

Dr. Ernesto Roldán-Valadez,¹
 Dra. Ruby Espejo-Fonseca,¹
 Dr. Jorge Hernández-Ortiz.¹

Hacia una radiología "sin placas": Sistema de Archivo y Comunicación de Imágenes (PACS)

RESUMEN: El Sistema de Comunicación y Archivo de Imágenes (PACS: *Picture Archiving and Communication System*); es el sistema computarizado que permite reemplazar el papel tradicional de las películas radiográficas; las imágenes son ahora adquiridas, almacenadas, transmitidas y desplegadas digitalmente. Para que el sistema PACS funcione en forma ideal, debe estar integrado con: los sistemas de información radiológica (*Radiology Information System*), que es el software que hace funcionar al PACS, y el sistema de información del hospital (*Hospital Information System*). La principal ventaja que el PACS ofrece es aumentar la eficiencia resultante de la manipulación de las imágenes en forma electrónica. El

presente artículo presenta una revisión breve de las principales ventajas y desventajas del PACS, sus generalidades operativas, así como una panorámica de las aplicaciones futuras del PACS y la informática médica, en la creación del "expediente clínico electrónico completo".

PALABRAS CLAVE: HIS, PACS, RIS, ROE.

ABREVIATURAS: HIS: sistema de información del hospital; PACS: Sistema de Comunicación y Archivo de Imágenes; RIS: sistemas de información radiológica; ROE: solicitud de estudios remota; RM: resonancia magnética; TC: tomografía computada.

¹ Del Departamento de Radiología e Imagen. Fundación Clínica Médica Sur. Puente de Piedra # 150. Col. Toriello Guerra, 14050, México D.F. Copias (copies): Dr. Ernesto Roldán-Valadez ernest.roldan@usa.net

Introducción

El Sistema de Comunicación y Archivo de Imágenes (PACS, *Picture Archiving and Communication System*); es el sistema computarizado que permite reemplazar el papel tradicional de las películas radiográficas; con este sistema las imágenes son adquiridas, almacenadas, transmitidas y desplegadas digitalmente (Figura 1). El PACS, pudo ser creado cuando, hace cerca de 20 años,¹ en 1985 el Colegio Americano de Radiología (American College of Radiology) y la Asociación de Industrias de Electricidad Nacional (National Electrical Manufacturers Association) de los Estados Unidos lograron la crea-

ción de una interfase llamada DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) que permitió transferir datos e imágenes entre equipos de ultrasonido (US), tomografía computada (TC) y resonancia magnética (RM), a impresoras, monitores y sistemas de archivo de diferentes marcas.²

Ha sido en los últimos diez años, cuando el PACS ha cobrado mayor auge entre los hospitales de países desarrollados.¹ Un PACS está compuesto principalmente de: interfaces DICOM, redes de comunicación, sistema de almacenamiento de imágenes, estaciones de posproceso o de trabajo para revisión y lectura de las imágenes, servidores por el manejo

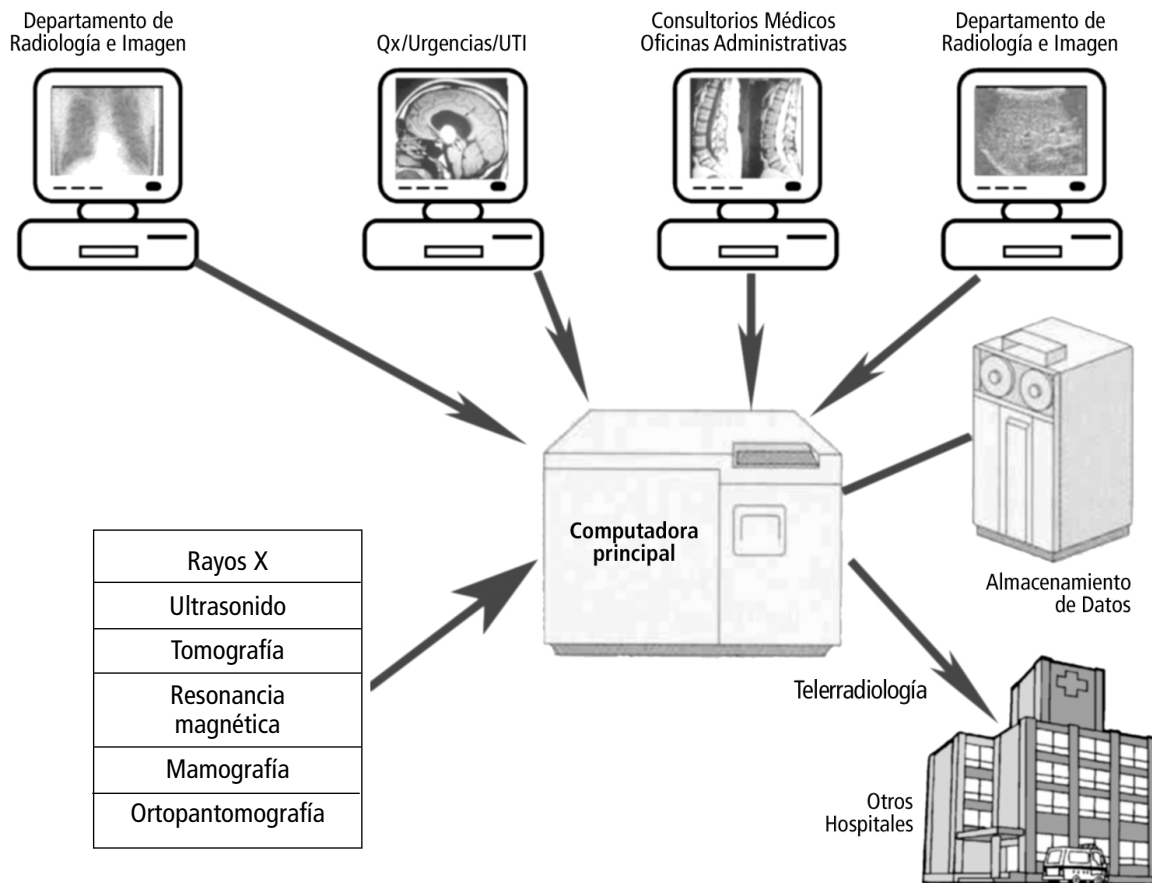


Figura No. 1. Representación esquemática de un sistema PACS

de información e interfaces del sistema de información de imágenes.² Aunque hay cientos de sistemas PACS operando alrededor del mundo, la mayoría de ellos están constituidos por pequeños enlaces entre el departamento de Radiología de Imagen y algunos servicios hospitalarios como la terapia intensiva, o el departamento de Patología. Se considera que muy pocos hospitales alrededor del mundo (menos de 50 probablemente), son los que tienen un sistema de red completa que conecta el departamento de Radiología e Imagen con las diferentes áreas médicas y administrativas de un hospital.^{1,2,3,6}

Las ventajas del PACS

1. Si el reemplazo de las películas convencionales de rayos X fuera el único papel del PACS, ésta sería una vía injustificadamente cara y compleja para lograr este objetivo, sin embargo, la principal ventaja que el PACS ofrece es aumentar la eficiencia resultante de la manipulación de las imágenes en forma electrónica.^{7, 8}

2. Una vez que la imagen ha sido adquirida utilizando el sistema PACS, ésta no puede ser perdida o mal archivada (muchos hospitales reportan que hasta 20% de sus estudios de imagen se encuentran perdidos al momento de ser requeridos para revisión, lo cual crea retrasos en la atención médica). Esto es, la imagen está siempre disponible, las citas del paciente no son canceladas, las decisiones clínicas no se retrasan, no hay “estudios de imagen repetidos” debido a que los originales están desaparecidos y se elimina la pérdida de tiempo por parte del personal médico o de enfermería buscando las “películas perdidas”. Todos los estudios de imagen están disponibles día y noche para su revisión en cualquier punto del hospital (o fuera de éste si hubiera también instalado un sistema de telerradiología).

3. Las numerosas terminales de PACS que idealmente son instaladas en los diferentes departamentos del hospital permiten una revisión simultánea en múltiples monitores de la misma imagen, a diferencia de las películas conven-

cionales que sólo pueden existir físicamente en un solo lugar en un momento dado. Esto significa, por ejemplo, que un médico del servicio de urgencias puede discutir los estudios de imagen de un paciente con el Radiólogo, sin que ambos salieran de sus respectivas oficinas. En forma similar, cuando el paciente regresa a la sala de espera de la consulta externa después de habersele practicado un estudio de imagen, el estudio puede ser revisado en los monitores de las terminales del PACS por el médico que refirió al paciente.

4. La base de datos computarizada del PACS permite que los datos sean agrupados automáticamente en él con diferentes instrucciones (ordenamiento ya sea cronológico o alfabético), que las imágenes tengan la posición correcta: derecha, izquierda, posición en espejo y la etiqueta correcta. Las imágenes pueden ser recuperadas utilizando una amplia variedad de criterios como nombre del paciente, médico que solicitó el estudio, número de expediente, fecha del estudio, etc. Todos los estudios de imagen están disponibles inmediatamente en el sistema PACS, lo que permite a los radiólogos revisar los estudios actuales, comparándolos al mismo tiempo con estudios de imagen previos.
5. Trabajar con las imágenes digitales en los monitores, permite utilizar una gama completa de herramientas en el sistema computarizado para “manipular y posprocesar” las imágenes, por ejemplo alterar el contraste y brillo de los tejidos blandos y del hueso, observar el pulmón izquierdo detrás de la silueta cardiaca, etc. Existe una mayor cantidad de información que puede ser extraída de la imagen, lo cual es en parte resultado de un nuevo dispositivo de adquisición basado en películas de fósforo fotoestimulables, el cual permite transformar las imágenes a un formato digital. Puesto que estas pantallas de fósforo tienen un rango de sensibilidad más dinámico que las películas convencionales de rayos X, esto permite la observación simultánea y mejorada de estructuras anatómicas que tienen una radiosensibilidad diferente, esto permite también una exposición menor a la radiación en algunos estudios. (Figura 2)^{9, 10}
6. El PACS permite un ahorro económico directo, resultante de no gastar en películas convencionales, sobres de papel, productos químicos para el revelado de las películas, ahorro de los sueldos que se pagan a los técnicos del cuarto oscuro, secretarias que archivan las películas y redistribución del espacio físico previamente ocupado para almacenar las películas de los estudios de imagen. Los ahorros en los costos no son, sin embargo, tan grandes como pudiera creerse, pues aunque ya no se paga a los técnicos del cuarto oscuro, será necesario ahora contratar a un pequeño número de “administradores de tecnologías de la información” que reciben sueldos más altos. El objetivo de introducir un sistema PACS en un hospital, es el lograr el menor costo neutral con respecto a la radiología convencional; si algún ahorro es logrado, éste se considera como un bono adicional. La ventaja real de un hospital que ha

instalado un sistema PACS, es el enorme incremento en la eficiencia del manejo de datos que este nuevo sistema computarizado proporciona.

Generalidades Operativas

Aunque los protocolos de operación varían para cada hospital con el número de terminales instaladas, la capacidad de almacenamiento, instalación de servicios de telerradiología, uso de Internet, etc., podemos mencionar algunas generalidades en el funcionamiento de estos sistemas:^{7, 11}

Los estudios de imagen son impresos solamente cuando se soliciten por instituciones externas, existe un sistema de almacenamiento central de imágenes para los archivos de largo plazo con una capacidad cuyo promedio puede ser de dos Terabites en discos ópticos (las imágenes en película simple serían comprimidas después de su reporte y revisión en una proporción 10:1); un sistema de almacenamiento a corto plazo, para los estudios que se utilizan en promedio 10 días, con una capacidad de 256 Gigabytes distribuido en varios discos duros convencionales, con esta medida, si alguno de los discos duros falla, sólo una pequeña parte de los estudios de imagen se perdería. Además, los sistemas de disco duro convencional cuentan con un software de manejo de datos que cuenta con un algoritmo para corregir errores, el cual puede reescribir los datos perdidos con gran precisión, volviendo a la pérdida de datos una situación altamente improbable. La arquitectura de la red del PACS está centralizada, utilizando un protocolo de conexión rápida punto a punto con fibra óptica de alta capacidad, pues una transmisión rápida es crucial para mover la vasta cantidad de información contenida en los

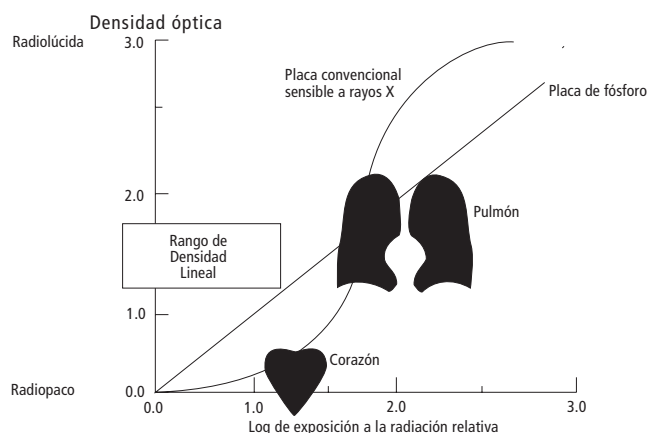


Figura No. 2. Gráfica que muestra la curva sigmoidea que relaciona la densidad óptica y la exposición a la radiación de la película convencional sensible a los rayos X, comparada con la respuesta lineal obtenida con la placa de fósforo fotoestimulable en las nuevas imágenes digitales. La película de fósforo tiene un rango dinámico mayor (latitud), lo cual cae dentro de los niveles diagnósticos de sensibilidad óptica, permitiendo una mejor visualización de un mayor número de estructuras anatómicas en una película; y responde mejor a dosis menores de radiación que las películas convencionales sensibles a rayos X. Modificado de Strickland *et al.*¹⁷

estudios de imagen a través de las diferentes terminales y monitores del sistema. (Cuadro 1). Los datos demográficos textuales, pueden ser transmitidos a través de un protocolo ethernet más lento. (Figura 3).

Las imágenes se recuperan en aproximadamente dos segundos en el sistema de almacenamiento de corto plazo, y en aproximadamente dos minutos en el sistema de almacenamiento de largo plazo. En los grandes hospitales, la gran

Cuadro I. Capacidad de almacenamiento necesaria para archivar imágenes digitales

| Imagen Digital | Tamaño del Archivo de Imagen |
|---|------------------------------|
| Ultrasonido | 250 KB |
| Tomografía computada o Resonancia magnética | 1 MB |
| Mamografía digital | 4 MB |
| Rayos X de tórax de alta resolución | 16 MB |
| Un examen completo de Tomografía computada o Resonancia magnética | 100 MB |
| Una semana de imágenes digitales (No comprimidas) | 100 Gigabytes (100,000 MB) |
| Un año de imágenes digitales (No comprimidas) | 5 Terabites (5000 Gigabytes) |
| Disco duro típico de una PC de escritorio | 60 Gigabytes |

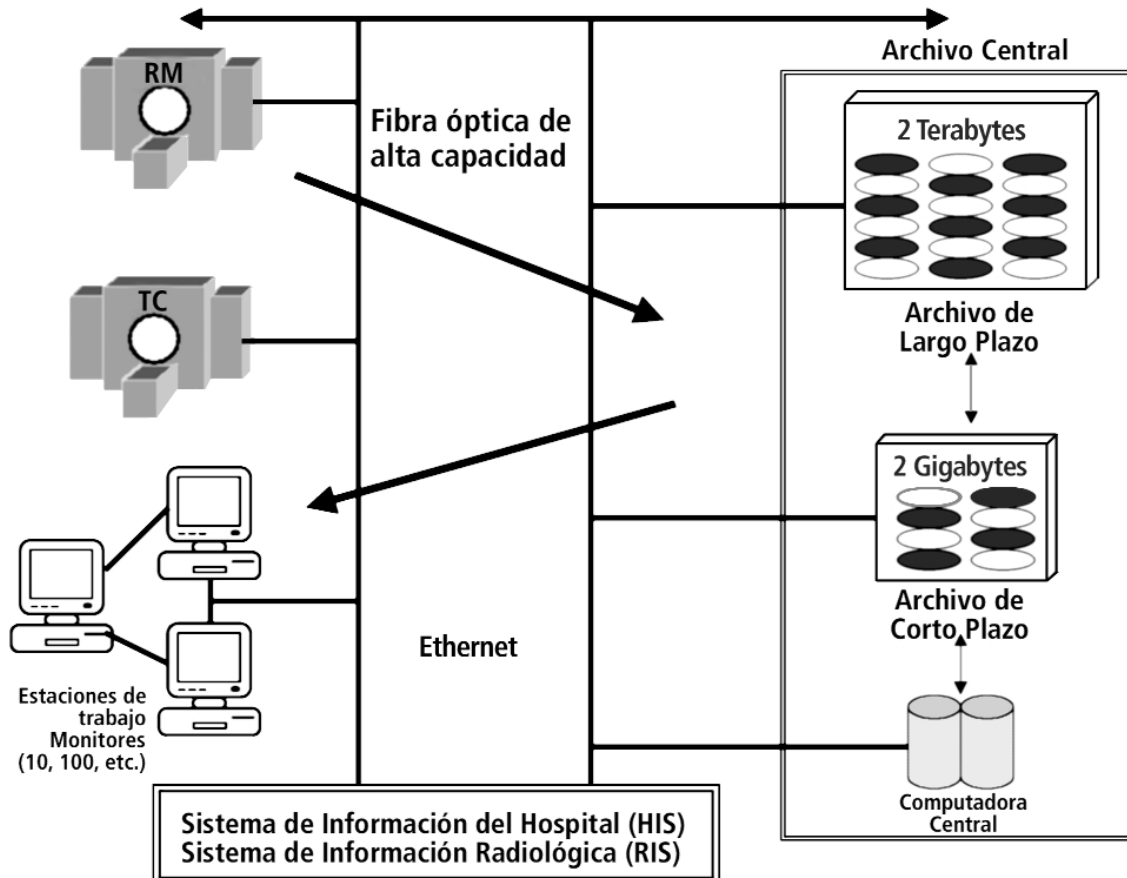


Figura No. 3. Diagrama que muestra la arquitectura centralizada del sistema PACS.

mayoría de las imágenes de uso inmediato se encuentran en el sistema de corto plazo, habiendo sido previamente post-procesadas la noche previa a su revisión por los médicos.

Es por tanto imperativo, que el sistema PACS esté integrado con el sistema de información radiológica (RIS: Radiology Information System) que es el programa que hace funcionar al PACS, y el sistema de información del hospital (HIS: Hospital Information System), que es un programa que contiene el expediente clínico de los pacientes e interactúa con los programas de administración, estadísticas, finanzas y eventualmente con todos los demás sistemas de información del hospital, incluyendo los sistemas médicos y los administrativos como pueden ser inventarios, compras, facturación, personal, etc.² Esta integración activa las “prebúsquedas” de los estudios, ya sean estos de pacientes hospitalizados o de la consulta externa, pacientes cuyos estudios de imagen serán revisados al siguiente día o que serán sujetos a nuevos exámenes.

Las dos herramientas principales que ofrece el programa del PACS son:¹²

“Prebúsqueda”

Es el proceso por el cual las imágenes previas de un paciente son recuperadas automáticamente del archivo de largo plazo y transferidas al archivo de corto plazo, previas a la adquisición y revisión de imágenes de un nuevo examen al mismo paciente, esta búsqueda es hasta cierto punto “inteligente”, pues sólo se activa cuando se repiten estudios de la misma modalidad, o de la misma región anatómica; esto es importante pues previene sobrecargar la red del PACS con imágenes que no son relevantes para el problema clínico actual. El programa puede usarse tanto en adultos como en niños, por ejemplo, cambios progresivos en una patología pulmonar, el observar la evolución de una fractura ósea, etc. Esta “búsqueda inteligente” es también activada a través de los sistemas HIS y/o RIS, puesto que son la fuente de entrada de datos y consulta de información referente a: admisiones hospitalarias, citas para pacientes de la consulta externa, calendarización de exámenes adicionales, etcétera.

“Protocolos de Presentación Preconfigurados”

Esta herramienta despliega en forma automática la imagen actual con imágenes pasadas relevantes, ambas, con modificaciones en la calidad de imagen al gusto del usuario; todo esto en un orden cronológico correcto, de manera que se puede realizar una comparación inmediata, sin necesidad de perder tiempo arrastrando imágenes hacia una configuración preferida. Los sistemas modernos de PACS permiten que despliegues numerosos de imágenes para múltiples usuarios sean personalizados tanto para preferencias individuales, como para diferentes tipos de imágenes: uso automático del “zoom”, “inversión de la escala de grises” para visualizar estudios de pacientes pediátricos, etc.

Las desventajas del PACS

La instalación de un sistema PACS es muy cara. Aun cuando los precios en los sistemas de cómputo han disminuido en

los últimos años, una estimación de instalación “completa” de un sistema de PACS en un hospital de 500 camas en 1999, tenía un costo aproximado de dos a tres millones de dólares, con 6% adicional en gastos de mantenimiento anual.¹³⁻¹⁵ Los estudios dirigidos a valorar el costo-beneficio de los sistemas PACS están llenos de dificultades técnicas, pero una conclusión razonable es que un sistema PACS pagará su precio en un promedio de cinco años después de su instalación debido al ahorro de costos directos e indirectos.¹³⁻¹⁵

No hay duda que un sistema PACS aumentará la eficiencia de un sistema de salud, sin embargo, esto es difícil de cuantificar. Otra desventaja son las “caídas del sistema”, pues un hospital no puede trabajar sin un servicio de imagen. Deben programarse respaldos automáticos diarios y un ingeniero en tecnologías de información deberá estar siempre presente para solucionar los problemas que día con día puedan originarse; también una instalación mínima para “impresión de imágenes de urgencia” deberá estar siempre activa en un hospital con sistema PACS.

El último problema potencial del PACS es el temor del personal médico a no tener los “conocimientos de computación” necesarios para usar esta nueva tecnología. Esta no es una limitante para las nuevas generaciones de “médicos cibernéticos”. Sin embargo, es importante que la interfase programa-usuario sea tan amigable e intuitiva como sea posible. Un entrenamiento básico mínimo inicial sería muy útil para los médicos, aunque la mayoría de ellos al parecer aprende el uso del software con sus compañeros.^{11, 16}

Aplicaciones Futuras

En los últimos cuatro años se ha explotado la tecnología del Internet para acceder a las imágenes del “servidor de corto plazo” del PACS y desplegarlas en el monitor de una computadora personal de escritorio. Esto proporciona un medio fácil y barato para la revisión de las imágenes sin tener que gastar en las costosas “estaciones de trabajo/monitores” de las PACS; esto facilita también el desarrollo de la “telerradiología”, con la cual los médicos pueden revisar los casos de urgencia en sus computadoras personales durante la noche.

Ahora que se ha logrado un nuevo estado de “imagenología sin películas” en un gran número de hospitales alrededor del mundo, el siguiente paso sería lograr una “Radiología sin documentos escritos”, como un escalón más en el camino de lograr un “expediente clínico-electrónico completo”. La “Radiología sin papeles” requiere que exista una interfase para “solicitud de estudios remota” (ROE: *remote order entry*), de tal suerte que el estudio de imagen sea solicitado por el médico directamente desde la sala de urgencias, sala de guardia, consultorio de la consulta externa, quirófano, etc.; esta solicitud electrónica se almacena en el HIS y de ahí se envía bidireccionalmente al RIS y al PACS. De esta forma, el médico que solicita el estudio tendría acceso al calendario de citas y al mismo tiempo, los datos clínicos de los pacientes son transmitidos al PACS para ser leídos en conjunción con las imágenes una vez obtenidas.

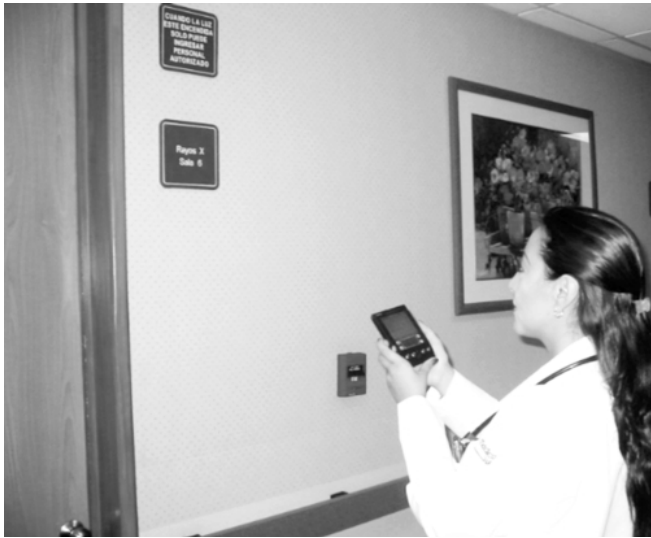


Figura No. 4. Futuro de la comunicación del PACS entre un monitor de pantalla plana empotrado en una pared de hospital y una agenda electrónica de bolsillo (PDA), utilizando un puerto infrarrojo.

Se crea un “número de identificación único” para cada uno de los estudios de imagen, y este número es transmitido a todos los sistemas de cómputo (HIS, RIS, y PACS). El paciente ya no tiene que ir al servicio de Imagenología a solicitar una cita y recibir la lista de “instrucciones de preparación del estudio”, puesto que ambas pueden ser obtenidas desde una terminal de computadora remota. Este sistema evita la “redundancia” en la entrada de datos textuales en las diferentes etapas del estudio clínico del paciente. Aunque estas últimas ideas son consideradas como el “último objetivo” en la atención de salud de una comunidad y/o hospital, la realidad es

que nos encontramos lejos aún de lograr estos objetivos. El “expediente clínico electrónico completo” del paciente, incorpora no solamente al ROE, HIS, RIS, y PACS); sino también otros datos clínicos en forma digital: histopatología, fotografías clínicas, electrocardiogramas, etc., así como hojas electrónicas de notas escritas por el mismo paciente y probablemente generadas por un sistema de dictado con reconocimiento del habla incluido en una agenda electrónica personal, que se conectaría a través de un modem y/o en forma inalámbrica a la red del hospital; el médico puede también, usando una agenda electrónica de bolsillo Pocket-PC, obtener en forma inalámbrica, las imágenes desplegadas en un monitor de cristal líquido en la pared, comunicándose ambos por un puerto infrarrojo. (Figura 4). Por último, este “expediente electrónico” es posible que se encapsule en un microchip e incrustarlo en el cuerpo del paciente. Mientras estos últimos avances tecnológicos se consolidan, el PACS es ya una realidad en varios hospitales alrededor del mundo.

Abstract

The Picture Archiving and Communication System (PACS), is a computerized system that may replace the role of conventional radiological film: images are now acquired, stored, transmitted and displayed digitally. In order a PACS works, it must be connected with the Radiology Information System (RIS) and the Hospital Information System (HIS). The main advantage a PACS offers is the improvement in efficiency resulting from electronic data handling. This paper shows a brief review of the main advantages and disadvantages of PACS, its operational features, as well as a scope into the future applications of PACS and Medical Informatics in the creation of a “complete electronic patient record”.

Referencias

- Lemke H. PACS developments in Europe. *Computerized Medical Imaging and Graphics* 2003;27:1-10.
- Stoopen M. Experiencia Mexicana en la Implementación de un PACS. *Anales de Radiología (México)* 2002;1:321-326.
- Bauman RA, Gell G, y Dwyer SJ. Large picture archiving and communication systems of the world—Part 2. *J Digit Imaging* 1996;9:172-177.
- Bauman RA, Gell G, y Dwyer SJ. Large picture archiving and communication systems of the world—Part 1. *J Digit Imaging* 1996;9:99-103.
- Harrison RM. Digital radiography. *Phys Med Biol* 1988;33:751-784.
- Honeyman JC, Messinger JM, Frost MM, y Staab EV. Evaluation of requirements and planning for picture archiving and communication systems. *Radiographics* 1992;12:141-150.
- Kundel HL, Seshadri SB, Langlotz CP, *et al.* Prospective study of a PACS: information flow and clinical action in a medical intensive care unit. *Radiology* 1996;199:143-149.
- Langlotz CP, Even-Shoshan O, Seshadri SS, *et al.* A methodology for the economic assessment of picture archiving and communication systems. *J Digit Imaging* 1995;8:95-102.
- Muphey MD, Huang HK, Siegel EL, Hillman BJ, y Bramble JM. Clinical experience in the use of photostimulable phosphor radiographic systems. *Invest Radiol* 1991;26:590-597.
- Tucker JE, Contreras M, Wider RJ, Radvany MG, Chacko AK, y Shah RB. Photostimulable storage phosphor image acquisition: evaluation of three commercially available state-of-the-art systems. *J Digit Imaging* 1999;12(2 Suppl 1):54-58.
- Protopapas Z, Siegel EL, Reiner BI, *et al.* Picture archiving and communication system training for physicians: lessons learned at the Baltimore VA Medical Center. *J Digit Imaging* 1996;9:131-6.
- Strickland NH y Allison DJ. Default display arrangements of images on PACS monitors. *Br J Radiol* 1995;68:252-260.
- Langer S y Wang J. A goal based cost-benefit analysis for film versus filmless radiology departments. *J Digit Imaging* 1996;9:104-112.
- van Gennip EM, Enning J, Fischer F, *et al.* Guidelines for cost-effective implementation of Picture Archiving and Communication Systems. An approach building on practical experiences in three European hospitals. *Int J Biomed Comput* 1996;43:161-178.
- Strickland NH. Review article: some cost-benefit considerations for PACS: a radiological perspective. *Br J Radiol* 1996;69:1089-1098.
- Hori S. Image acquisition. Sites, technologies, and approaches. *Radiol Clin North Am* 1996;34:469-494.
- Strickland NH. PACS (picture archiving and communication systems): filmless radiology. *Arch Dis Child* 2000;83:82-86.