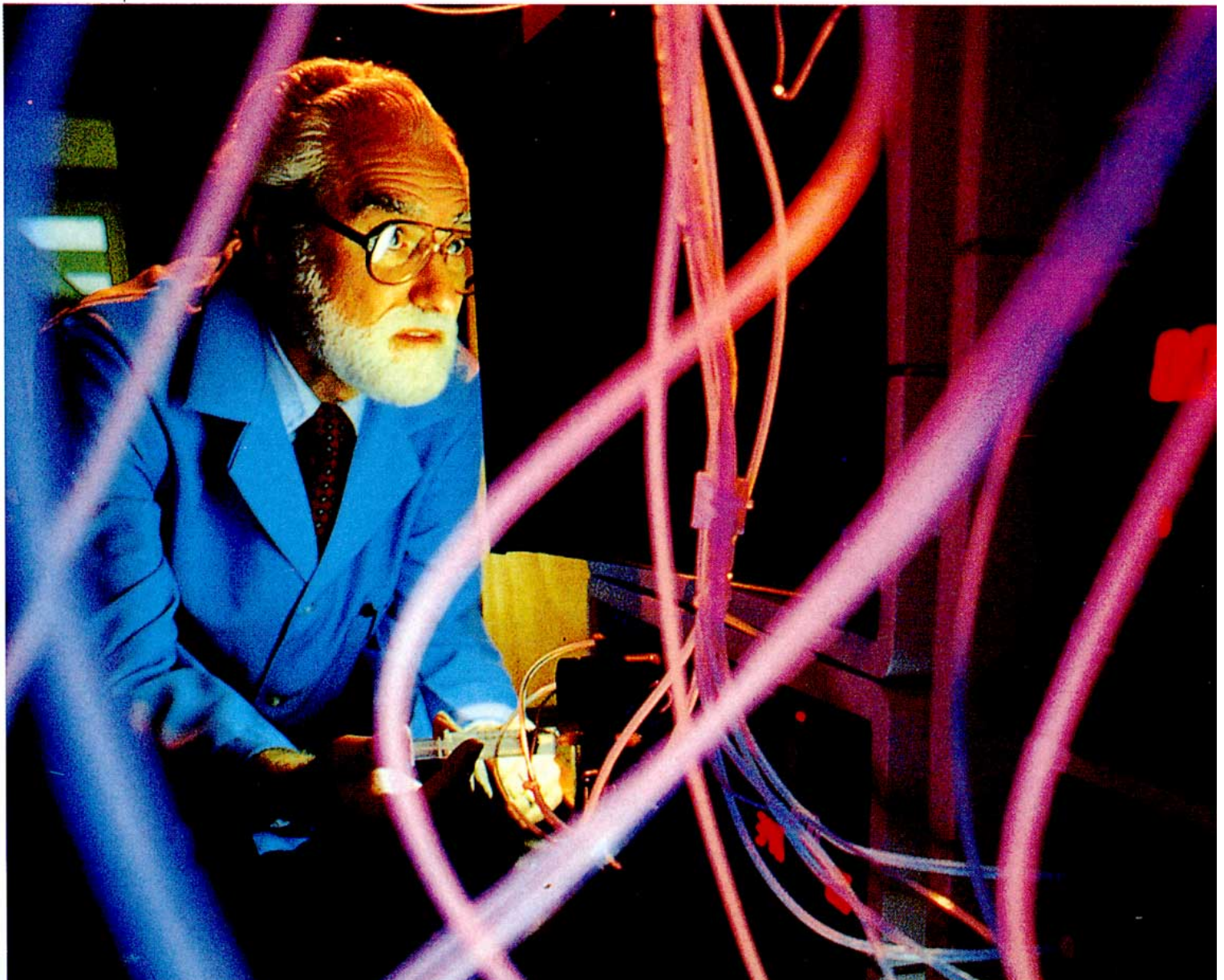


Archivo y comunicación de imágenes médicas (PACS)

La información generada en los hospitales por los departamentos de imagen ha tenido en los últimos años un crecimiento espectacular. La tendencia es que en los próximos años este crecimiento se mantenga, aunque el manejo de las imágenes médicas dentro de un hospital es difícil y costoso.

Ignacio Ayerdi Salazar

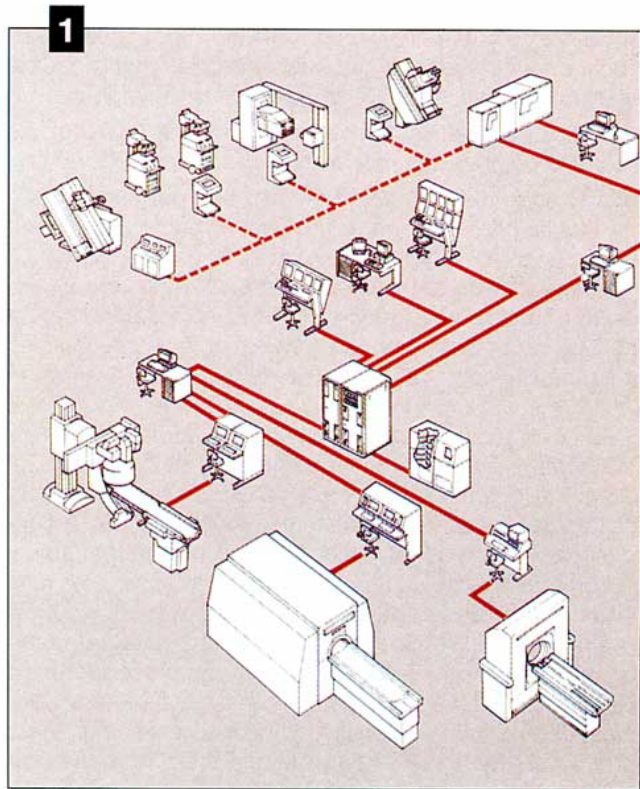


La precisión en el diagnóstico médico, como ya formulara Hipócrates en el año 450 a. C., está muy ligada a la observación, cuanto más precisa mejor, de la anatomía normal y patológica. La opacidad de la superficie externa del cuerpo humano presenta una limitación considerable para el clínico, puesto que muchas patologías presentan muy tarde, y algunas veces nunca, signos externos como erupciones o protuberancias. Ello ha estimulado el desarrollo de distintas tecnologías que permiten obtener imágenes del interior del cuerpo humano.

El descubrimiento de los rayos X por el físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen, en 1895, señaló el comienzo del diagnóstico por imagen.

Los responsables del área sanitaria en los países desarrollados se enfrentan a dos exigencias aparentemente contradictorias:

— De una parte, la conveniencia de seguir mejorando la asistencia sanitaria, y en este contexto la obtención de más y mejor información diagnóstica indudablemente contribuye a ello.

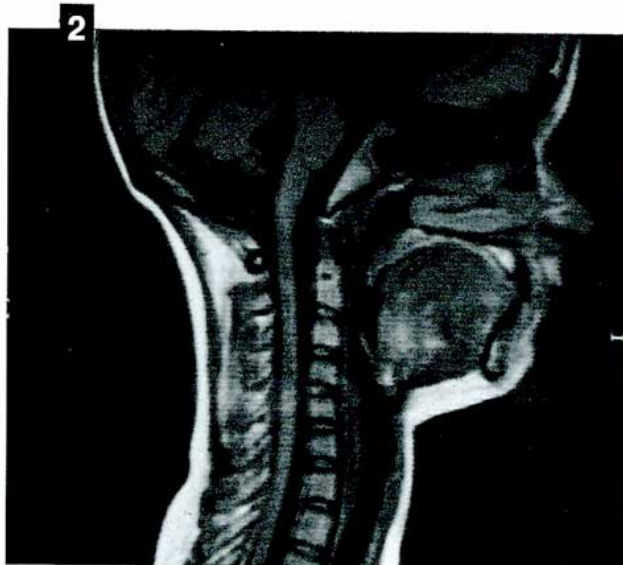


— Y por otra, la necesidad de contener los gastos sanitarios. La industria electromédica, que tradicionalmente ha empleado sus mejores recursos en desarrollar nuevas técnicas de diagnóstico por imagen que proporcionen mejor información y que sean más inocuas para el paciente y el operador (Fig. 2), se ha visto requerida a contemplar en sus planes de desarrollo la incorporación de técnicas que contribuyan a la contención del gasto sanitario.

“
La conjunción de la imagen digital y de la última tecnología de los computadores, ha abierto una nueva era en la gestión de los departamentos de Diagnóstico por imagen. En el futuro, todas las imágenes serán adquiridas, procesadas, transmitidas y almacenadas digitalmente
”

Si bien es cierto que las últimas modalidades de imagen, como la Tomografía Axial Computerizada (TAC), la Resonancia Magnética (RM), la Angiografía por Sustracción Digital, etc., han contribuido a disminuir el gasto sanitario al eliminar o reducir el tiempo de hospitalización y costosos procedimientos quirúrgicos son las nuevas técnicas de archivo y comunicación de imágenes las que se espera aporten soluciones al control del gasto sanitario, al permitir mejorar sensiblemente la gestión de los recursos técnicos y humanos de los servicios de diagnóstico por imagen.

En esta misma línea, recientemente (enero 1990), la Dirección XIII/F de la CEE recomienda ocho áreas prioritarias de investigación y desarrollo dentro del programa



comunitario AIM (Advanced Informatics in Medicine), una de estas áreas es precisamente: Redes de Comunicación y Sistemas de Archivo.

TECNOLOGÍA

Históricamente, los departamentos de Radiología han utilizado, y siguen utilizando, la película radiográfica como el medio de archivo de imágenes anatómicas, además de ser el medio sobre el que se «lee» la información. Aunque no hay uniformidad en la legislación internacional sobre el período de tiempo que debe conservarse el archivo histórico es práctica común que este período supere en cualquier caso los diez años.

En la actividad diaria hospitalaria es muy frecuente que distintos especialistas: cirujanos, internistas, radiólogos, intensivistas, etc., recurran al archivo para consulta. La eficiencia operacional de los departamentos de radiodiagnóstico se ve sensiblemente afectada por las largas búsquedas, y a veces extravío de las imágenes lo que se traduce en frecuentes repeticiones de estudios.

Los esfuerzos precedentes para resolver el problema del archivo y comunicación de las imágenes han fallado. Alternativas como el micro-film solucionan el problema de espacio asociado con el archivo, pero no aportan soluciones al problema de la comunicación.

Ha sido recientemente, con la incorporación de modalidades de imagen donde la información está en formato

ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA PACS

En un departamento digital de diagnóstico por imagen podemos agrupar las operaciones asociadas con el manejo de imágenes en: adquisición, transmisión y compresión, archivo y presentación.

• **Adquisición:** Las imágenes de diagnóstico generadas en los distintos equipos son siempre analógicas en origen. Todas las radiaciones utilizadas en diagnóstico por imagen: rayos X, rayos gama, radiofrecuencia y ultrasonidos, son medios analógicos. Cada tipo de radiación interacciona con el cuerpo humano, y cuando es detectada por un receptor, fuera del cuerpo, lleva información diagnóstica; los detectores utilizados son: película radiográfica, intensificadores de imagen, cristales de yoduro de cesio, transductores de ultrasonidos, antenas de radiofrecuencia, etc. Las imágenes analógicas detectadas en los receptores se digitalizan en convertidores analógico-digitales.

Hay dos parámetros fundamentales en el proceso de digitalización: el tamaño de la matriz y el número de bits por pixel (rango dinámico). Estos parámetros determinan la calidad de imagen y el volumen de datos a procesar. Ambos parámetros varían en función de la modalidad de imagen, así en el caso de imágenes radiológicas se necesita una matriz de al menos 2.000 × 2.000 pixels (permite obtener una resolución espacial de 0,17 mm en una imagen de 35 × 35 cm) y 10 bits por pixel (1.024 niveles de gris), si no se quiere perder resolución frente a una imagen analógica convencional.

Como hemos mencionado anteriormente, el tamaño de la matriz y el rango dinámico no sólo determinan la calidad de imagen, sino también el volumen de datos, lo que condiciona la red de tráfico de imágenes, las pantallas de visualización y el archivo.

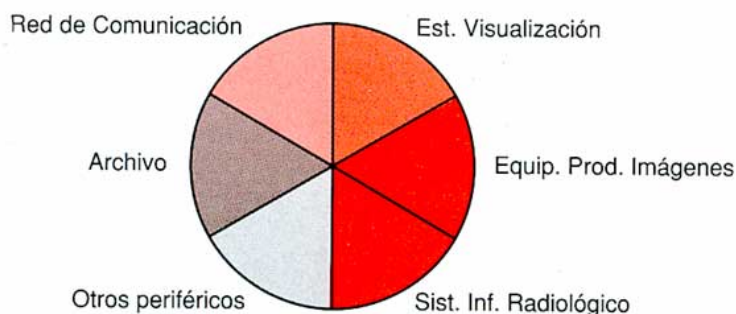
El coste total de un sistema PACS aumenta exponencialmente al incrementar los parámetros de digitalización, de ahí la enorme importancia de decidir los valores de dichos parámetros aceptables por modalidad. En el cuadro 1 se indican por modalidad los distintos parámetros y el correspondiente volumen de datos, en base a las limitaciones propias de cada técnica.

Un sistema PACS, para ser realmente integral, debe admitir imágenes de todos los equipos productores: Rayos X, CT, RM, Ecografía y Medicina Nuclear, y además, debe admitir la posibilidad de incorporar imágenes previas en película radiográfica. Estas imágenes se introducen en el sistema vía digitalizadores CCD o láser, en función de la resolución con la que se pretenda digitalizar.

TRANSMISIÓN Y COMPRESIÓN

La red de comunicación PACS tiene que soportar los distintos sistemas de adquisición de imágenes, las estaciones de visualización, el archivo, etc. La selección de

3



digital, y con la disponibilidad de medios electrónicos con gran capacidad de archivo de información, cuando se han planteado los sistemas integrales electrónicos para el archivo y la comunicación de imágenes; estos sistemas se conocen genéricamente con el nombre de PACS (Picture Archiving and Communication Systems) (Fig. 3).

- **Topología:** Básicamente nos encontramos con los siguientes tipos de redes:

4

```

graph TD
    E[Estaciones de trabajo] --- C(( ))
    I[Imagers] --- C
    RIS[RIS] --- C
    T[Terminales de salida] --- C
    A[Archivos] --- C
    Tel[Telecomunicaciones] --- C
    CPU[CPU] --> C
  
```

— *Anillo*: Tiene mayor fiabilidad que las anteriores y puede cubrir distancias moderadas; el coste es más alto y su extensión es posible, pero con un alto coste (ver Fig. 6).

5

```
graph TD; I[Imagers] --- Bus; RIS1[RIS] --- Bus; A[Archivo] --- Bus; Bus --- RIS2[RIS]; Bus --- E[Estaciones de trabajo]; Bus --- T[Telecomunicaciones];
```

6

Diagrama de un anillo de comunicación (RING). Un círculo central con un borde rojo representa el anillo. Seis líneas radiales conectan el anillo a los siguientes dispositivos periféricos:

- Estaciones de trabajo (top-left)
- Imagers (top-right)
- RS (right)
- Terminales de salida (bottom-right)
- Archivos (bottom-left)
- Telecomunicación (left)

Una flecha curva etiquetada como "RING" indica la dirección del flujo de datos en sentido horario.

- **Medio físico:** La elección depende de: la distancia, el volumen de datos y el coste. Las alternativas son:

7

- **Protocolo de comunicación:** El desarrollo de protocolos estándar es esencial para el intercambio de imágenes y datos asociado con el PACS. Ello permitirá a distintos equipos, del mismo o distinto fabricante, interconectarse de forma efectiva. En este contexto, el estándar ACR-NEMA, promovido por la sociedad americana de Radiología y la asociación de fabricantes de equipos electrodomésticos, ha sido aceptado internacionalmente, aunque todavía es poco operativo. Este estándar especi-

8



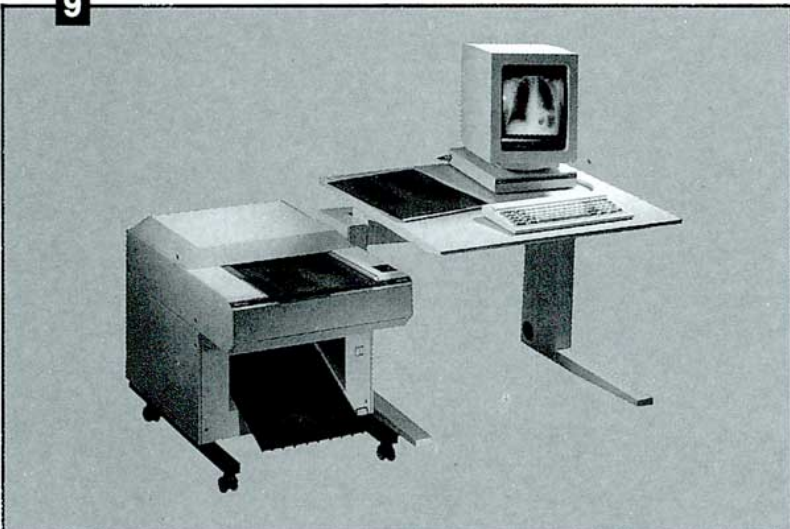
aunque todavía es poco operativo. Este estándar especifica el carácter físico de la conexión, un conector de 50 patillas, y varios niveles de complejas instrucciones para la transferencia de datos, incluyendo las especificaciones para el control de la calidad en la transmisión.

Igualmente, los PACS deben ser compatibles con los sistemas de información existentes en los departamentos de Radiología y en el Hospital, compartiendo la misma base de datos para evitar duplicaciones en los sistemas de admisión, citación, etc. El reto técnico y financiero asociado con el elevado volumen de datos a transmitir puede abordarse utilizando algoritmos de compresión. Básicamente hay dos tipos de compresión:

— *Reversible*: Permite reconstruir posteriormente la imagen sin pérdida de información, los niveles máximos que se consiguen con imágenes médicas es de 3:1.

— *Irreversible*: En este caso se consiguen factores de compresión altos, pero hay pérdida de información. Aunque parece obvio que los ratios varíen por modalidad de imagen y por anatomía/patología no existen todavía estándares internacionales. En este contexto

9



merece la pena destacar la contribución española: actualmente, PHILIPS SISTEMAS MÉDICOS, INELCOM y el INSALUD (Hospital Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares) están desarrollando algoritmos de compresión para archivo y para diagnóstico dentro de un programa Eureka.

ARCHIVO

Dentro de una configuración PACS es recomendable establecer el archivo con un criterio jerárquico, distinguiendo generalmente tres niveles:

- **Archivo histórico**: Debe utilizar un medio que permita almacenar grandes volúmenes de información, a bajo coste y durante períodos de tiempo muy largos. El tiempo de acceso no es crítico. El disco óptico es claramente la alternativa a elegir; un sistema robotizado para intercambio de discos (juke-box) que tenga 100 discos ópticos de dos gigabytes por disco permite acceder en tiempo real a 100.000 imágenes de tórax con una resolución de 2.000 × 2.000 pixels y 12 bits de rango dinámico (con un factor de compresión de 3:1). Alternativamente permite acceder a 1.600.000 imágenes de CT con una resolución de 512 × 512, 12 bits y el mismo factor de compresión.

- **Archivo vivo**: Su dimensión debe ser tal que permita archivar las imágenes durante un período de cinco a diez días; el nivel de recurrencia al archivo vivo es mucho más alto que en el caso del archivo histórico, por lo que los tiempos de acceso son más críticos. En términos prácticos su capacidad debe ser de varios gigabytes, el disco magnético es una buena opción, dado que duplicando ciertos elementos críticos se tiene una gran fiabilidad.

- **Archivo local**: Es el que se establece en el propio equipo, su capacidad debe permitir un día de trabajo; el tiempo de acceso es crítico para postprocesar las imágenes con rapidez, el sistema tiene que ser redundante para proporcionar un alto grado de fiabilidad. Normalmente se utilizan discos magnéticos con tiempos de acceso muy cortos.

PRESENTACIÓN

Las imágenes dentro del PACS se presentan en estaciones de trabajo donde los radiólogos deben hacer sus diagnósticos. Las prestaciones de estas estaciones y su ergonomía son de vital importancia para el éxito de un PACS. Si su diseño es adecuado permitirá al radiólogo diagnosticar mejor y de una manera más eficiente. Los factores a tener en cuenta son: calidad de imagen, capacidad de proceso, tiempos de acceso y proceso, número de imágenes por pantalla y la interfase de usuario.

dentro del hospital como: quirófanos, IVI, etc. Con el fin de contener el coste de un sistema PACS, y dado que el diagnóstico se hace en la sala de informes, las especificaciones de estas estaciones necesariamente deben ser más sencillas.

Distinguiremos tres tipos de estaciones:

- **Estación de diagnóstico:** Es donde se informa la imagen. Al menos permitirá presentar dos imágenes simultáneamente de 1.024×1.024 (las radiografías digitales requieren 2.048×2.048 , se visualizarían en dos etapas), estas imágenes pueden ser de distintos equipos, lo que hace que la estación sea multimodalidad. Incluye programas de proceso. Los tiempos de acceso son cortos y permite escribir el informe. Su ubicación es en la sala de informes.

- **Estación de referencia:** Es una estación para consulta y revisión. Su resolución será de 1.024×1.024 , con sólo una pantalla. Permite visualizar y editar informes. Estará ubicada en los departamentos de radiología y en aquellos lugares donde se necesiten imágenes de alta resolución.

- **Estación remota:** Su función es presentar imágenes ya procesadas a distintos lugares dentro del hospital, así como datos del paciente y el informe radiológico. Una resolución de 512×512 es suficiente.

CONCLUSIÓN

Los sistemas PACS tienen como objetivo incrementar la productividad de los servicios de diagnóstico por imagen, y en consecuencia, mejorar la asistencia sanitaria; y ello gracias a permitir la Visualización, Comunicación y Archivo de las imágenes y texto asociado a ellas de forma electrónica.

Su incorporación en los hospitales tendrá una notable repercusión al poder satisfacer las siguientes necesidades:

- **Clínicas:** Compartir la competencia de distintos expertos al ofrecer el acceso inmediato de imágenes e informes a múltiples usuarios, en distintos lugares y de forma simultánea.

Presentar simultáneamente imágenes de distintas modalidades, permitiendo al médico un acceso fácil a todos los estudios asociados con el paciente.

Comunicar mucho más rápidamente, dentro y fuera del departamento de imagen.

- **Administrativas:** Simplificar la distribución de las imágenes y reducir los costes asociados ■

Ignacio Ayerdi Salazar
Ingeniero de Telecomunicación
Director de Marketing de
PHILIPS SISTEMAS MÉDICOS, S. A.

