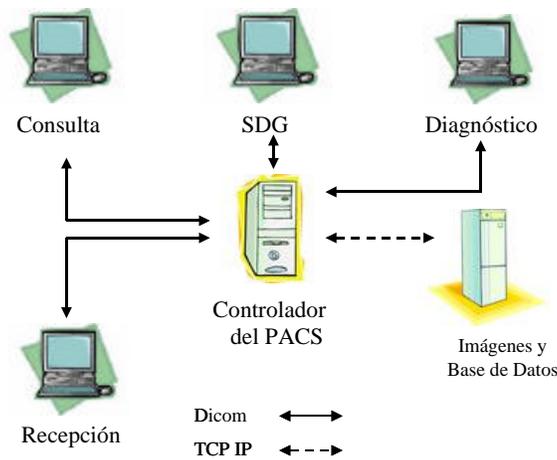


Figura 2. Relación entre el Controlador PACS y algunos módulos de la red de imagenología

El módulo del Control del PACS es el encargado de gestionar la comunicación entre los diferentes módulos respetando el estándar de comunicaciones de imágenes médicas, DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) [4]. Este módulo interactúa con el software de consulta y diagnóstico, el RIS, las bases de datos de imágenes e información de pacientes y el SGD, ver Figura 2.

El módulo del RIS se encarga de diseñar e implementar una base de datos con información radiológica de pacientes y un sistema para manipular la información de dicha base de datos. Además se tiene la programación de citas, el control de expedientes de pacientes (ver Figura 3 ) y el control interno de trabajadores, entre otros. Otra de las funcionalidades del sistema es la generación de reportes estadísticos necesarios en el departamento de radiología. Tal es el caso de reportes de estudios simples y contrastados, cantidad de pacientes atendidos, estudios realizados por período de tiempo, placas y exposiciones utilizadas, así como el consumo de material mensual, entre otros. Además de los anteriores, se realizan reportes por equipo o grupo de estudios.

The image shows a software window titled 'frmPacientes'. It contains two main data entry sections. The first section, 'Datos Personales', has five rows of input fields: 'Apellido Paterno', 'Apellido Materno', 'Nombres', 'Fecha de Nac.', and 'Sexo' (with a dropdown arrow); 'RFC', 'CURP', and 'Domicilio' (with a wide text box); and 'Teléfonos' (with a wide text box). The second section, 'Datos del Hospital', has four rows: 'Matrícula', 'Reg. ISSFAM', 'Grado' (with a dropdown arrow), and 'Parentesco' (with a dropdown arrow); 'Adscripción' and 'Dependencia' (with wide text boxes). A 'Siguiete' button is centered at the bottom of the form area.

Figura 3. Interfaz de captura de datos de pacientes

El SGD no es un módulo estándar, éste se introdujo como forma de adaptación a las necesidades del hospital en donde será implementado este sistema y se encarga de crear un medio con el cual puedan digitalizarse los expedientes que se encuentran en el archivo de placas radiológicas.

El módulo del sistema de consulta y diagnóstico se encarga de la creación del software para hacer consultas de imágenes de estudios radiológicos que ofrezca facilidades para el tratamiento y mediciones de imágenes médicas. La interfaz de usuario debe ser amigable y proporciona herramientas necesarias para realizar el diagnóstico.

El módulo de interfaces hardware involucra el desarrollo del esquema de conexión de los equipos radiológicos con la red. Cabe mencionar que los equipos electromédicos producen salidas con formatos diferentes, por ejemplo video analógico, imágenes digitales, placas radiográficas. En cada uno de éstos, las características varían y se debe tener consideración especial para diseñar cada una de las interfaces. El uso de un gateway comercial requiere que los fabricantes de los equipos proporcionen información y den la facilidad de tomar las imágenes desde las estaciones de trabajo de los equipos.

Por último, el módulo de la red física está encargado del diseño de la red de comunicaciones para el área de Radiología. La red será Ethernet, con topología de estrella y velocidad de transmisión de 100 Mbps.

Cabe mencionar que en el control del PACS está contenido el protocolo de comunicación DICOM. En este protocolo se especifica cómo deben reaccionar los dispositivos que dicen cumplir con el estándar a comandos y datos que se intercambian. Usa objetos de información para describir entidades (imágenes, gráficas, estudios, reportes, etc.). Usa el modelo entidad-relación para identificar únicamente los objetos de información.

Hasta el momento se ha llevado a cabo el diseño del sistema completo, ver Figura 4, incluyendo las tablas de las bases de datos y sus relaciones, y se ha comenzado la programación de cada uno de los módulos de software así como el desarrollo de las interfaces hardware. El lenguaje de programación elegido es C++, con manejador de base de datos ODBC y Postgres, Sistema Operativo Windows.

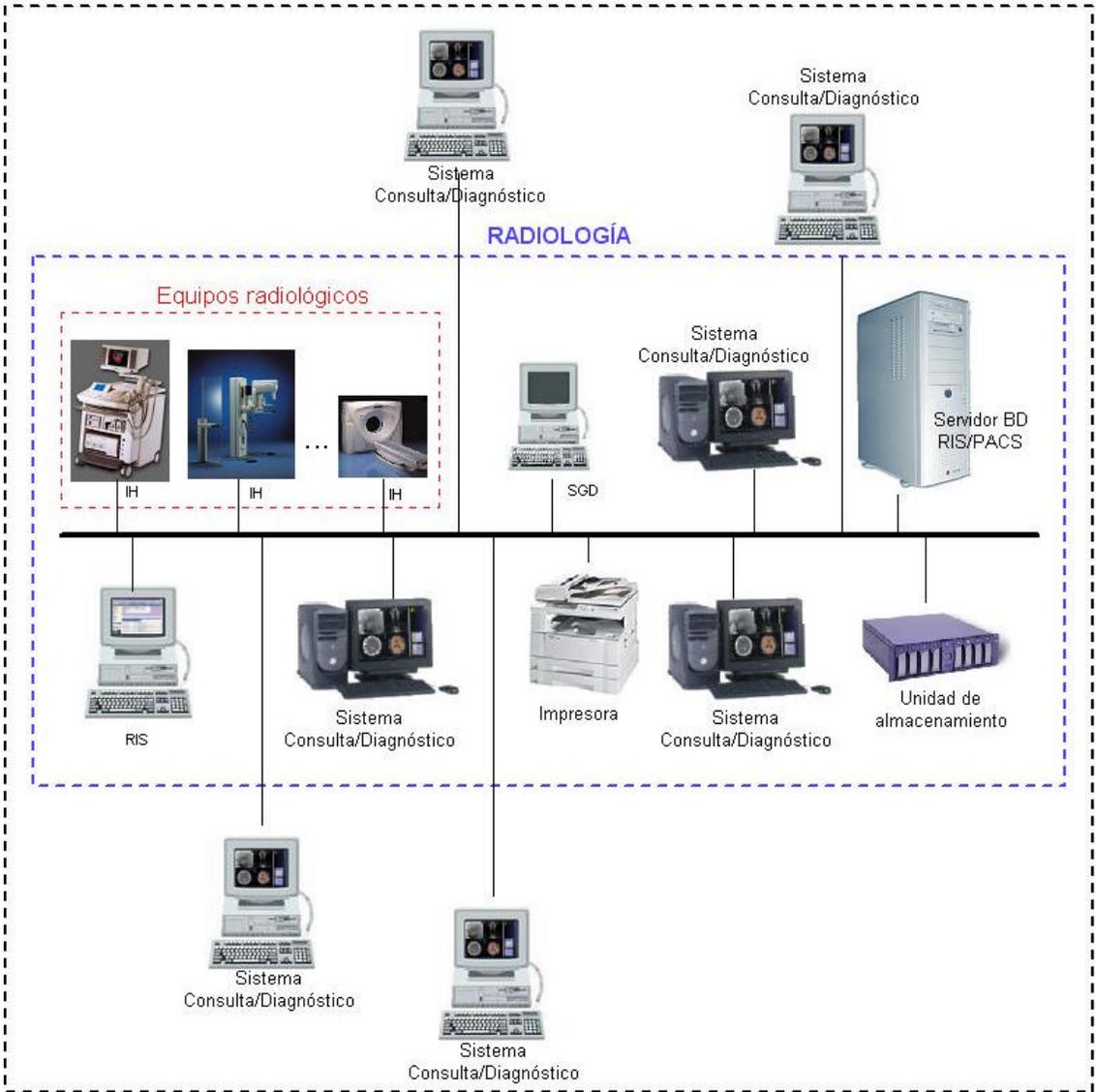


Figura 4. Arquitectura de un sistema PACS (IH=Interfaces Hardware, BD=Base de Datos).

## 5. RETOS

Algunos de los retos principales que se han encontrado son:

- La falta de apertura por parte de la compañía vendedora del equipo electromédico para proporcionar información acerca del formato de salida de las señales de los equipos. Por lo cual, se deben tener en cuenta otras alternativas para la obtención de imágenes.
- La oposición del personal a la interacción de la red de imagenología con sistemas de software desarrollados para otras áreas del hospital.

Entre los retos que se tendrán a futuro, según lo estudiado en la literatura [1,2,5] son:

- La resistencia del personal médico para aceptar y adaptarse al manejo de tecnología digital, ya sea para consultas de información o manejo de imágenes digitales en lugar de placas radiográficas.

## 6. CONCLUSIONES

A pesar de los retos y los problemas que se pudieran encontrar al desarrollar e implementar una red de imagenología en cualquier hospital, las ventajas que se tienen son muchas, entre ellas están la accesibilidad de las imágenes de estudios radiológicos y su diagnóstico, la facilidad de almacenamiento de la información (imágenes y datos) en formatos estándar, la disminución considerable en la pérdida de expedientes y por lo tanto de duplicación de estudios, el empleo de bases de datos para el manejo de la información y por consiguiente el fácil seguimiento de casos de pacientes y generación de reportes estadísticos.

Económicamente, en pocos años después de haber iniciado las operaciones digitales dentro del departamento de radiología, los costos de inversión del PACS se han recuperado.

## 7. REFERENCIAS

1. H. K. Huang, PACS Basic Principles and Applications, Wiley-Liss, USA, 1999.
2. Eliot L. Siegel, Robert M. Kolodner, Filmless Radiology, Health Informatic Series, New York, USA, 2001.
3. Página web, <http://www.webopedia.com/TERM/R/RAID.html>.
4. American College of Radiology, National Electrical Manufacturers Association. Digital Imaging and Communications in Medicine. Washington, D.C.: NEMA. 1993.
5. A. Bermann, Ve. Wetekam, C. Glietz, C. Bulitta, Assessing Potential Benefits of Information Technology in Healthcare, Electromédica Vol. 70, No. 1, 2002.