



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería de Mecánica Eléctrica

DISEÑO DE UN SISTEMA DE DIGITALIZACIÓN DE IMÁGENES MÉDICAS RADIOLÓGICAS

Diana Raquel Xajil Ramos

Asesorado por el Ing. MSc. PhD. Enrique Edmundo Ruiz Carvallo

Guatemala, mayo de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE DIGITALIZACIÓN DE IMÁGENES MÉDICAS
RADIOLÓGICAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

DIANA RAQUEL XAJIL RAMOS

ASESORADA POR EL ING. MSC. PHD. ENRIQUE EDMUNDO RUIZ
CARVALLO

AL CONFERÍRSE EL TÍTULO DE

INGENIERA ELECTRÓNICA

GUATEMALA, MAYO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Julio Cesar Solares Pénate
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Veliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE DIGITALIZACIÓN DE IMÁGENES MÉDICAS RADIOLÓGICAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha uno de agosto de 2009.

Diana Raquel Xajil Ramos



Guatemala, 26 de ENERO 2011.

Ingeniero
Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador Area de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Estimado Ingeniero:

Por este medio le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado: DISEÑO DE UN SISTEMA DE DIGITALIZACIÓN DE IMÁGENES MÉDICAS RADIOLÓGICAS, elaborado por la estudiante Diana Raquel Xajil Ramos.

El mencionado trabajo llena los requisitos para dar mi aprobación, e indicarle que el autor y mi persona somos responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente,

Ing Enrique Eduardo Ruiz Carballo
ASESOR

Enrique E Ruiz C
INGENIERO ELECTRICISTA
COL No 2225



Ref. EIME 17. 2011
Guatemala, 17 de enero 2011.

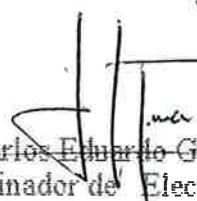
Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE DIGITALIZACIÓN DE IMÁGENES MÉDICAS RADIOLÓGICAS**, de la estudiante, **DIANA RAQUEL XAJIL RAMOS**, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador de Electrónica



CEGS/sro



REF. EIME 25. 2011.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; DIANA RAQUEL XAJIL RAMOS titulado: DISEÑO DE UN SISTEMA DE DIGITALIZACIÓN DE IMÁGENES MÉDICAS RADIOLÓGICAS, procede a la autorización del mismo.


Ing. Guillermo Antonio Puente Romero


GUATEMALA, 03 DE MARZO 2011.





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE DIGITALIZACIÓN DE IMÁGENES MÉDICAS RADIOLÓGICAS**, presentado por la estudiante universitaria **Diana Raquel Xajil Ramos**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 11 de mayo de 2011.



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

MI FAMILIA

Entre risas y regaños, recibí fuerzas de ustedes en todo momento. He aprendido muchísimo de cada uno, sé que Dios los recompensará por su enorme apoyo hacia mí. Vivo agradecida por pertenecer a ese equipo, sin lugar a dudas, la fuerza que nos une es Dios.

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS

Por permitirme ver su sonrisa cada día y darme fuerzas en todo momento, por jamás abandonarme y ser mi todo. Mi guía, mi amigo, mi líder y mi vida.

MIS PADRES

Jacinto y Francis. Por sus enseñanzas, valores, consejos y apoyo sin igual, son seres únicos en mi vida a quienes amo de manera desmedida y admiro enormemente.

MIS HERMANOS

Yanira y Josué. Entre risas y peleas me han mostrado el valor de la vida, no podría vivir sin ustedes, son mis compañeros de vida.

MIS AMIGOS

Quienes aún sabiendo cómo soy, están a mi lado regalándome momentos inolvidables y consejos de vida. Han impactado mi vida en el colegio, iglesia, universidad y trabajo. En especial a Andrés, Pedro, Ester, Alejandra y Jessy, gracias por existir en mi vida.

**LA UNIVERSIDAD
DE SAN CARLOS**

El lugar donde adquirí conocimientos y experiencias que hoy me ayudan a desenvolverme como profesional. De igual manera a los compañeros y catedráticos que fueron agente activo en mi carrera profesional, a quienes admiro y aprecio profundamente.

A todas aquellas personas que con su apoyo, consejos y ánimos, me dieron las fuerzas necesarias para terminar este tramo en mi vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. PRINCIPIOS BÁSICOS.....	1
1.1. Fundamentos.....	1
1.1.1. Ondas electromagnéticas	1
1.1.2. Espectro electromagnético.....	2
1.1.3. Radiaciones ionizantes	3
1.2. Breve descripción del equipo médico de radiología.....	5
1.2.1. Rayos X	5
1.2.1.1. Principios físicos	6
1.2.1.2. Principios técnicos	8
1.2.2. Tomografía computarizada	10
1.2.2.1. Principios físicos	11
1.2.2.2. Principios técnicos	12
1.2.3. Ultrasonido.....	13
1.2.3.1. Principios físicos	14
1.2.3.2. Principios técnicos	15
1.2.4. Resonancia magnética.....	17
1.2.4.1. Principios físicos	17
1.2.4.2. Principios técnicos	18

1.2.5.	Equipo de impresión	19
1.2.5.1.	Procesado de películas	19
1.2.5.2.	Secuencia de procesado	20
1.3.	Factores a considerar en una imagen médica radiológica	22
1.3.1.	Calidad radiográfica	22
1.3.2.	Resolución	23
1.3.3.	Ruido	24
1.3.4.	Velocidad	25
2.	ESTÁNDAR DICOM.....	27
2.1.	Descripción del estándar DICOM	27
2.2.	Características del estándar DICOM	32
2.3.	Estructura del estándar DICOM.....	36
2.4	Evolución del estándar DICOM	40
3.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN MÉDICA Y PROTOCOLOS	41
3.1.	Sistema de información para imagen médica (PACS).....	41
3.1.1.	Componentes de PACS.....	41
3.1.1.1.	Medio de adquisición de imagen y datos.....	41
3.1.1.2.	Controlador y servidor de archivos PACS.....	44
3.1.1.3.	Despliegue en la estación de trabajo.....	45
3.1.1.4.	Servidores de aplicaciones	47
3.1.1.5.	Sistemas de redes	47
3.1.2.	Arquitectura de PACS.....	49
3.1.2.1.	Arquitectura independiente	49

3.1.2.2.	Arquitectura cliente-servidor	50
3.2.	Sistemas de información radiológica (RIS) y Sistema de información hospitalaria (HIS).....	52
3.2.1.	RIS y PACS	56
3.3.	<i>Health Level 7 (HL7)</i>	57
3.3.1.	Estructura del mensaje HL7	58
3.3.2.	Reglas de codificación y formato de intercambio HL7	61
3.4.	<i>Integrating the Healthcare Enterprise (IHE)</i>	61
3.4.1.	Marco teórico de IHE e integración de perfiles	62
3.4.2.	Perfil del flujo de trabajo de tareas programadas.....	63
4.	DISEÑO DEL SISTEMA DE DIGITALIZACIÓN.....	65
4.1.	Comparación entre un sistema digital y un convencional de imagen médica	66
4.2.	Descripción de la propuesta del sistema de digitalización de imagen médica	70
4.2.1.	Recursos necesarios.....	72
4.2.2.	Usuarios del sistema de digitalización radiológica	74
4.2.3.	Medidas de seguridad a considerar	75
4.2.4.	Topología propuesta para el sistema de digitalización de imágenes	77
4.3.	Flujo de trabajo	78
4.3.1.	Organización del proyecto	80
4.3.2.	Instalación del sistema de digitalización de imagen médica	81
4.3.3.	Tareas posteriores a la instalación.....	82
4.4.	Análisis financiero de la propuesta	83

CONCLUSIONES.....87

RECOMENDACIONES91

BIBLIOGRAFÍA.....93

ANEXOS.....95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Espectro Electromagnético	2
2	Equipo de Radiología Cielítico	8
3	Esquema de un tubo de rayos X.....	9
4	Matriz de 2 x 2 para píxeles de la TC	11
5	Diagrama simplificado del principio básico de la TC.....	12
6	Tipos de transductores.....	16
7	Diseño básico de un aparato de resonancia magnética	18
8	Componentes de PACS y DICOM	30
9	Modelo del protocolo de comunicaciones DICOM	34
10	DICOM <i>Information Objects Definitions</i> (IODS)	37
11	Servicios DICOM	38
12	Diagrama de flujo de la arquitectura independiente PACS	49
13	Diagrama de flujo de la arquitectura cliente-servidor PACS	51
14	Centralización HIS	53
15	Interfaz HIS/RIS	54
16	Conexión entre RIS y PACS	56
17	Estructura de un mensaje ADT.....	60
18	Atributos de encabezado de un mensaje HL7	60
19	Sistema de digitalización radiológica simplificado.....	65
20	Obtención de imágenes para un sistema convencional.....	68
21	Obtención de imágenes para un sistema digital.	70
22	Topología del sistema de digitalización imagen médica	78
23	Flujo de trabajo para desarrollo del proceso de implementación	79

24	Organización equipo de trabajo para proceso implementación	80
----	--	----

TABLAS

I.	Radiaciones Ionizantes	5
II.	Velocidad del sonido y materiales	13
III.	Secuencia de eventos en el procesado de una radiografía	21
IV.	Recursos necesarios para sistema digitalización radiológica.....	72
V.	Secuencia de tareas a realizar para la instalación del sistema	82
VI.	Escenario de Hospital/Clínica de segunda categoría.	83
VII.	Desglose de costos de equipos y plataformas a adquirir	84
VIII.	Proyección de Estado de Resultado	85
IX.	Flujo de efectivo y Valor presente Neto.....	86
X.	Resumen de Flujo anual y Tasa de Retorno de Inversión.....	86

GLOSARIO

ACR	<i>American College of Radiology</i> , Colegio Americano de Radiología.
ADT	<i>Admission/Discharge/Transfer</i> , Admisión/Descarga/Transferencia.
AE	<i>Application Entity</i> o Entidad de Aplicación.
ANSI	<i>American National Standardization Institute</i> , Instituto de Estandarización Nacional Americano.
CAS	<i>Community Authorization Service</i> , Comunidad de autorización de servicio.
DICOM	<i>Digital Imaging and Communication in Medicine</i> , Imágenes digitales y comunicación en medicina.
DICOM-SR	<i>Digital Imaging and Communication in Medicine Structure Report</i> , Estructura de reporte para Imágenes digitales y comunicación en medicina.
EBI	<i>European Bioinformatics Institute</i> , Instituto Bioinformático Europeo.
Ethernet	Familia de tecnologías de redes basada en tramas.

FTP	<i>File Transfer Protocol</i> , Protocolo de Transferencia de Archivos.
HIMSS	<i>Healthcare Information Systems and Management Society</i> , Sociedad de Sistemas y Administración de Información del Cuidado de la Salud.
HIS	<i>Hospital Information System</i> , Sistema de Información Hospitalaria.
HL7	<i>High Level 7</i> , Nivel Superior 7 es el protocolo más reciente desarrollado para el manejo de plataformas de información hospitalaria.
HTML	<i>HyperText Markup Language</i> .
IHE	<i>Integrating Healthcare Enterprise</i> , Integración de Plataformas de Salud.
IOD	<i>Information Object Definition</i> , Definición por información de objeto.
IP	Protocolo de <i>Internet</i> usado para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados.
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> , Organización Internacional de Estandarización.

IS-OSI	<i>Systems Interconnection Reference Model</i> , Modelo de Referencia para Sistemas de Interconexión.
ITU-T	<i>Telecommunication Standardization Sector of the International Telecommunications Union</i> , Sector de Estandarización de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i> .
LAN	<i>Local Area Network</i> , Redes de Área Local.
MAC	<i>Media Access Control</i> , Control de Acceso a Medio.
NEMA	<i>National Electrical Manufacturers Association</i> , Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos.
NeSC	<i>National e-Science</i> .
OSI	<i>Open System Interconnection</i> , Interconexión de sistemas abiertos.
P2P	<i>Peer to Peer</i> , término que describe una conexión punto a punto entre dos equipos.
PACS	<i>Picture Archives Computer System</i> , Sistema Computarizado de Almacenamiento de Imágenes.

RIS	<i>Radiology Information System</i> , Sistema de Información Radiológica.
RM	Resonancia Magnética.
RSNA	<i>Radiological Society of North America</i> , Sociedad Radiológica de Norte América.
SOP	<i>Service Object Pair</i> , Servicio de Par-Objetos.
SCU	<i>Service Class User</i> , Usuario de clases de servicio.
SCP	<i>Service Class Provider</i> , Proveedor de clases de servicio.
TAC	Tomografía Axial Computarizada.
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i> , Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet.
TRENCADIS	<i>Towards a Grid Environment to Process And Share DICOM Objects</i> , Entorno de Tablas dirigido a compartir y procesar objetos DICOM.
UID	<i>Unique Identifiers</i> , Identificadores Únicos.
WAN	<i>Wide Area Network</i> , Red de Área Extensa.
WS	<i>Web Service</i> , Servicio de Red.

RESUMEN

Los fabricantes de equipos médicos, enfocan sus productos a las nuevas generaciones y la tecnología basada en películas de rayos X, comienza a perder valor y eventualmente desaparecerán, así mismo los sistemas que combinan películas y red digital se vuelven más caros que los sistemas sin película.

La utilización de las tecnologías basadas en computadoras, se cultivan ya desde la niñez y la próxima generación no necesitará entrenamiento para ello, lo cual reducirá los costos en entrenamiento. El costo de los PACS y RIS/PACS disminuye continuamente, y la implantación e integración de los PACS/IT crecen a ritmos acelerados.

Los objetivos de un PACS son: la captura, gestión, transmisión, y exhibición de imágenes médicas. Sus componentes son interfaces para equipamiento de imagen, redes de comunicación, sistemas de archivo, estaciones de trabajo, para la exhibición de imágenes y *software* de gestión de base de datos.

Es bien conocido que un PACS no es una isla; habita en un mar de información con otras islas conocidas como RIS, HIS y el sistema de desarrollo de información, generalmente encargado de toda la gestión económico-administrativa de un hospital.

En el RIS se almacenan los datos sobre los turnos, exámenes, lista de trabajo, datos útiles sobre los pacientes a examinar; los cuales son de vital

importancia para un PACS (que puede usar ese conocimiento para hacer una búsqueda preliminar, desde un archivo de almacenaje a corto plazo en una estación de trabajo, de los estudios previos de un paciente programado).

Parte de la información utilizada en radiología proviene de diferentes escenarios de un hospital, por ejemplo, desde el laboratorio clínico. Por otra parte, el HIS comúnmente administra las operaciones del hospital y los datos demográficos del paciente. Estos son dos ejemplos, de la importancia de que el HIS pueda comunicarse con el PACS de radiología.

Es también la fuente de entrada, de descarga e información de traslado, útiles para búsquedas previas y movimiento de imágenes a sistemas de almacenamiento a largo plazo, una vez que el paciente fue dado de baja. El HIS es el encargado por definición de la distribución de información por el hospital, por eso debe haber una estrecha conexión con el PACS, si en él es donde se realiza el informe radiológico, el cual debe ser enviado al HIS para su distribución.

OBJETIVOS

General

Elaborar una guía básica de los estándares y protocolos para el diseño de un sistema de digitalización de imágenes médicas radiológicas, y consecuentemente ofrecer una solución a las necesidades de almacenamiento de imágenes para el diagnóstico médico de los pacientes.

Específicos

1. Determinar las características del estándar DICOM, así como la función de cada protocolo en la digitalización de la imagen médica radiológica.
2. Dar una metodología para análisis del actual sistema de imagen médica radiológica, en comparación con la propuesta realizada.
3. Dar a conocer una propuesta de un sistema básico de digitalización de imágenes médicas radiológicas.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento efectivo de una enfermedad, depende del diagnóstico de la misma y en la actualidad se están utilizando diversos equipos de diagnóstico médico, como es el caso; de los ultrasonidos, los rayos x, tomógrafo, mamógrafo, entre otros. Dichos equipos mencionados anteriormente, utilizan el procesamiento de imágenes para obtener una imagen deseada.

El equipo médico radiológico, se utiliza para tener una visualización en sí de algún órgano o parte interna del cuerpo humano, esto ayuda a tener un diagnóstico médico más certero. Los resultados de exámenes realizados con un equipo médico radiológico, actualmente en nuestro país lleva un gasto fuerte, porque se hace necesario el uso de papel, acetato, procesadoras, químicos de revelación, etc.

Este proceso puede ser optimizado, en costo y tiempo, por lo que la digitalización de las imágenes médicas hace más práctica la realización de exámenes médicos con equipo radiológico, teniendo como ventajas: la estandarización en un mismo formato de las imágenes médicas radiológicas, la mejor percepción de la imagen gracias a *software* especial y el poder evitar la impresión de las imágenes; estas básicamente son las tres ventajas centrales del uso de la digitalización de imágenes médicas.

Con el pasar del tiempo se han ido desarrollando las técnicas de digitalización de imágenes mediante diferentes estándares y protocolos que ofrecen mejoras notables en la toma de imágenes de todo tipo, no dejando

atrás la toma de imágenes médicas, las cuales serán el objeto de estudio en esta ocasión.

Con este trabajo de graduación, se pretende dar a conocer y realizar un estudio de los nuevos métodos de digitalización de imágenes médicas y la implementación de una red de toma de imágenes, así como un centro de impresión. Todo esto en pro de un diagnóstico más efectivo, así como la optimización de tiempo y recursos para una clínica u hospital.

1. PRINCIPIOS BÁSICOS

1.1. Fundamentos

En este capítulo, se describirán los principios básicos sobre los cuales se rige el funcionamiento de algunos equipos médicos radiológicos, que son comúnmente utilizados en el diagnóstico médico. A continuación se presentan algunos fundamentos teóricos, que es apropiado incluir para tener un mejor concepto de la terminología a utilizar.

1.1.1. Ondas electromagnéticas

Un fotón, es una expresión de energía que se desplaza en el espacio a la velocidad de la luz, esta partícula posee campos eléctrico y magnético que van cambiando continuamente de manera sinusoidal, las cuales se representan en forma de ondas.

Las ondas electromagnéticas tienen las siguientes características, que es importante considerar:

- **Amplitud:** es la altura que alcanza la onda, es decir, la distancia desde la cresta hasta la línea del eje X.
- **Frecuencia:** es la velocidad de subida y bajada de la onda. Es el número de crestas o valles que pasan por un mismo punto. Un hertzio es la medida de la frecuencia la cual es un ciclo por segundo.

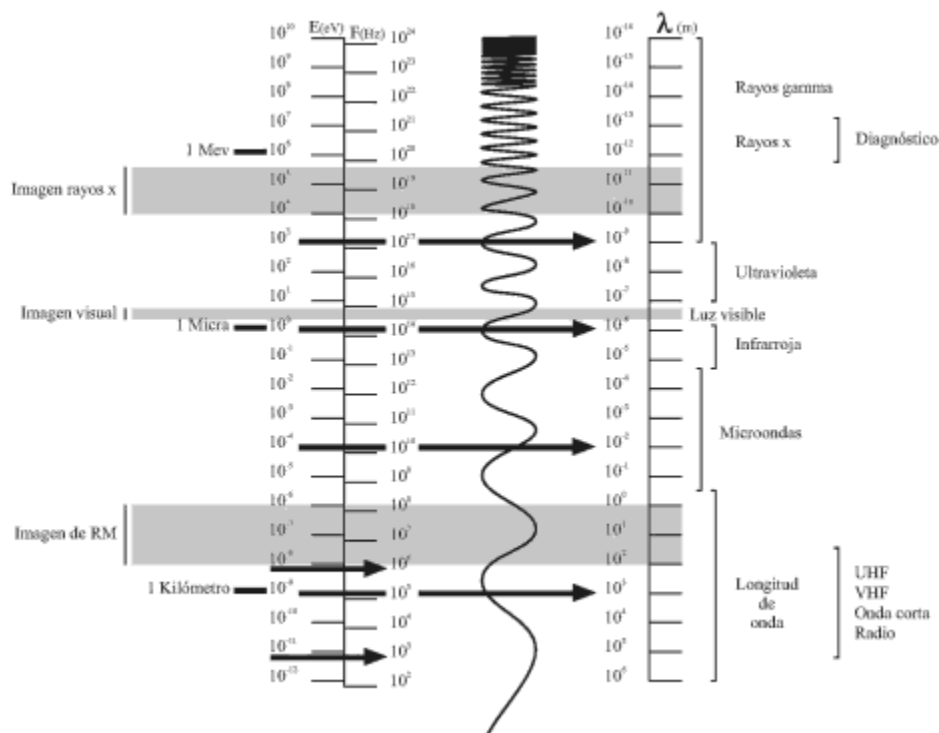
- Longitud de Onda: es la distancia desde cualquier punto de la onda, hasta el mismo punto de la onda.

La velocidad de propagación de las radiaciones electromagnéticas, es una constante $C = 3 \times 10^8$ m/s.

1.1.2. Espectro electromagnético

El conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas, constituye un espectro continuo de una gran amplitud, que comprende desde las ondas de radio y televisión hasta los rayos gamma. En éste se relacionan; la frecuencia, longitud de onda y la energía que porta cada tipo de radiación.

Figura 1. Espectro electromagnético



Fuente: Stewart C. Bushong, Manual de radiología para técnicos p. 27

Las ondas de radio y TV se encuentran en uno de los extremos del espectro y que corresponden con las frecuencias más lentas y de longitud de onda más larga. La luz visible se sitúa en una parte muy pequeña del espectro, y contiene longitudes de onda variables; desde el violeta hasta el rojo. La luz infrarroja posee longitud de onda ligeramente más larga que la luz visible, luego la luz ultravioleta se sitúa entre la luz visible y la radiación ionizante, dado que tiene longitud de onda aún más pequeña.

Las radiaciones ionizantes, se caracterizan por ocupar la zona del espectro en la cual la longitud de onda es corta o muy corta y de frecuencia más alta. También corresponden a energías muy elevadas.

Los rayos X, tienen una longitud de onda que varía de 10^{-9} a 10^{-12} , su frecuencia se encuentra entre 10^{18} y 10^{21} Hz y su energía que se mide en electrón-voltios, varía desde aproximadamente 1 KeV hasta 1 MeV. Por otro lado, la energía y la longitud de onda, son inversamente proporcionales, cuanto más larga es la longitud de onda menor será la energía del fotón. La relación entre la energía de los fotones y su frecuencia o su longitud de onda se expresa en la Teoría del Quantum de Planck $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$.

1.1.3. Radiaciones ionizantes

Las radiaciones ionizantes, incluyen a todas aquellas radiaciones que al incidir sobre la materia son capaces de producir iones, es decir; que pueden arrancarles un electrón a los átomos, produciendo un ion positivo (el átomo con falta de un electrón) y un ion negativo (el electrón liberado del átomo). A este proceso se le llama ionización. Se tienen dos tipos de radiaciones:

- Radiaciones de partículas: toda partícula subatómica fuera del átomo y en movimiento, es capaz de producir ionizaciones. En reposo no hay ionización. Las principales partículas capaces de ionizar son las partículas α y las partículas β .
 - a. La partícula α , equivale a un núcleo de helio, por lo tanto contiene dos protones y dos neutrones, posee una carga positiva y una gran masa. Luego de ser emitida, viaja con elevada energía (4 a 7 MeV) que transfiere con gran facilidad. Su recorrido es muy corto: en el aire unos 5 cm y en los tejidos unos 100 μm como máximo, por lo que es inofensiva.
 - b. La partícula β también es emitida por un núcleo de un átomo radiactivo. No tiene masa y su carga es negativa, diferenciándose de un electrón únicamente en su origen. Son ligeras y dependiendo de su energía (0 a 7 MeV) recorren de 10 a 100 cm en el aire y hasta 2 cm en los tejidos blandos.
- Radiaciones electromagnéticas: a este tipo de radiaciones pertenecen los rayos X y los rayos γ . Se les llama fotones. No tienen masa, ni carga y viajan por el espacio a la velocidad de la luz. Mientras los rayos gamma son emitidos por un núcleo en desintegración, acompañando a la emisión de una partícula alfa o beta, los rayos X son emitidos como consecuencia de la interacción de un electrón a gran velocidad. Tras ser emitidos atraviesan el aire y tienen un alcance ilimitado en la materia aunque disminuyen su intensidad al atravesarla.

Tabla I. Radiaciones ionizantes

Radiación	Origen	Símbolo	Masa	Carga	Energía	Recorrido en el aire	Recorrido en los tejidos
Partícula gamma	Núcleo radiactivo	α	4	+2	4-7 MeV	1-10 cm	<100 μ mm
Partícula beta	Núcleo radiactivo	β	0	-1	0-7 MeV	10-100 cm	0-2 cm
Rayos X	Nube electrónica	X	0	0	0-10 MeV	0-100 m	1-30 cm
Rayos gamma	Núcleo radiactivo	γ	0	0	0-5 MeV	0-100m	0-30 cm

Fuente: Stewart C. Bushong. Manual de radiología para técnicos p. 29

1.2. Breve descripción del equipo médico de radiología

En esta sección se describirán algunos equipos médicos, a los cuales se tuvo acceso y quienes serán objeto de análisis y estudio en este trabajo. Dada la gran cantidad de marcas en equipos médicos, no se hará énfasis a ninguna marca en especial y sólo se limitará a incluir información básica, con el fin de dar a conocer parámetros de importancia para este estudio, acerca de cada equipo en mención.

1.2.1. Rayos X

Para obtener una imagen por rayos X, primero hay que generar los rayos X y luego hacerlos interactuar con el paciente, el chasis y la placa. A continuación se describen los principios físicos y técnicos para que sea posible obtener una imagen médica por medio de rayos X.

1.2.1.1. Principios físicos

Los rayos X, se producen por el choque de electrones emitidos por un cátodo contra los electrones y el núcleo de los elementos de un ánodo, por lo que son el producto de la transformación de energía cinética de los electrones en energía electromagnética en un proceso muy poco eficiente, ya que el 99% se convierten en calor y sólo el 1% en rayos X. Los pasos para producir rayos X son los siguientes:

- Emisión termoiónica: se hace pasar una corriente a través del cátodo que es un filamento de tungsteno. Dicha corriente, controlada en el equipo por los miliamperios, genera calor y hace que los electrones de las últimas capas entren en emisión termoiónica, ya que el 99% se convierten en calor y sólo el 1% en rayos X, es más que la separación de sus capas.

A mayor miliamperaje por segundo (MAS), más electrones entran en emisión, lo que implica mayor cantidad de rayos X. La vida del tubo viene del filamento de tungsteno del cátodo que termina “vaporizándose” y se deposita en los componentes internos del tubo. A este proceso se le conoce como “gasificación del tubo”.

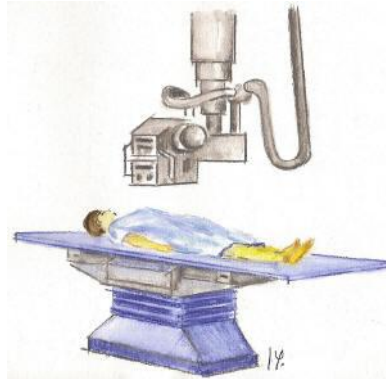
- Generación de corriente: al tubo dentro del cual está el cátodo en emisión termoiónica, se le aplica una corriente eléctrica controlada en el equipo por el kilovoltaje. Los electrones que están en emisión termoiónica salen entonces disparados hacia el ánodo con una gran cantidad de energía cinética. A mayor cantidad de kilovoltaje, más energía cinética se le suministra a los electrones. Se usan, además, mecanismos para concentrar y dirigir los electrones hacia el ánodo.

- Frenado por el ánodo: el ánodo es generalmente un disco rotatorio constituido por elementos con alto número atómico. El elemento más común es el tungsteno (el mismo filamento del cátodo) en una aleación con renio. Los electrones que vienen del cátodo chocan con los electrones y el núcleo de los elementos del ánodo.

El hecho de que casi toda la energía cinética se convierta en calor, obliga a que los elementos utilizados tengan un alto punto de fusión y a utilizar mecanismos de disipación del calor como son los circuitos del aceite alrededor del tubo. Dentro del tubo de rayos X, que es un tubo al vacío, se pueden alcanzar temperaturas de 1 500 °C.

- Interacción con el paciente: los rayos X que son generados, se orientan hacia el paciente, en donde por diferentes mecanismos se pierde energía. El paciente sufre ionización en sus átomos (los átomos pierden electrones) lo cual es el origen de los efectos biológicos.
- Obtención de la imagen: los rayos X que salen del paciente son filtrados por una rejilla que sólo deja pasar los rayos que vayan en sentido perpendicular y llegan al chasis, en donde hay dos elementos: las pantallas intensificadoras y las películas. Las pantallas intensificadoras están constituidas por elementos fluorescentes (aquellos elementos que emiten luz visible mientras son excitados por los rayos X) como el tungsteno de calcio y el lantano. La película es velada entonces por la luz visible y no por el efecto directo de los rayos X sobre ella.

Figura 2. **Equipo de radiología celiática**



Fuente: Stewart C. Bushong, Manual de radiología para técnicos p. 56

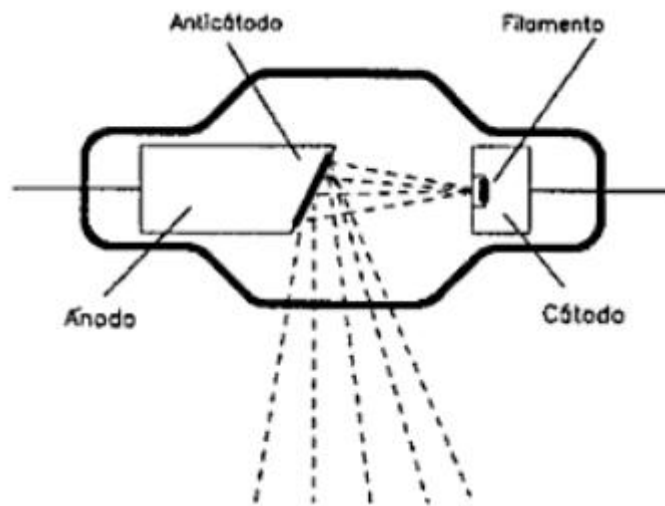
1.2.1.2. **Principios técnicos**

Para que sea posible la obtención de una imagen médica por medio de rayos X, también es necesario conocer el equipo y partes del mismo que contribuyen a obtener un resultado deseado en la imagen. A continuación se describen estos principios:

- **Distancias:** entre el tubo y el chasis, debe haber 1 m para todas las radiografías, excepto la de tórax en la que, para evitar la magnificación de la silueta del corazón se aumenta la distancia a 1,80 m. Entre el paciente y el chasis no debe haber separación a no ser que se quiera magnificar la imagen, para lo que se necesita aumentar los factores radiográficos (kilovoltaje y miliamperios por segundo).
- **Kilovoltaje:** influye principalmente en la escala de contraste. Hay escalas cortas o de alto contraste, en donde se generan pocos tonos de grises con gran diferencia entre un tono y otro. Se obtiene con bajos kilovoltajes y se usan para las radiografías de las extremidades. Las escalas largas o de bajo contraste son las que tienen muchos tonos de

grises, con poca diferencia entre un tono y otro. Se obtiene con altos kilovoltajes y es la que se busca al tomar una radiografía de tórax con 120 kV.

Figura 3. **Esquema de un tubo de rayos X**



Fuente: Xavier Ortega, Radiaciones ionizantes p. 47

- Miliamperaje por segundo: da principalmente la densidad óptica de la radiografía, que es el grado de ennegrecimiento. Determina la cantidad de radiación. A mayor miliamperaje por segundo más posibilidad de distorsión en la placa por movimiento.
- Dispositivos restrictores del haz de rayos X: se colocan entre el tubo y el paciente, y su objetivo es mejorar la calidad del haz, absorber los rayos X desenfocados y mejorar el contraste. Hay tres tipos de restrictores del haz: diafragma de apertura, conos (o cilindros) y colimadores de apertura variable. El uso de ellos implica aumentar los factores.

- Rejilla: se coloca entre el paciente y el chasis, para absorber la radiación dispersa que sale del paciente y que produciría borrosidad en la placa. Consiste en barras de plomo intercaladas con barras de material radiolúcido. Mejora el contraste y su uso también exige aumentar los factores radiológicos. Cuando la rejilla está instalada dentro de un mecanismo que la hace oscilar, se llama Bucky. Las rejillas se diferencian por su espesor (relación de rejilla) y por la cantidad de columnas de plomo (frecuencia de rejilla).
- Pantallas intensificadoras: están dentro de los chasis y emiten luz visible cuando son excitadas por los rayos X. Se diferencian por su velocidad. Mientras más rápida una pantalla, menos dosis de radiación se requiere, pero se pierde detalle de la imagen. Se pueden utilizar pantallas lentas para mejorar el detalle.
- Películas: las películas se diferencian por su latitud; que es el rango de factores con los cuales se obtiene la imagen diagnóstica. Las películas deben ser usadas con las pantallas intensificadoras para las que vienen diseñadas.

1.2.2. Tomografía computarizada

La tomografía computarizada (TC), proporciona una manera totalmente nueva de examinar el cuerpo, porque representa el equivalente a radiografías de cortes transversales del cuerpo en vivo. Es lo que la gente denomina TAC (Tomografía axial computarizada) y constituyen una fuente vital de información radiológica en medicina.

La diferencia entre las radiografías simples, las tomografías convencionales (o simples) y la tomografía computarizada, consiste en lo siguiente: las radiografías simples consisten en una superposición de sombras de todas las estructuras superpuestas, por lo que proporciona imágenes radiológicas perfectamente enfocadas de un plano del paciente. Por otro lado, una tomografía computarizada, sólo le suministra información radiológica enfocada sobre un corte transversal del paciente, sin ninguna imagen superpuesta que pueda causar confusión.

Por consiguiente, una TC le proporciona una serie de valores de densidad, para un corte concreto del paciente, que es preciso estudiar teniendo en cuenta la anatomía transversal regional.

1.2.2.1. Principios físicos

Todos los principios de la radiología, están presentes en la tomografía computarizada (TC) porque es un tubo de rayos X instalado en un caballete donde gira 360°. Hay detectores de rayos X que cubren la totalidad del círculo, con lo cual una computadora le da un valor numérico a cada una de las celdas (píxeles) de una matriz. Un ejemplo simple de una matriz:

Figura 4. **Matriz de 2 x 2 para píxeles de la TC**

3	2	2	1
3			3
1			1
1	2	2	3

3	2	2	1
3	2	1	3
1	0	1	1
1	2	2	3

Fuente: Hernán Vélez, Radiología e imágenes diagnósticas p. 7

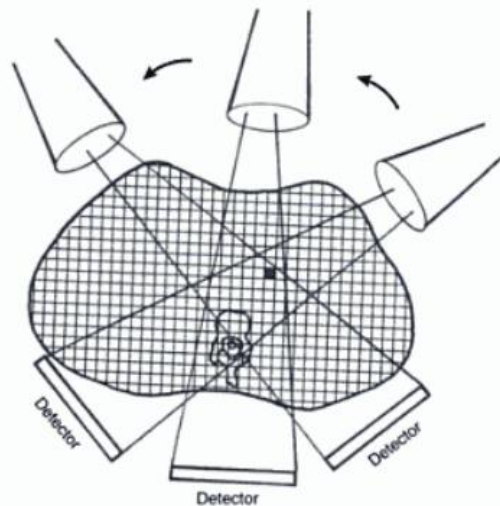
La computadora le da un número a cada una de las 4 celdas, ninguno de estos números pueden ser iguales. Cada uno de los números asignados en las celdas, tiene su equivalente en nivel de brillo, lo que en la pantalla forma la imagen que conocemos. El número está directamente relacionado con el coeficiente de atenuación de rayos X del tejido, con lo que se puede saber, si la imagen vista corresponde a líquido, grasa, aire, etc.

1.2.2.2. Principios técnicos

A continuación se describen los principios técnicos básicos, para la tomografía computarizada (TC):

- Colimación: el haz de rayos X, se puede colimar para hacer cortes de 1, 3, 5 ó 10 mm. Se escogen de acuerdo con la necesidad. Se usa 1 mm para oído o alta resolución de tórax y 10 mm para abdomen.
- Intervalo de corte: es cuando se realizan los cortes.

Figura 5. **Diagrama simplificado del principio básico de la TC**



Fuente: Robert Novelline, Fundamentos de radiología p. 29

- Sistema helicoidal: convencionalmente, mientras el tubo de rayos X está activado y girando alrededor del paciente, éste está quieto. El estudio se hace, entonces, secuencialmente: disparo de rayos X – desplazamiento del paciente – disparo de rayos X. La última innovación en los equipos de TC es el sistema helicoidal (o espiral), en el que mientras el tubo gira continuamente, el paciente se desplaza.

Esto ha permitido acortar el tiempo del examen y hacer reconstrucciones multiplanares y tridimensionales, lo que ha multiplicado sus aplicaciones.

- Kilovoltaje y miliamperaje: se escogen de acuerdo al tipo de examen que se realice y el principio es el mismo que para rayos X.

1.2.3. Ultrasonido

Ultrasonido es cualquier sonido con la frecuencia más alta del rango normal de audición humana, que es de 20 a 20 000 Hz.

Tabla II. **Velocidad del sonido y materiales**

MATERIAL	VELOCIDAD (m/seg)
Aire	340
Grasa	1 400
Agua	1 500
Tejidos Humanos Blandos (promedio)	1 540
Hígado	1 550
Riñón	1 560
Sangre	1 570
Músculo	1 590
Hueso	3 380

Fuente: José María Segura, Ecografía p. 4

1.2.3.1. Principios físicos

El principio físico fundamental de todos los ultrasonidos médicos, es el efecto piezoeléctrico; que consiste en que una onda mecánica (como el sonido), produce un cambio en la distribución de las cargas eléctricas de ciertos materiales, generando un impulso eléctrico. Es una propiedad física de algunos cristales; siendo el cuarzo el más conocido y utilizado de ellos.

En los equipos médicos, se usa generalmente el titanato circonato de plomo. La obtención de la imagen se hace con la secuencia de pulso-eco así:

- a. Generación del pulso: se aplica una corriente eléctrica a un cristal piezoeléctrico que vibrará de acuerdo a su tamaño con una frecuencia determinada. En diagnóstico médico se utiliza de 2 a 10 MHz, inmediatamente después de que el cristal genera el pulso, entra en reposo a la espera del eco. La generación del pulso dura 5 microsegundos.
- b. Recepción del eco: el cristal pasa 995 microsegundos en reposo, durante ese tiempo el cristal recibe las ondas ultrasónicas reflejadas en cada una de las interfaces del cuerpo. El cristal está en este momento siendo excitado mecánicamente, lo que genera una corriente eléctrica.
- c. Amplificación y modulación de la señal: la corriente eléctrica es amplificada y ordenada de acuerdo con el momento de su recepción. Se convierte entonces en señal digital para ser presentada en la pantalla del equipo.

1.2.3.2. Principios técnicos

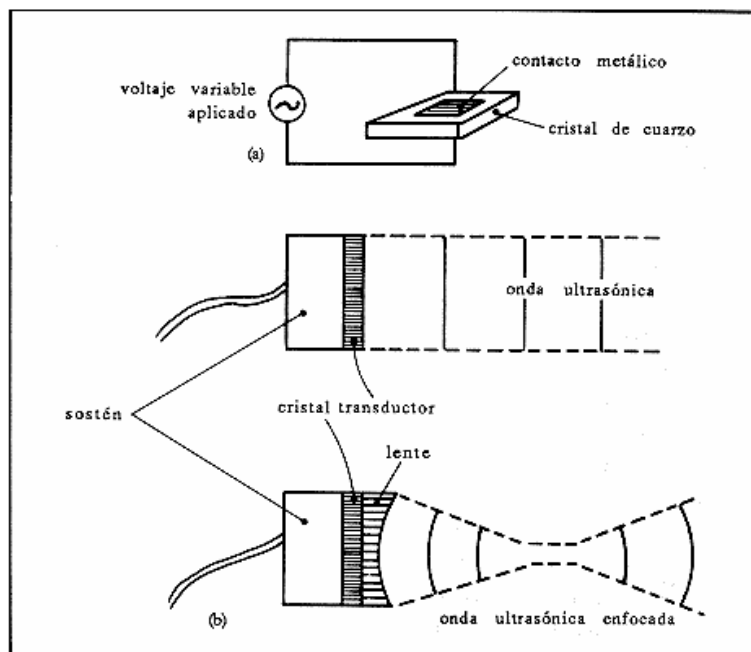
Los principios técnicos del ultrasonido, recaen sobre los transductores propiamente, derivado de la frecuencia a la que trabajan. La frecuencia a utilizar, en un ultrasonido se elige de acuerdo a la parte del cuerpo del paciente que vaya ser examinada, pues la frecuencia determina la profundidad de penetración que tendrán las ondas generadas por el transductor.

- a. Frecuencia del transductor: los cristales vibran a una frecuencia específica dada por su tamaño. Mientras más alta la frecuencia, mayor resolución, pero menor penetración. Siempre se debe escoger los transductores de mayor frecuencia posible.
- b. Transductor sectorial: consiste en un solo cristal colocado en un dispositivo para que tenga movimiento pendular. En la pantalla da una imagen en forma de cono, lo que hace que la visualización del campo cercano sea muy pobre. La cabeza del transductor es pequeña, lo que permite tener acceso por zonas estrechas.
- c. Transductor lineal: son múltiples cristales dispuestos en forma lineal. Las cabezas de los transductores, son más grandes pero tienen mayor resolución de los campos cercanos. Una modificación de los lineales son los convex (o radiales) en los que la cabeza es curva.
- d. Anular: el cristal gira 360° en un sentido perpendicular al eje del transductor.
- e. Focalización: una vez escogido el tipo de transductor con la frecuencia apropiada para realizar el examen, se focaliza el sonido hacia la zona de

mayor interés. Puede ser focalizado en tejidos superficiales, intermedios o profundos.

- f. Manejo del transductor o sistema de barrido: lo que vemos en la pantalla es un corte de 1 mm de espesor. Es por esto que hay que hacer barrido a todo el órgano y no practicar el examen viendo una sola imagen. Entendiendo que la imagen se obtiene mediante la consecuencia pulso-eco se comprenderá que el barrido debe hacerse pausadamente.

Figura 6. Tipos de transductores



Fuente: José María Segura, Ecografía p. 8

- g. Sistema Doppler: se usa para estudiar las interfaces que tengan movimiento (arterias y venas). La onda ultrasónica que llega a estas estructuras cambia de frecuencia, de acuerdo con la velocidad que tengan. Si se conoce la frecuencia emitida y recibida, se pueden determinar velocidades de flujo.

1.2.4. Resonancia magnética

La resonancia magnética, es un método sensible, no invasivo para la evaluación de músculos y huesos. Las imágenes de alta resolución es la gran ventaja de la resonancia magnética frente a la radiografía convencional y la tomografía computarizada.

1.2.4.1. Principios físicos

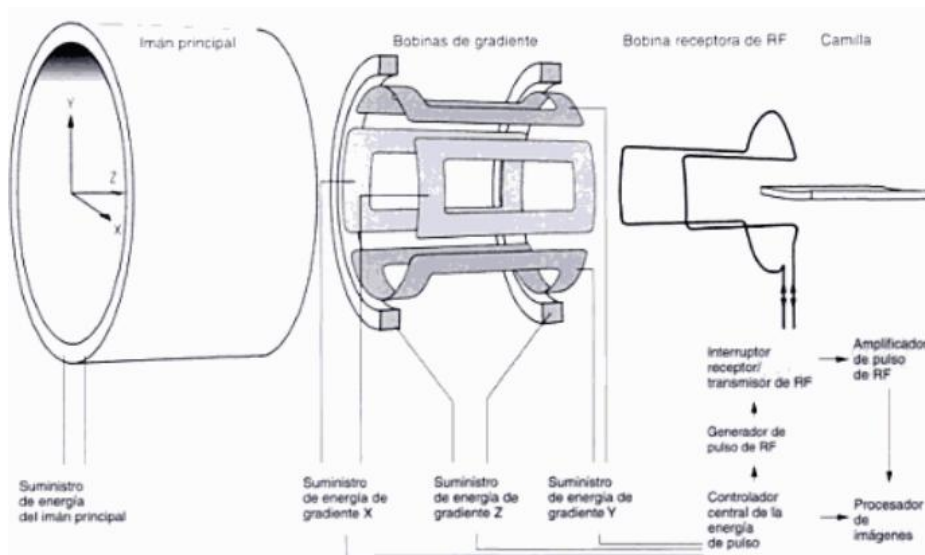
En la resonancia magnética, el contraste se obtiene de forma diferente que en la radiografía. Las zonas blancas y negras de una radiografía, están determinadas por el número de rayos X que penetran atravesando los huesos y los tejidos blandos hacia el receptor de la imagen.

Por el contrario, en la resonancia magnética, la escala de degradación del negro al blanco o de claro a oscuro depende de la interacción de muchos factores que se describirán a continuación.

- a. **Magnetización:** se coloca al paciente dentro de un potente imán. Con esto, los protones que hay en los núcleos de los átomos de hidrógeno del cuerpo, se orientan en sentido longitudinal al campo magnético externo (Norte-Sur o Sur-Norte). Se usan imanes de 0,5 a 1,5 teslas, lo que es 10 000 veces más potente que el campo magnético del planeta Tierra.
- b. **Resonancia:** los protones son energizados por una onda de radio que tiene la misma frecuencia con la que los protones giran. Ganan energía, con lo que se pierde la magnetización longitudinal y aparece la magnetización transversal.

- c. Obtención de la imagen: se interrumpe la onda de radio, y los protones vuelven a la magnetización longitudinal con lo que pierden energía en forma de señal electromagnética (onda de radio) que es captada por una antena.

Figura 7. **Diseño básico de un aparato de resonancia magnética**



Fuente: P. Fleckenstein, Diagnóstico por imagen p. 29

1.2.4.2. Principios técnicos

En la resonancia magnética, se utilizan accesorios que hacen posible la obtención de la imagen. A continuación una breve descripción de estos:

- a. **Secuencias:** de acuerdo con el momento en que se “escucha” la señal emitida por el paciente, varía el tipo de imagen. Las secuencias más conocidas son: T1, T2, supresión de grasa y densidad de protones. Un examen incluye varias de estas secuencias y las escoge el radiólogo de acuerdo con las necesidades del paciente.

- b. Antenas: son escogidas de acuerdo con el tamaño del órgano a examinar y su profundidad.
- c. Cortes: se escogen el espesor, el intervalo y la orientación de los cortes.
- d. Angio-resonancia: hay varias técnicas para recibir señal de tejidos en movimiento, con las que se hacen reconstrucciones para estudiar los vasos.

1.2.5. Equipo de impresión

El equipo de impresión, es sumamente importante como complemento del equipo médico de diagnóstico, ya que éste, es el medio por el cual se obtienen los resultados del examen. El principio de funcionamiento del equipo de impresión, es el mismo, la evolución de los mismos; consiste únicamente en la mejora de los mecanismos para tratar las películas y así revelarlas.

1.2.5.1. Procesado de películas

El procesado, es tan importante para conseguir una radiografía de calidad como el posicionamiento y la técnica. Un cambio en las condiciones recomendadas de procesado, nunca debería ser un sustituto de una mala exposición radiográfica, porque el resultado es una dosis más alta para el paciente.

- a. Procesado manual: en el procesado manual, las películas expuestas se sumergen primero en un tanque con revelador a 20 °C durante aproximadamente 5 minutos. Las películas se sumergen después en un

baño de paro, seguido por una inmersión en una solución fijadora. Las películas se lavan en agua corriente y se cuelgan para secarse. Obtener una radiografía seca y lista para usar, tarda aproximadamente 1 hora.

- b. Procesado automático: el primer procesador automático de películas de rayos X, fue introducido por Pako en 1942. El primer modelo comercial disponible podía procesar 120 películas por hora, usando unos colgadores de película especiales. Estos colgadores eran pasados de un tanque a otro. El tiempo total del ciclo de procesado de una película, era aproximadamente de 40 minutos.

El procesado automático de películas de rayos X, avanzó significativamente en 1956, cuando la *Eastman Kodak Company* introdujo los primeros sistemas con rodillos para procesar radiografías médicas.

El procesado automático de películas revolucionó la obtención de la radiografía finalizada, pues pasó a ser factible en 6 minutos, y la variabilidad en resultados, causada por el elemento humano fue eliminada.

Otro punto significativo para el procesado automático, fue la introducción en 1965 del procesador rápido de 90 segundos por *Eastman Kodak*. Este tipo de procesador sigue siendo el estándar actualmente.

1.2.5.2. Secuencia de procesado

En la actualidad, todo el proceso radiográfico se hace de forma automática. El procesado de películas radiográficas, requiere cierto número de pasos resumidos en la siguiente tabla:

Tabla III. **Secuencia de eventos en el procesado de una radiografía**

Evento	Objetivo	Tiempo Aproximado	
		Manual	Automático
Humectación	Hinchar la emulsión para permitir la penetración química subsiguiente	15 s	-
Revelado	Producir una imagen visible a partir de la imagen latente	5 min	22 s
Baño de paro	Detener el revelado y eliminar el exceso de productos químicos de la emulsión	30 s	-
Fijado	Eliminar el haluro de plata remanente de la emulsión y endurecer la gelatina	15 min	22 s
Lavado	Eliminar el exceso de productos químicos	20 min	20 s
Secado	Eliminar el agua y preparar la radiografía para su visualización	30 min	26 s

Fuente: Stewart C. Bushong, Manual de radiología para técnicos p. 203

El primer paso en la secuencia del procesado, es la humectación de la película, para hinchar la emulsión y permitir que los baños químicos subsiguientes puedan alcanzar todas las partes de la emulsión uniformemente.

Este paso se omite frecuentemente, en cuyo caso el agente humectante se incorpora en el paso siguiente, el revelado.

El paso de revelado, es muy corto y muy crítico. Después del revelado, la película se lava en una solución ácida para parar el proceso de revelado y eliminar el exceso de productos químicos de revelado de la emulsión. Los

fotógrafos llaman a este paso baño de paro. En el procesado radiográfico, el baño de paro se incluye en el paso siguiente, que es el fijado.

La parte de gelatina de la emulsión, es endurecida al mismo tiempo para incrementar su solidez estructural. Al fijado le sigue un lavado vigoroso de la película para eliminar cualquier producto químico remanente de los pasos de procesado previos. Finalmente, la película se seca para eliminar el agua usada para lavarla y para convertir la película en aceptable para su manipulación y visionado.

El revelado, fijado y lavado son pasos importantes en el procesado de las películas radiográficas. Las reacciones químicas precisas involucradas en estos pasos, no son completamente comprendidas. Sin embargo, es necesaria una revisión del proceso general debido a la importancia del procesado en una radiografía de alta calidad.

1.3. Factores a considerar en una imagen médica radiológica

La calidad de imagen, es la exactitud de la representación de la anatomía de un paciente en una imagen. Se requieren imágenes de alta calidad, para poder realizar diagnósticos acertados. Hay varios factores a considerar en una imagen radiológica y cada uno influencia la calidad de dicha imagen, a continuación se numera los parámetros más importantes.

1.3.1. Calidad radiográfica

Se refiere a la fidelidad con la que una estructura anatómica examinada, es visualizada en una imagen radiológica. Una imagen radiográfica que reproduce fielmente las estructuras y los tejidos, se identifica como una

radiografía de alta calidad. El radiólogo necesita radiografías de alta calidad para hacer diagnósticos acertados. Las radiografías de baja calidad contienen imágenes que son difíciles de interpretar por el ojo humano. Este hecho puede obligar a repetir un examen o, a veces, inducir a un diagnóstico equivocado.

No es fácil definir la calidad de una radiografía, ya que es un concepto que no puede ser medido con precisión. Un gran número de factores afectan a la calidad, pero no hay medidas precisas y universalmente aceptadas para juzgarlo. Las características más importantes en la calidad de una radiografía, son la resolución espacial, la resolución de contraste, el ruido y los artefactos.

1.3.2. Resolución

Es la capacidad de visualizar dos objetos separados y distinguirlos visualmente uno del otro. La resolución espacial se refiere a la capacidad de visualizar objetos pequeños que tienen alto contraste, como por ejemplo la interface entre el hueso y el tejido, una malformación en el pecho o un nódulo de calcificación en el pulmón. La radiografía convencional tiene una excelente resolución espacial. La resolución de contraste es la capacidad de distinguir estructuras anatómicas de contraste similar, como por ejemplo el hígado y el bazo, y la materia gris cerebral de la materia blanca.

El tamaño de los objetos que pueden ser visualizados, será siempre más pequeño en condiciones de alto contraste que en condiciones de bajo contraste. La tomografía computarizada, tiene una resolución de contraste excelente, y la resonancia magnética es incluso mejor.

A veces se utilizan términos menos precisos, como detalle o detalle registrado, en vez de resolución espacial o de contraste. Estos términos se

refieren al grado de agudeza de las líneas estructurales de una radiografía. La visibilidad de detalle, se refiere a la capacidad de visualizar los detalles registrados cuando se optimiza el contraste y la densidad óptica (OD) de la imagen.

1.3.3. Ruido

El término ruido, se tomó de la definición de ruido para el sonido. La ondulación, el zumbido y el silbido que se pueden oír en un sistema estéreo, forman parte del ruido de audio inherente al diseño del sistema. La nieve en las pantallas de televisión, especialmente en áreas con señal débil, es el ruido de vídeo, y también es inherente al sistema. El ruido radiográfico también es inherente al sistema de visualización.

Un número de factores contribuye al ruido radiográfico, incluyendo algunos que están bajo el control del técnico radiólogo. Niveles de ruido bajo dan como resultado una imagen radiográfica mejor, ya que mejoran la resolución de contraste. El ruido radiográfico tiene cuatro componentes: el grano de la película, el abigarramiento de la estructura, el abigarramiento cuántico y la radiación dispersada.

- a. El grano de la película, se refiere a la distribución en tamaño y espacio de los granos de haluro de plata en la emulsión.
- b. El abigarramiento de la estructura, es similar al grano de la película, pero se refiere al fósforo de la pantalla intensificadora de radiografías. El grano de la película y el abigarramiento de la estructura son inherentes al receptor de imagen. No están bajo el control del técnico radiólogo y

contribuyen muy poco al ruido radiográfico, con la excepción de las mamografías.

- c. El abigarramiento cuántico, está en parte, bajo el control del técnico radiólogo, es una contribución principal al ruido radiográfico en muchos de los procedimientos de visualización radiográficos. El abigarramiento cuántico se refiere a la naturaleza aleatoria del modo en que los rayos X interactúan con el receptor de la imagen. Si una imagen se produce con sólo unos pocos rayos X, el abigarramiento cuántico será mayor que si la imagen se forma con un gran número de rayos X.

La utilización de pantallas de intensificación muy rápidas, da como resultado un abigarramiento cuántico mayor.

El abigarramiento cuántico, es como esparcir semillas de césped. Si se esparcen muy pocas semillas, el césped resultante será fino, con pocas briznas. De la misma manera si pocos rayos X llegan al receptor de imagen, la imagen resultante será manchada.

Por otro lado, si se plantan muchas semillas, el césped resultante será grueso y suave. Del mismo modo, cuantos más rayos X interactúen con el receptor de imagen más lisa será la imagen.

1.3.4. Velocidad

Dos de las características de la calidad radiográfica, la resolución y el ruido, están íntimamente conectadas a través de una tercera característica, la velocidad. A pesar de que la velocidad del receptor de imagen, no es aparente en una imagen radiográfica, influencia mucho la resolución y el ruido.

2. ESTÁNDAR DICOM

El formato *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM), es el estándar común para la codificación de la información radiológica, que junto a los protocolos que más adelante se verán, son los que conforman toda la parte lógica de la digitalización de la imagen médica. En este capítulo se describen aquellos puntos del estándar, que tienen mayor relevancia en los desarrollos e implementaciones.

Primero, se mostrará una breve introducción de los orígenes del estándar y una descripción de las características más importantes de DICOM en la actualidad, así como la estructura de la información incluida, en los objetos DICOM, para poder entender como la información DICOM puede ser mostrada, insertada, modificada, consultada y referenciada.

2.1. Descripción del estándar DICOM

En los años 70, aparecieron las primeras modalidades de imagen médica digital y empezó un crecimiento exponencial en el uso de computadoras en aplicaciones clínicas. Sin embargo, los fabricantes diseñaban los equipos utilizando sus propios estándares, lo que dificultaba las comunicaciones e intercambios de datos.

Esto llevó al *American College of Radiology* (ARC) y a la *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA) a iniciar un esfuerzo para la creación de un estándar para la transmisión de imágenes e información asociada entre equipos de distintos fabricantes.

En 1983, el ACR y la NEMA, formaron un comité que desarrolló un estándar para promover la comunicación de imágenes digitales, facilitar el desarrollo y expansión de los PACS y permitir la creación de bases de datos de información diagnóstica, para ser consultadas por diferentes equipos. En 1985, nació la versión 1,0 del estándar ACR-NEMA que sufrió dos revisiones antes de que, en 1988 se publicara la versión 2,0.

Finalmente, en 1993, se publicó la versión actual, la 3,0 cambiándole el nombre a DICOM. Este cambio se realizó para resaltar que era un estándar a nivel mundial y no sólo norteamericano. A finales del 2004, se ha publicado la última revisión, que contempla una serie de modificaciones y ampliaciones del estándar.

La demostración realizada en la RSNA en 1992, fue un gran éxito y originó el estado actual de la estandarización: cualquier equipo que pertenezca a un PACS y éste en su conjunto, ha de ser compatible con el estándar DICOM. El objetivo fundamental del estándar DICOM, es que las modalidades de imágenes, los sistemas PACS, las estaciones de visualización de imágenes y los equipos de impresión, puedan comunicarse a través de un protocolo común, abierto y público.

El estándar define la forma en la que los equipos compatibles deben comunicarse. Para ello, se define un conjunto de servicios que proporcionan diferentes funcionalidades, utilizando TCP/IP como protocolo de comunicaciones de la capa inferior.

DICOM, proporciona todas las herramientas necesarias para la representación exacta de diagnóstico y tratamiento de datos de imágenes médicas, DICOM, no es sólo una imagen de formato de archivo, es un estándar

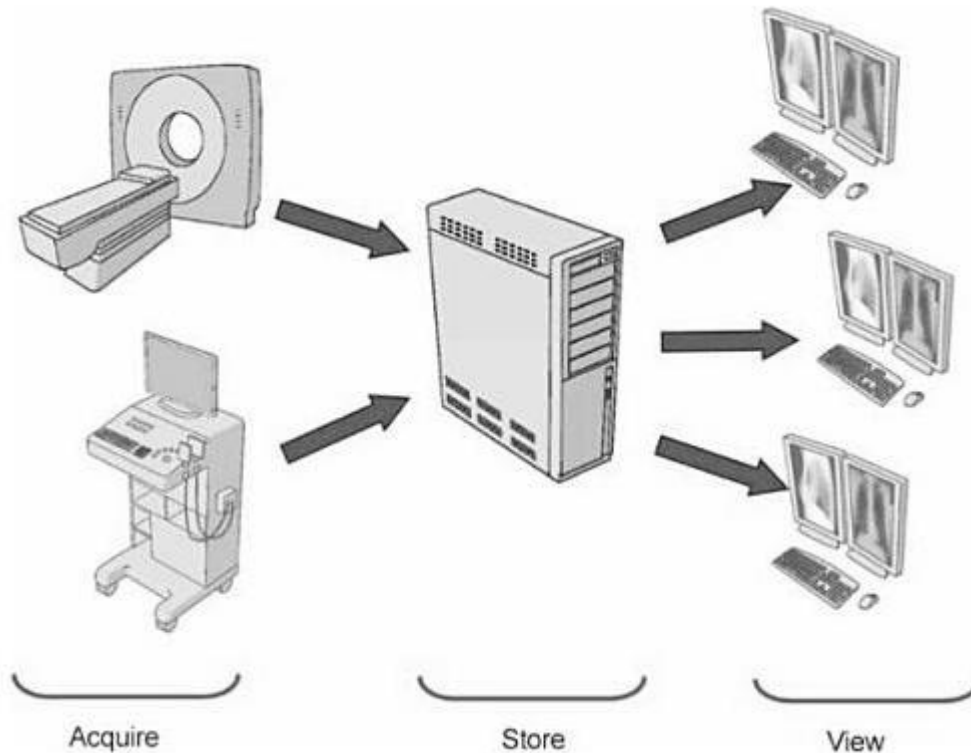
que abarca la transferencia de datos, el almacenamiento y el protocolo de pantalla diseñada para cubrir todos los aspectos funcionales de imágenes médicas digitales (por lo que muchos consideran a DICOM como un conjunto de normas, en lugar de un único estándar). Sin duda, DICOM verdaderamente rige la medicina digital práctica.

Otro acrónimo importante, que aparentemente todos los centros clínicos DICOM utilizan, es PACS (*Picture Archiving and Communication Systems*). PACS son sistemas médicos (que consiste en *hardware* y *software* necesario) diseñado y utilizado para ejecutar la imagen médica digital. Comprende dispositivos de adquisición de imagen digital (modalidades - como la tomografía computarizada (TC), escáneres o ultrasonido), archivos de imagen digital (donde se almacenan las imágenes adquiridas), y estaciones de trabajo (donde los radiólogos ven las imágenes).

Se puede realizar la siguiente analogía: cuando una persona utiliza su cámara digital (medio), almacena las imágenes en su computadora (archivo), y luego las envía a sus amigos o personas de interés (visualización), se utiliza el mismo modelo, por supuesto, PACS toma el modelo a un nivel mucho más complejo.

PACS, está directamente relacionado con DICOM, ya que su funcionalidad es impulsada por dicho estándar, lo que garantiza su interoperabilidad. Por esa razón, cualquier dispositivo o *software* PACS, viene con su propio DICOM Declaración de Conformidad, que es un documento muy importante que explica acerca del grado en que el dispositivo es compatible con el estándar DICOM. En esencia, el PACS lleva el estándar DICOM.

Figura 8. **Componentes de PACS y DICOM**



Fuente: Oleg Pinykh, Digital imaging and communications in medicine p. 4

Resulta difícil imaginar hoy en día la medicina digital sin DICOM y PACS. El estándar DICOM – concebido hace más de 20 años - desempeña un papel integral en la evolución de la medicina digital, garantizando los más altos estándares de diagnóstico y el mejor rendimiento.

DICOM, ha dado las bases para la estructura de las imágenes en la medicina moderna, al establecer los siguientes puntos:

- Un estándar universal de la medicina digital: actualmente, los dispositivos de adquisición de imagen digital, producen imágenes DICOM y comunicación a través de redes DICOM. El flujo de trabajo médico

actual, está implícitamente controlado por una multitud de normas DICOM.

- Excelente calidad de imagen: por ejemplo, DICOM soporta hasta 65 536 (16 bits) tonos de gris para la visualización de la imagen en monocromo, por lo tanto la captura de los menores matices en las imágenes médicas. En comparación, la conversión de imágenes DICOM a JPEG o mapas de bits (BMP), siempre limitada a 256 tonos de gris, a menudo les hace poco práctico para la lectura de diagnóstico. DICOM se aprovecha de las más actuales y avanzadas técnicas de representación digital de imagen, para ofrecer la máxima calidad de imagen de diagnóstico.
- Soporte completo para la imagen de numerosos parámetros de adquisición y los diferentes tipos de datos: no sólo almacenar las imágenes DICOM, sino que también registrar un gran número de parámetros relacionados, tales como la posición del paciente en 3D, el tamaño físico de los objetos en la imagen, grosor del corte, los parámetros de exposición de la imagen, y así sucesivamente.

Estos datos inmensamente enriquecen el contenido informativo de las imágenes DICOM, y facilita el procesamiento e interpretación de los datos de imagen de varias formas (por ejemplo, la creación de imágenes 3D de varias secuencias de dos rebanadas dimensionales).

- Codificación completa de los datos médicos: archivos DICOM y mensajes, utilizan más de 2 000 atributos estandarizados (diccionario de datos de DICOM), para transmitir los datos médicos de varios nombres de paciente a la profundidad de imagen de color, para el diagnóstico del paciente actual. Estos datos son a menudo esenciales para el

diagnóstico exacto, y la captura de todos los aspectos de la radiología actual.

- Claridad en la descripción de los dispositivos de imagen digital y su funcionalidad - la columna vertebral de cualquier proyecto de tratamiento de imágenes médicas: DICOM define la funcionalidad de dispositivos médicos de forma muy precisa y en términos independientes. Trabajar con los productos sanitarios a través de sus interfaces DICOM se convierte en un proceso fácil y de avance, dejando así poco espacio para los errores.

2.2. Características del estándar DICOM

Tal y como se encuentra en la actualidad, el estándar DICOM, las principales características de este estándar son:

- Intercambiabilidad de objetos en redes de comunicación y en medios de almacenamiento a través de protocolos y servicios, manteniendo, sin embargo, independencia de la red y del almacenamiento físico. Todo esto a través de comandos definidos por una sintaxis y una semántica muy estricta, a lo que se les asocian datos.
- Manejo de flujo de datos correspondientes a las transferencias de objetos DICOM. La especificación exige para cada objeto DICOM una cabecera "*File Meta Information Header*", la cual es guardada al comienzo de iniciar el flujo de datos.

Esta cabecera contiene información que permite al que recibe, reconocer que se trata de un fichero DICOM, y define como está codificada

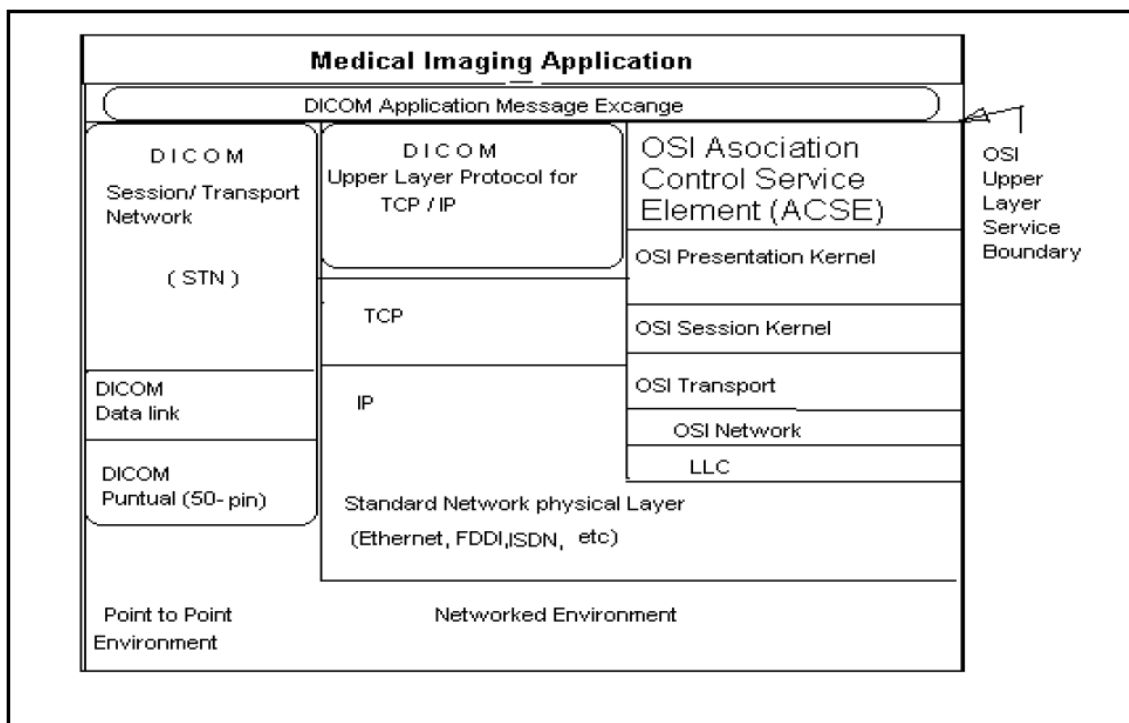
mediante la sintaxis de transferencia "*Transfer Syntax*" y como ésta puede ser interpretada, además de una serie de parámetros para detectar los diferentes campos de datos que se encuentran en la misma. También se utilizan las estructuras de "*Data Elements*" para guardar este tipo de información.

- Incluye información explícita de objetos a través de estructuras de datos, que facilitan su manipulación como entidades autocontenidas. Los objetos no son únicamente imágenes digitales y gráficas, sino también estudios o informes, etc.
- Define una identidad única de objetos, como instancias con operaciones permitidas definidas a través de clases.
- Proporcionan interoperabilidad entre servicios y aplicaciones a través de una configuración definida por el estándar, manteniendo una comunicación eficiente entre el usuario y el proveedor de los servicios.
- Ofrece una representación de aspectos del mundo real, utilizando objetos compuestos, que describen un contexto completo, y objetos normalizados como entidades del mundo real.

DICOM está representado mediante un diagrama Entidad-Relación, que se denomina modelo de información en donde se especifica la relación entre los objetos DICOM y entidades existentes en el mundo real como estudios, series o imágenes. Un estudio, es un conjunto de una o varias series de imágenes médicas y otra información que están lógicamente relacionadas con el fin de realizar un diagnóstico a un paciente.

La filosofía básica de diseño es que una aplicación de imagen médica, determinada de manera que un dispositivo pueda comunicarse sobre cualquier otro que use la misma estructura. A la imagen se le adjuntan los datos personales del paciente, los datos del proceso y exploración, los datos de los profesionales, fecha y hora. Este conjunto de datos e imágenes se unen según los criterios definidos por este estándar y se conoce con el nombre de imagen DICOM. En la siguiente imagen se observan las distintas capas de comunicación del modelo DICOM:

Figura 9. **Modelo del protocolo de comunicaciones DICOM**



Fuente: Fernando Ballesteros, Manual DICOM p. 24

Para que los procesos puedan actuar juntos, deben estar de acuerdo en la información que va a intercambiar y seleccionar, las operaciones que cada parte realizará.

La parte que utiliza la operatividad de la otra, tienen el papel de cliente y la parte contraria actuando sobre el modelo, tiene el papel de servidor, el funcionamiento de ambas partes viene definido por la relación que comparten. Dicha relación define que parte y bajo que condiciones toma la iniciativa en el proceso. En muchos casos los clientes provocan el proceso, pero a veces lo hace el servidor.

Además de los papeles que desempeñan, ambas partes tienen que estar de acuerdo en la información que van a intercambiar. La información está definida por el contexto del servicio, que el proceso distribuido está realizando. La operación define como debe ser procesada la información intercambiada en la otra parte, tal como almacenar información devolver un resultado, etc.

La combinación del contexto, relación, operaciones e información, es la piedra fundamental del procesamiento distribuido y tiene que definirse antes que una aplicación se realice (un intercambio de información). Todas estas características, son parte del dominio de la aplicación de los procesos distribuidos.

Estos no se ocupan de la forma en que la información se intercambia, pero cuentan con los servicios de menor nivel (TCP/IP) suministrados por el dominio del intercambio para poder hacer frente al proceso de comunicación. Ambas partes, cliente y servidor, tienen que ser capaces de emitir peticiones a los servicios de menor nivel.

Los servicios de menor nivel llevarán el intercambio y estarán ocultos para el dominio de la aplicación del cliente o servidor. Ambas partes pueden tener distintas implementaciones, pero comparten el mismo conocimiento sobre como

se intercambian los datos (protocolo) y tienen la misma interfaz lógica (formato de petición) entre sí.

El proveedor del servicio, debe determinar en qué formato fue transferida la información y convertida a la representación esperada por el dominio de la aplicación. Después del intercambio, la información presentada a los procesos utilizando la información, es igual en ambas partes, independientemente de cómo fuera intercambiada. El intercambio físico entre los proveedores del servicio puede ser vía red o medios de traslado físico. Cada mecanismo tiene su propia forma de manejar el conocimiento de la representación.

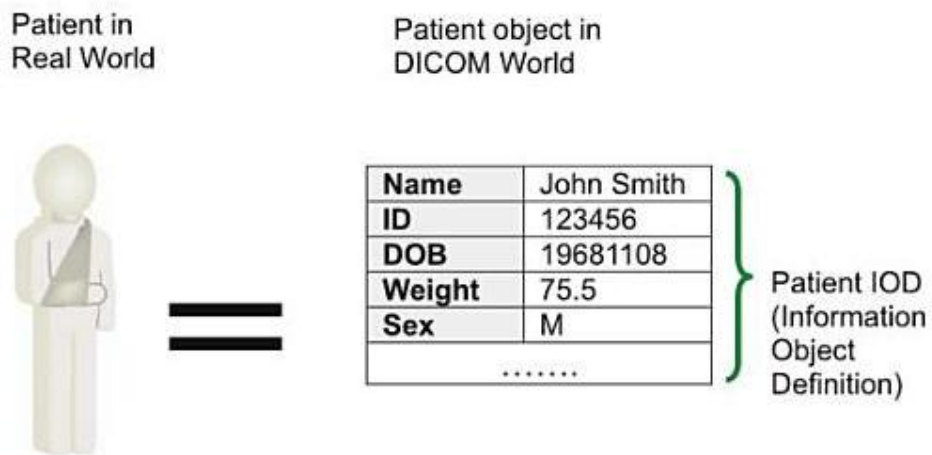
2.3. Estructura del estándar DICOM

Para introducir DICOM en el entorno médico, utiliza su propio lenguaje, basado en su modelo del mundo real (modelo de información DICOM), acá se ve ese modelo pero de manera muy superficial. Todos los datos del mundo real - los pacientes, los estudios, dispositivos médicos, y así sucesivamente - son vistas por DICOM como objetos con propiedades respectivas o atributos. Las definiciones de estos objetos y atributos, están estandarizadas de acuerdo a la información de DICOM *Information Objects Definitions* (IODS).

Se visualiza a los IODs como un conjunto de atributos, los datos que describen cada objeto concreto. Una IOD paciente, por ejemplo, puede ser descrito por su nombre, número de registro médico (ID), sexo, edad, peso, y así sucesivamente, tantos atributos como sea necesario, para capturar toda la información del paciente clínicamente relevante.

En un sentido más amplio, un paciente (como cualquier otro objeto DICOM), es el conjunto de atributos de la que consiste, como en la figura siguiente.

Figura 10. **DICOM Information Objects Definitions (IODS)**



Fuente: Oleg Pianykh, Digital Imaging and Communications in Medicine p. 8

DICOM mantiene una lista de todos los atributos estándar (más de 2 000 de ellos), conocido como el diccionario de datos de DICOM, para garantizar la coherencia en el atributo de nombre y de transformación. Por ejemplo, algunos atributos del paciente (nombre, fecha de nacimiento, sexo, y así sucesivamente) también se incluyen en el diccionario de datos DICOM.

Todos los atributos tienen el formato DICOM, de acuerdo a representaciones de valor (VR, *Value Representations*), que corresponden a fechas, tiempos, nombres, etc.

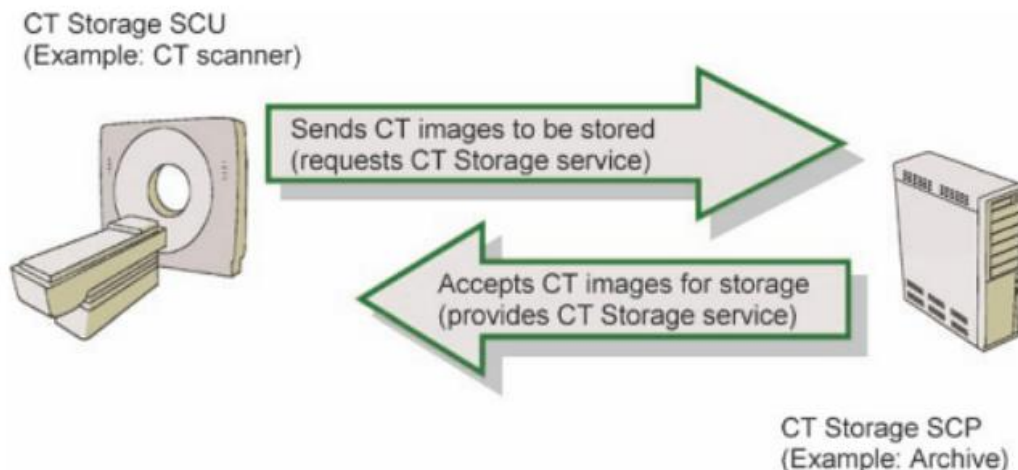
Tan pronto como los datos son capturados como atributos de datos DICOM, pueden ser transmitidos y procesados entre varios dispositivos DICOM y *software (Application Entities*, conocidas ya en DICOM). DICOM representa

esta transformación, con una prestación de servicios de modelo, mediante las solicitudes de DICOM.

Debido a que cada servicio, implica un intercambio de datos (normalmente realizado por más de una red de computadoras), resulta mejor asociar tipos de servicio particular, con los datos (IODs) del proceso. DICOM llama a estas asociaciones *Service-Object Pairs* (SOPs), y los agrupa en las clases SOP. Por ejemplo, el almacenamiento de una imagen de un escáner TC digital a un archivo digital PACS, corresponde a la SOP de almacenamiento TC. En este ejemplo en particular, la imagen TC representa el IOD DICOM (DICOM los datos del objeto), como se observa en la figura 11.

El escáner TC, pide el servicio de almacenamiento del archivo, y el archivo presta el servicio de almacenamiento en el escáner para diferenciar entre los solicitantes de servicios y proveedores de servicios, DICOM llama a los primeros *Service Class Users* (SCUs) y los segundos *Service Class Providers* (SCPs).

Figura 11. **Servicios DICOM**



Fuente: Oleg Pinykh. Digital imaging and communications in medicine p. 8

En el ejemplo mismo de la TC, los actos del escáner TC son como la SCU de almacenamiento, y el archivo digital almacenado como el SCP. Cada red de datos DICOM intercambia datos entre SCU y SCP, este par de procesos se llama asociación. En consecuencia, cada transferencia de la red, comienza con un establecimiento de una asociación, DICOM realiza un *handshaking*, luego cuando hay conexión entre las dos, se da intercambio de información de uno al otro. Esta información se llama contexto de presentación (*Presentation Context*), si las dos aplicaciones pueden igualar sus contextos, pueden conectarse e iniciar el procesamiento de SCU a SCP.

Debido a que cientos de dispositivos DICOM y aplicaciones son producidos por cientos de fabricantes DICOM, cada unidad de DICOM estará acompañada por su declaración de conformidad DICOM, propia del fabricante. Esta declaración explica las unidades compatibles SOPs (servicios), y en qué medida (SCU, SCP, o ambos). La declaración de conformidad DICOM, es esencial para cualquier proyecto relacionado con DICOM, para asegurar la compatibilidad entre dispositivos.

Esta declaración de conformidad, puede obtenerse con el fabricante antes de tiempo, para leerse cuidadosamente. Por ejemplo, si se compra un archivador digital que sólo es compatible con TC en el almacenamiento de SCU (no es compatible con TC en almacenamiento SCP), no se podrán almacenar las imágenes de TC en el mismo. El archivo no será capaz de prestar el servicio de almacenamiento de TC.

Este breve ejemplo refleja la funcionalidad más importante de DICOM, y como puede verse, es muy sencillo. De hecho, la comprensión de la teoría de DICOM es fácil, tratar con DICOM en la vida real es el verdadero desafío.

2.4 Evolución del estándar DICOM

Actualmente el documento que define el estándar, está estructurado en 16 partes:

- *Part 1: Introduction and Overview.*
- *Part 2: Conformance.*
- *Part 3: Information Object Definitions.*
- *Part 4: Service Class Specifications.*
- *Part 5: Data Structure and Semantics.*
- *Part 6: Data Dictionary.*
- *Part 7: Message Exchange.*
- *Part 8: Network Communication Support for Message Exchange.*
- *Part 9: Retired.*
- *Part 10: Media Storage and File Format for Media Interchange.*
- *Part 11: Media Storage Application Profiles.*
- *Part 12: Storage Functions and Media Formats for Data Interchange.*
- *Part 13: Retired.*
- *Part 14: Grayscale Standard Display Function.*
- *Part 15: Security and System Management Profiles.*
- *Part 16: Content Mapping Resource.*
- *Part 17: Explanatory Information.*
- *Part 18: Web Access to DICOM Persistent Objects (WADO)*

Las partes 17 y 18, han sido incluidas en la última versión y las partes 9 y 13, han sido retiradas por haber quedado obsoletas debido a la evolución de la tecnología.

3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN MÉDICA Y PROTOCOLOS

En ésta sección, se dará una breve descripción de los sistemas de información y protocolos que utilizan el formato digital para el almacenamiento de los datos, se pretende dar una visión general, mostrando la parte referente a gestión compartida de información en formato DICOM.

3.1. Sistema de información para imagen médica (PACS)

En esta sección, se encuentran los temas principales; para dar una descripción general del *Picture Archiving and Communication System* (PACS), acerca de los conceptos básicos y sus componentes, lo cual dará una arquitectura general y requerimientos del sistema. Por ejemplo, en el flujo de trabajo de PACS en radiografía, se resaltan las funcionalidades de estos componentes.

3.1.1. Componentes de PACS

Un PACS, debe ser compatible con DICOM, en lo que se refiere a la adquisición de una imagen y datos, un controlador de dispositivo de adquisición y el despliegue de la información en una estación de trabajo integrada conjuntamente con una red digital.

3.1.1.1. Medio de adquisición de imagen y datos

Un PACS requiere que las imágenes obtenidas de los diferentes dispositivos, la información relacionada con el paciente del *Hospital Information*

System (HIS) y del *Radiology Information System* (RIS) sean enviadas a los controladores y servidores de archivos de PACS.

Una tarea importante en PACS, es la adquisición de imágenes de manera fiable mediante cada modalidad de imagen radiológica del paciente, en conjunto con los datos pertinentes para el examen del paciente: la descripción del estudio y los parámetros de la adquisición y tratamiento de imágenes. La adquisición de imágenes es una tarea importante por tres razones:

- a. La modalidad de imagen no depende de los PACS. Muchos fabricantes de equipo tienen diversas modalidades de imagen, cada una de las cuales tiene su propia declaración compatible con DICOM y en el peor de los casos algunas modalidades de imágenes pueden incluso no ser compatible con DICOM. Para conectar muchas modalidades de imágenes al PACS, es necesaria la cooperación de los fabricantes de modalidad para tener la compatibilidad disponible en los dispositivos.
- b. La adquisición de imágenes es una operación lenta en comparación a otras funciones PACS, porque se trata de diferentes pacientes. Por cada paciente, la modalidad de imagen necesita adquirir los datos necesarios para la reconstrucción de la imagen.
- c. Las imágenes y datos de los pacientes, generados por la modalidad en algún momento puede contener información en formato inaceptable para la operación de los PACS. Para evitar estas dificultades, un dispositivo *Gateway*, se ubica generalmente entre la modalidad de imágenes y el resto de la red de PACS, para contar con la compatibilidad necesaria para el funcionamiento de la red.

- d. El aislamiento es necesario porque las computadoras tradicionales carecen de la comunicación y el *software* necesarios para la coordinación necesaria de la infraestructura de los PACS.

Los equipos host no contienen la suficiente inteligencia como para trabajar con el controlador de PACS, lo que produciría varios errores. El equipo *Gateway* de adquisición, tiene tres tareas principales: adquiere datos de imagen desde el dispositivo de imágenes radiológicas, convierte los datos de las especificaciones del fabricante a un formato estándar PACS (formato de cabecera, orden de bytes, el tamaño de la matriz), que sea compatible con el formato DICOM, y por último envía el estudio de imagen por medio del controlador a las estaciones de trabajo PACS o pantalla.

La conexión general para los PACS, son enlaces de red punto a punto, que utilizan el protocolo TCP/IP, la transferencia de imágenes puede ser iniciado ya sea por la modalidad de imagen radiológica (la operación “empujar”) o por el PACS por medio de la adquisición del equipo *Gateway* (la operación “jalar”).

El modo de “empujar”, es ventajoso porque si un equipo de adquisición esta fuera, las imágenes pueden estar en cola en el equipo de imágenes radiológicas, hasta que el equipo de *Gateway* entre en funcionamiento de nuevo, momento en el que las imágenes en cola pueden comenzar el flujo normal de transferencia.

Suponiendo que hay datos suficientes en el búfer del equipo de adquisición, el modo de “empujar” es el modo preferido de operación porque se puede programar una secuencia de transferencias si se produce un fallo.

Si el equipo *Gateway*, designado a la adquisición presenta alguna falla, las imágenes de la exploración pueden ser desviadas a otra red de copia de seguridad, designada a un equipo de adquisición o de una estación de trabajo, ya que un retraso en la adquisición de la imagen no es aceptado en la reconstrucción de la imagen.

También se dispone de la interfaz tipo maestro-esclavo, este dispositivo realiza un paralelismo de transferencia mediante acceso directo a memoria (DMA), cuenta con mecanismos de recuperación que dependerán de que la máquina (Equipo *Gateway* o modalidad de adquisición de imagen), pueda iniciar una transferencia del estudio. Si el equipo de *Gateway* presenta alguna falla, se pueden perder datos, por lo que se necesitaría de un método alternativo de adquisición de la imagen para la adquisición en caso de presentarse este problema.

3.1.1.2. Controlador y servidor de archivos PACS

Los estudios de imagen y la información del paciente, pasan desde el equipo *Gateway* de adquisición por el HIS y el RIS, quienes se lo envían al controlador de PACS. La clave para el buen funcionamiento de los PACS son computadoras de alta capacidad, sus dos componentes principales son un servidor de base de datos y un sistema de archivos. El sistema de archivos se compone a corto plazo, a largo plazo, y el almacenamiento permanente.

A continuación se enumeran algunas funciones principales de un controlador de PACS y servidor de archivos:

- Recibe las imágenes de los estudios (exámenes), a través de la adquisición de imágenes por medio del equipo *Gateway*.

- Extrae información de texto que describe el examen recibido.
- Actualizaciones de datos en el sistema de gestión de base de datos.
- Determina las estaciones de trabajo de destino al que acaba de generar los exámenes deben ser transmitidas.
- Recupera automáticamente la comparación necesaria de imágenes; de lotes de almacenamiento de largo plazo del sistema de archivos.
- Corrige automáticamente la orientación de las imágenes de radiografía computarizada.
- Determina los parámetros óptimos de contraste y brillo para una visualización de imágenes.
- Realiza la compresión de datos de imagen, si es necesario.
- Realiza la comprobación de integridad de datos, si es necesario.
- Archiva nuevos exámenes en la sección de archivos de largo plazo.
- Elimina las imágenes que han sido archivados en equipos de almacenamiento masivo.
- Provee servicios de consulta y recuperación de archivos de estaciones de trabajo y otros controladores de PACS en los servidores principales del hospital o clínica.
- Puede contarse con interfaz a los servidores de aplicación PACS.

3.1.1.3. Despliegue en la estación de trabajo

Una estación de trabajo incluye la conexión de red de comunicación, base de datos local, exhibición de imágenes, manejo de recursos y el *software* de procesamiento. Las operaciones de la estación de trabajo fundamentales son:

- Preparación de los casos: la acumulación de todas las imágenes y la información relacionada al examen de un paciente.

- Selección de casos: selección de casos para un grupo determinado de pacientes.
- Manipulación de la imagen: herramientas para organizar y agrupar las imágenes para facilitar su revisión.
- Interpretación: instrumentos de medición para facilitar el diagnóstico.
- Documentación: herramientas para la anotación de texto y voz en los informes de imágenes.
- Presentación de caso: herramientas para una presentación integral de casos.
- Reconstrucción de imagen: herramientas para los diversos tipos de reconstrucción de la imagen para una correcta visualización.

Hay cuatro tipos de estaciones de trabajo de pantalla, clasificados por su resolución:

- a. Alta resolución (2,5 K x 2K) pantalla de cristal líquido (LCD) para el diagnóstico primario en el departamento de radiología
- b. Media resolución (2 000 x 1 600 o 1 600 x 1K) LCD para el diagnóstico primario de las imágenes de la sección y en las salas del hospital
- c. Estaciones de trabajo de escritorio médico (1K a 512) LCD
- d. Estaciones de trabajo para imprimir imágenes en una película o papel

En una estación de trabajo de diagnóstico primario, las imágenes actuales son almacenadas en discos magnéticos locales de alta velocidad para la recuperación rápida. También tiene acceso a la base de datos PACS para recuperar imágenes históricas a largo plazo, si es necesario.

3.1.1.4. Servidores de aplicaciones

Los servidores de aplicaciones están conectados al controlador de PACS y al servidor de archivos, a través de estos servidores de aplicaciones, los datos pueden ser filtrados a medida que se requiera para diferentes aplicaciones, por ejemplo, la *Web* de visualización de imágenes basadas en servidor de la radioterapia y el servidor de la educación, entre otros servicios de aplicación.

3.1.1.5. Sistemas de redes

Una función básica de cualquier red de ordenadores, es proporcionar una vía de acceso a los usuarios (por ejemplo, los radiólogos y médicos), en una ubicación geográfica para que puedan tener acceso a información (por ejemplo, las imágenes y los informes) en otro lugar.

Las redes de datos necesarias para el diseño del sistema de gestión de imágenes, son la ubicación, función de cada nodo de la red, la frecuencia de la información que pasa entre dos nodos, el costo de transmisión de datos entre nodos con diferentes líneas de alta velocidad, la fiabilidad deseada de la comunicación y el rendimiento de la red. Las variables de incluir en el diseño de la topología de la red, las capacidades de las líneas de comunicación, y de las asignaciones de flujo.

En la red de área local, la comunicación digital en el diseño de infraestructuras PACS, puede constar de baja velocidad de *Ethernet* (10 Mb/s, velocidad de señalización), de velocidad media (100 Mb/s) o rápida (1 Gb / s) *Ethernet*, y de alta velocidad de transferencia asíncrona de tecnología (ATM, 155-622 Mb/s en adelante). En una red de área amplia, de servicios digitales

diferentes (DS) de velocidades se puede utilizar, que van desde la DS-0 (56 Kb/s) y DS-1 (T1, 1.544 Mb/s) a DS-3 (45 Mb/s) Y ATM (155-622 Mb/s).

Hay un equilibrio entre la velocidad de transmisión y coste. El protocolo de red utilizado debe ser la norma, por ejemplo, el protocolo TCP / IP y el protocolo de comunicación DICOM (un mayor nivel de TCP / IP). A baja velocidad a la red se utiliza para conectar las modalidades de imagen (dispositivos) a los equipos de adquisición de puerta de enlace porque el tiempo de los procesos de consumir durante la adquisición de imágenes que no requiere conexión de alta velocidad.

A veces, varios segmentos de ramas de la red de área local *Ethernet* pueden ser usados en la transferencia de datos de los dispositivos de imágenes para los equipos de adquisición de puerta de enlace. Redes de media y alta velocidad, se utilizan sobre la base de datos de la balanza de los requisitos de rendimiento y costes.

Una red de imagen más rápida se utiliza entre los equipos de puerta de enlace de adquisición y el controlador de PACS, al mismo tiempo. Las redes de alta velocidad se utilizan siempre entre el controlador y estaciones de trabajo PACS y el proceso de coordinación entre las tareas en ejecución en diferentes ordenadores conectados a la red, es una cuestión extremadamente importante en la creación de redes del sistema.

Esta coordinación de los procesos en ejecución ya sea en el mismo equipo o en equipos diferentes, se logra mediante el uso de métodos de comunicación entre procesadores con *socket-interfaces* a nivel de TCP / IP. Los comandos se intercambian con el *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII) mensajes para asegurarse de codificación estándar.

3.1.2. Arquitectura de PACS

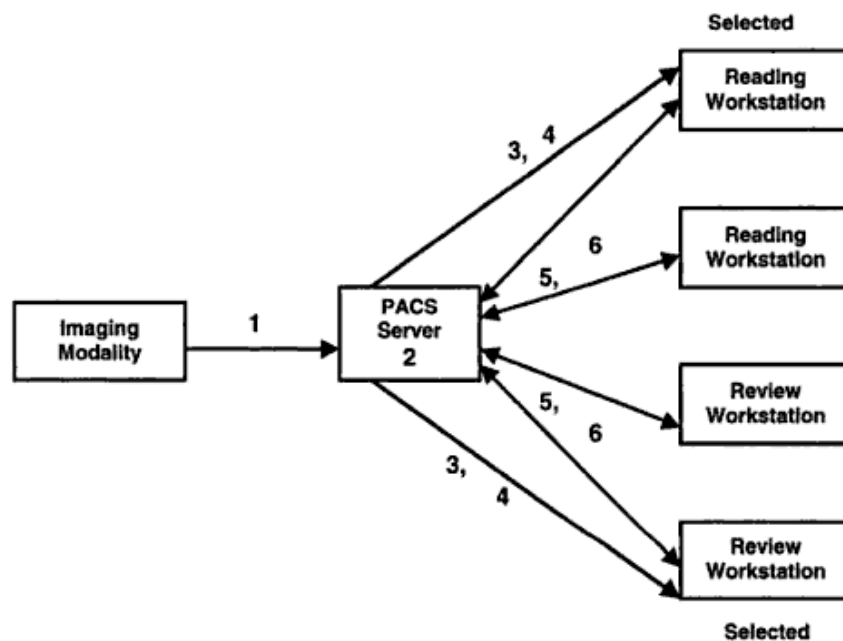
Hay dos arquitecturas básicas: a) independiente y b) cliente-servidor.

3.1.2.1. Arquitectura independiente

Las tres principales características del modelo independiente son:

- Las imágenes se envían automáticamente a la estación de lectura designada y estaciones de trabajo de revisión del servidor de archivo.
- En las estaciones de trabajo también se puede consultar/recuperar las imágenes desde el servidor de archivo.
- Las estaciones de trabajo cuentan con memoria de almacenamiento a corto plazo.

Figura 12. Diagrama de flujo de la arquitectura independiente PACS



Fuente: H.K. Huang, PACS and imaging informatics p. 163

El flujo de trabajo de datos de la arquitectura independiente, PACS se muestra en la figura 12. Siguiendo los números de la figura 12:

- a. Imágenes de un examen, adquiridos por la modalidad de imagen se envían al servidor de archivos PACS.
- b. El servidor de archivos PACS, almacena los archivos de la prueba.
- c. Copia de las imágenes, se distribuye a estaciones de usuario para la lectura de diagnóstico y revisión. El servidor realiza de forma automática esta tarea.
- d. Exámenes históricos, son previamente buscados desde el servidor y una copia de las imágenes se envía a las estaciones de trabajo de usuario.
- e. Las solicitudes ad hoc para archivos PACS, se realizan a través de la consulta/recuperación de las estaciones de usuario final. Si la obtención previa automática falla, estaciones de usuario final puede consultar y recuperar el examen desde el servidor de archivo.
- f. Las estaciones de usuario final, contiene una caché de almacenamiento local de limitada capacidad para exámenes PACS.

3.1.2.2. Arquitectura cliente-servidor

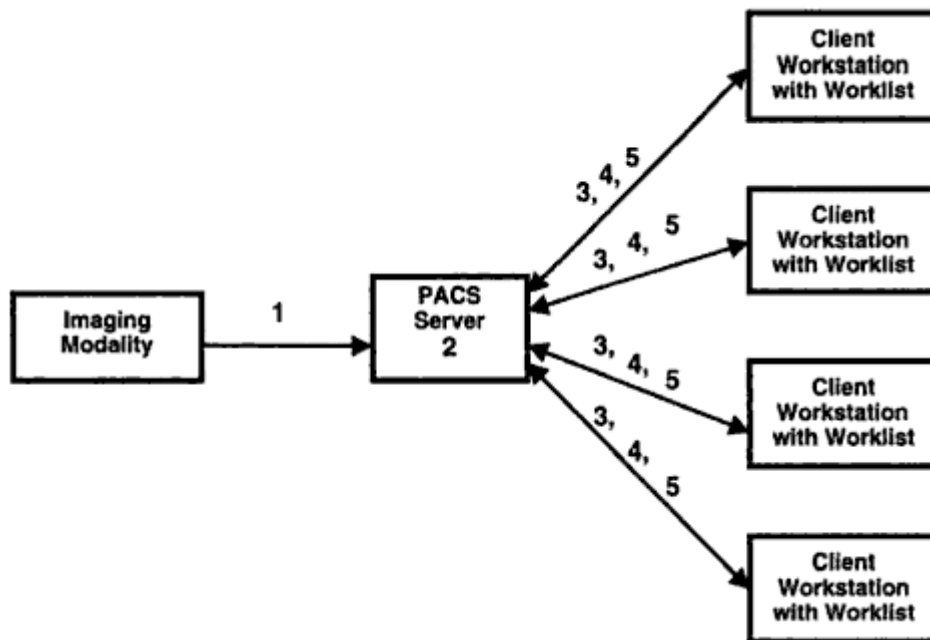
Las tres principales características del modelo cliente-servidor son:

- Las imágenes son la parte central del archivo en el servidor PACS.

- De una lista de las estaciones de trabajo cliente, un usuario final selecciona imágenes a través del servidor de archivos.
- Debido a que las estaciones de trabajo no tienen almacenamiento de caché (corto plazo), las imágenes se borran después de la lectura.

El flujo de trabajo de datos de la arquitectura; cliente servidor PACS, se muestra en la figura 13, de acuerdo a la numeración indicada:

Figura 13. **Diagrama de flujo de la arquitectura cliente-servidor PACS**



Fuente: H.K. Huang, PACS and imaging informatics p. 165

- Imágenes de un examen que han sido adquiridas por la modalidad de imagen, son enviadas al servidor de archivos PACS.
- El servidor de archivos PACS, almacena los archivos del examen.

- c. Las estaciones de trabajo-cliente tienen acceso a la base de datos del servidor de archivos. El usuario final podrá seleccionar los filtros preestablecidos en la lista de trabajo, para facilitar la navegación entre los archivos.
- d. Una vez que el examen se encuentra en lista de trabajo y seleccionada, las imágenes del examen PACS son cargados desde el servidor directamente en la memoria de la estación de trabajo-cliente para su visualización. El histórico de archivos PACS se carga de la misma manera.
- e. Una vez que el usuario final ha completado la lectura/revisión de los exámenes, los datos son borrados de la memoria de corto plazo de la estación de trabajo-cliente.

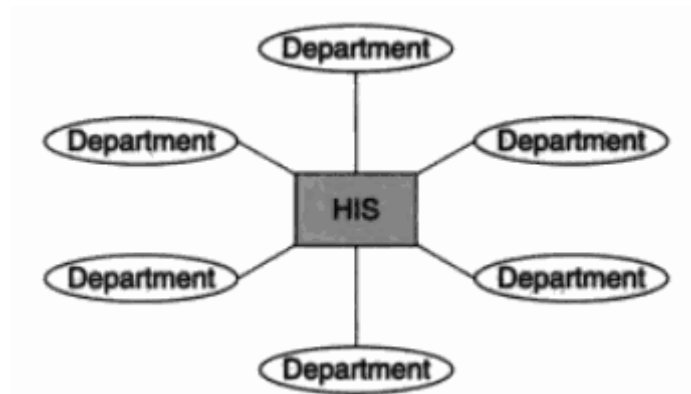
3.2. Sistemas de información radiológica (RIS) y Sistema de información hospitalaria (HIS)

El Sistema de Información Radiológica (RIS), es un sistema autónomo que gestiona la información generada en el servidor de imágenes, de manera específica y que no es transferible para ser utilizado de alguna otra forma. De la misma manera que utilizar sistemas de gestión de otros departamentos sería inadecuado para su uso en un departamento de imagen.

El *Hospital Information System* (HIS), debe considerarse como el repositorio central de información de los pacientes, a menudo llamado el índice maestro de pacientes PMI (*Patient Master Index*), esto incluirá el nombre del paciente, fecha de nacimiento, dirección, episodios del paciente, etc. Todos estos campos irán por un rango de sub-sistemas establecidos por el hospital, en

la siguiente figura, se muestra la HIS como el eje de una red más amplia de información del paciente.

Figura 14. Centralización HIS

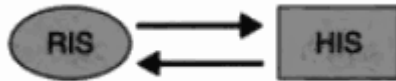


Fuente: Jason Oakley, Digital imaging p. 77

La primera cosa, que se supone es que la HIS y la RIS pueden tener en común la interfaz, de no ser así por parte de la HIS o la RIS, es posible que hayan sido indebidamente adquiridos. Es el caso más frecuente que los dos sistemas requieran algún tipo de interfaz para corregir las diferencias entre los flujos de datos, esto incluso puede ser el caso de los sistemas que ambos dicen ser compatibles con HL7, este sistema se desarrollará en la siguiente sección.

La HIS se considera normalmente como el punto de referencia para toda la información y por lo tanto, la base de datos más importante por su exactitud y constante actualización. Por esta razón, sólo algunas personas cuentan con acceso para introducir los datos en la HIS y así garantizar el mínimo de errores. Esto significa que en cuanto a la RIS se refiere, la HIS es una fuente de información y un receptor de la información. A menudo se asume que la RIS y la HIS son interactivas, con la RIS actualizando a la HIS y viceversa.

Figura 15. **Interfaz HIS/RIS**



Fuente: Jason Oakley, Digital imaging p. 78

Debido a las preocupaciones de la entrada de datos incorrectos del paciente o la posibilidad de pérdida de datos de pacientes en la RIS, sólo se obtiene información de la HIS. Esto debe reducir los errores en la entrada de datos en radiología, pero no significa que si un paciente, informa al radiólogo que sus datos son incorrectos, este pueda corregirlos en el HIS.

Se podrían corregir los datos en la RIS y podría creerse que esto actualizará la HIS, pero raramente sucede de esta manera. Es común que una sola persona sea entrenada para usar una computadora independiente, para corregir los datos de la HIS, sin embargo; ahora por la gran cantidad de personal dentro de un hospital que se familiariza con las computadoras, se considera que podría tenerse más actualizada la HIS mediante sistemas remotos.

El nombre del paciente y fecha de nacimiento se han verificado como parte de un protocolo estándar de identificación, dentro de un departamento y es aquí donde se detectan errores de ortografía, o fecha de nacimiento incorrecta.

Se consideran mejores prácticas que la persona, que es informada del error (o que lo recoge a través del protocolo de identificación), estuviera en posibilidad de poder corregir los datos de manera inmediata y luego en su sistema departamental. Si esto no se hace en el momento, los datos incorrectos

continuaran hasta ser corregidos en una fase posterior, una vez más por alguien a distancia del paciente.

Esto introduce algunos temas nuevos, ya que significaría una nueva categoría de personal que necesita tener acceso a un nivel mucho más amplio de información, debido a esto, una vez más se recalcan las cuestiones de seguridad en torno a la preocupación principal de que la información pueda ser alterada de forma incorrecta, así como la potencial pérdida de la información del paciente.

Si la conexión de red de la HIS esta caída o ha tenido algún tiempo de inactividad, esto tendrá un efecto inmediato en la RIS. Cuando la información de un paciente es solicitada, el RIS no será capaz de encontrar los datos y actuará como si el paciente fuera nuevo, esto requerirá que se proceda a ingresar datos del paciente como un paciente nuevo, a fin de continuar con el examen o almacenar los datos en otro lugar hasta que se restablezca la funcionalidad de HIS.

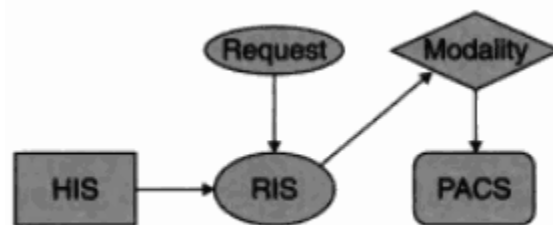
Si la RIS es capaz de actualizar la HIS, entonces los detalles mínimos de los datos del paciente, deben permitir al paciente ser almacenado en el sistema y proceder con cualquier actualización que se realice más adelante. Si la decisión, es esperar hasta que HIS esté en funcionamiento y luego añadir el paciente, esto puede resultar en la realización del mismo examen dos veces de manera innecesaria por el problema de que la HIS podría pasar varios días fuera de fecha.

3.2.1. RIS y PACS

Vale la pena mencionar que un RIS, no es lo mismo que un PACS, un RIS, se puede considerar como un sistema de información basado en texto y un PACS es un sistema de información basado en la imagen de mayor complejidad. Esto no quiere decir que un RIS no pueda ser parte de un PACS, esto depende mucho de la puesta en marcha de los sistemas individuales y la configuración de los mismos.

El RIS se relaciona siempre con la información textual, generada por el departamento de imagen, incluida la ubicación de los paquetes de imágenes, pero no se ocupa de las imágenes reales en sí. El PACS, es una manera de gestionar las imágenes en sí, pero la información sobre el paciente dentro de la imagen viene de la RIS, que a su vez obtienen la información de la HIS.

Figura 16. **Conexión entre RIS y PACS**



Fuente: Jason Oakley, Digital Imaging p. 79

En este diagrama puede observarse que la solicitud se presenta y la información del paciente es extraída de la RIS, esto creará una lista de trabajo para la modalidad. La modalidad utilizará esta información para agregar los datos del paciente a las imágenes, y luego añadir información específica al archivo, este archivo se creó con el estándar DICOM.

Estas imágenes posteriormente se enviarán a los PACS, donde puede crearse una lista de trabajo que se utilice para la conexión con la modalidad de la RIS a través del PACS en sí mismo.

La conectividad debe representar una integración perfecta entre todos los sistemas y esto puede lograrse mediante un motor de interfaz, sin embargo todavía existe la posibilidad de que la información se transfiera de forma incorrecta o poco fiable, porque el sistema puede malinterpretar caracteres utilizados por otro sistema; esto puede solucionarse con el reingreso de la información o la impresión de códigos de barras que pueden ser utilizados para introducir los datos en otro sistema. Cualquiera de estas puede ser la solución, de cualquier manera es una mejor práctica que los problemas de conectividad sean resueltos inicialmente y se incluyan correcciones secundarias.

Vale la pena mencionar, que los usuarios de un sistema informático espera mucho más que de un sistema no computarizado, si esta integración no se realiza de la mejor manera, será visto como un fracaso de la gestión o de los vendedores. Es muy probable que el nuevo RIS en el mercado sean los sistemas HL7, esto significa que hay una gran probabilidad de que se logre una buena interfaz, incluso si tiene que ser a través de un motor de interfaz.

3.3. *Health Level 7 (HL7)*

HL7 (*Health Level 7*), es actualmente el estándar más utilizado en los sistemas de información hospitalaria, HL7 proporciona el conjunto más completo de los mensajes para HIS. Se ha convertido en casi estándar en los Estados Unidos de Norteamérica y los grupos de usuarios ya se han creado en Europa, Asia y Australia. A finales de 1994 la versión 2.1 había sido finalmente

publicada y luego se estaría introduciendo la versión 2.2, que proporcionó mensajes para:

- Entrada de orden de los servicios auxiliares, farmacia, suministro y dieta
- Informar de los resultados
- Finanzas
- Archivo maestro de índices
- Consultas

La versión 2.3, incluye mensajes adicionales para enfermería, planificación de recursos y registro de pacientes, esta versión se publicó en 1996. Hasta la versión 2.3 se garantizaba completa compatibilidad. Las versiones anteriores de HL7 fueron orientadas hacia el usuario sin hacer énfasis en los conceptos teóricos fundamentales, esta situación debería superarse en la versión 3.0, con un diseño completamente nuevo que se encontraba en discusión y que no estaría terminado antes de 1998 o incluso más tarde.

3.3.1. Estructura del mensaje HL7

El mensaje de HL7 consta de segmentos obligatorios y optativos definidos en la norma: el primer segmento del mensaje es el encabezado, que se compone de atributos acerca del tipo de mensaje.

Luego siguen el remitente y el destinatario, fecha y hora, el nivel de seguridad, la versión utilizada para elaborar el mensaje y el tipo de reconocimiento esperado por el remitente. Los primeros cinco caracteres de la cabecera del mensaje, definen los delimitadores que se utilizan en el mensaje para separar los campos, los componentes y subcomponentes dentro de los

campos, las repeticiones y secuencias de escape en los campos de texto no estructurados.

Cada segmento se identifica por un triplete de cartas que se transmiten como los tres primeros caracteres. *Carriage Return* define el final del segmento, los segmentos se pueden determinar cómo obligatorio u opcional. Segmentos vacíos pueden ser omitidos en el montaje del mensaje en el remitente.

Figura 17. Estructura de un mensaje ADT

<u>ADT</u>	<u>ADT Message</u>	<u>Chapter</u>
MSH	Message Header	2
EVN	Event Type	3
PID	Patient Identification	3
[{ NK1 }]	Next of Kin	3
PV1	Patient Visit	3
[PV2]	Patient Visit - Additional Info.	3
[{ OBX }]	Observation/Result	7
[{ AL1 }]	Allergy Information	3
[{ DG1 }]	Diagnosis Information	6
[{ PR1 }]	Procedures	6
[{ GT1 }]	Guarantor Information	6
[
{ IN1	Insurance Information	6
[IN2]	Insurance Information - Addit. Info.	6
[IN3]	Insurance Information - Cert.	6
}		
]		
[ACC]	Accident Information	6
[UB1]	Universal Bill Information	6
[UB2]	Universal Bill 92 Information	6
<u>ACK</u>	<u>General Acknowledgement</u>	<u>Chapter</u>
MSH	Message Header	2
MSA	Message Acknowledgement	2
[ERR]	Error Information	2

Fuente: H.U. Prokosch, Hospital information systems p. 26

En la figura 17, se describe la definición y estructura de un mensaje ADT (*admission/discharge/transfer*) para admisión de paciente, los segmentos son definidos por un identificador de tres caracteres: segmentos entre corchetes [] son opcionales, entre llaves { } se puede repetir, en [{ }] son opcionales y se puede repetir. El número detrás del texto del segmento, describe el capítulo en donde se define el segmento.

Los segmentos consisten en una secuencia de campos en un orden definido, con una longitud variable. Los primeros cinco caracteres definen el campo y delimitadores de sub-campos (codificación de caracteres), además del envío y recepción de solicitud, también las marcas de tiempo, el nivel de seguridad, los caracteres de control y la versión de la norma que será transmitida.

En la versión 2.2, el usuario puede determinar qué tipo de mensaje de confirmación se espera y en qué condiciones. Para la transmisión de mensajes internacionales en el último elemento, se define el país donde se generó el mensaje. En la siguiente figura, se muestra un ejemplo de los atributos de encabezado de un mensaje HL7.

Figura 18. **Atributos de encabezado de un mensaje HL7**

SEQ	LEN	DT	R/O	RP/#	TBL#	ITEM#	ELEMENT NAME
1	1	ST	R			00001	Field separator
2	4	ST	R			00002	Encoding characters
3	15	ST				00003	Sending application
4	20	ST				00004	Sending facility
5	30	ST				00005	Receiving application
6	30	ST				00006	Receiving facility
7	26	TS				00007	Date/time of message
8	40	ST				00008	Security
9	7	CM	R		0076	00009	Message type
10	20	ST	R			00010	Message control ID
11	1	ID	R		0103	00011	Processing ID
12	8	ID	R		0104	00012	Version ID
13	15	NM				00013	Sequence number
14	180	ST				00014	Continuation pointer
15	2	ID			0155	00015	Accept acknowledgement type
16	2	ID			0155	00016	Application acknowledgement type
17	2	ID				00017	Country code

Fuente: H.U. Prokosch, Hospital information systems p. 27

3.3.2. Reglas de codificación y formato de intercambio HL7

HL7 utiliza un formato de intercambio específico y reglas de codificación que no están estandarizadas en otras plataformas: los campos vacíos están representados por dos separadores de campo, sin espacio entre ellos, los campos en blanco al final del mensaje pueden ser omitidos y no ser transmitidos, si faltan componentes o subcomponentes al final del campo también pueden ser omitidos, los valores nulos son representados por dos comillas en el campo, el *Carriage Return* determina el final del segmento, ya que no hay un símbolo específico que indique esto.

Las reglas de codificación también definen que el receptor debe ignorar los campos que se producen de un mensaje en forma inesperada y esto no debe ser manejado como un error.

Los mensajes, son iniciados por eventos en cadena específicos que también se define en la norma, pueden ser transmitidos si el remitente produce un evento predefinido, por ejemplo: la admisión, la transferencia o descarga de un paciente. Por otro lado, está la transmisión del mensaje en respuesta a una petición recibida o consulta, ya que el estándar HL7 también permite una transmisión no estructurada, orientada a mostrar los datos e informes en las estaciones de trabajo-cliente o impresoras conectadas directamente.

3.4. *Integrating the Healthcare Enterprise (IHE)*

Aún con los estándares DICOM y HL7 disponibles, se tiene la necesidad de integrar los sistemas de información sobre salud sin ningún problema. IHE no es una norma ni un protocolo de certificación, sino que es un modelo de información de alto nivel para la integración de los estándares HL7 y DICOM.

IHE es una iniciativa conjunta de la RSNA (*Radiological Society of North America*) y HIMSS (*Healthcare Information and Management Systems Sociedad*) que comenzó en 1998.

La misión era definir y estimular a los fabricantes a utilizar DICOM y HL7, a manera de tener compatibilidad entre equipos y sistemas de información para facilitar la operación clínica diaria. IHE define un modelo común de información y el vocabulario para el uso de DICOM y HL7 para completar un conjunto de transacciones radiológicas y clínicas bien definidas para una determinada tarea. Esta integración facilitaría a los proveedores de atención de la salud y personal técnico, comprender mejor el flujo de trabajo.

La primera demostración, a gran escala se llevó a cabo en la reunión anual de la RSNA en 1999 y posteriormente en RSNA de 2000, 2001 y HIMSS 2001, 2002. En estas demostraciones, los fabricantes dieron a conocer cómo los productos reales podrían ser integrados, basados en los protocolos de IHE.

El enfoque de la RSNA y HIMSS va orientado a mostrar que si se consigue la adaptación exitosa de IHE, la integración de los sistemas de atención a la salud será más agradable y suavizada, tanto para los usuarios como para proveedores.

3.4.1. Marco teórico de IHE e integración de perfiles

Hay tres conceptos clave en el marco técnico IHE: modelo de datos, perfiles de actuadores y de integración.

- Modelo de datos: el modelo de datos, es una adaptación de HL7 y DICOM para mostrar las relaciones entre los marcos de referencia clave, por ejemplo: paciente, visita, orden, el estudio que se define, etc.
- IHE actuador: un actuador, es la que intercambia mensajes con otros agentes para realizar tareas específicas o transacciones. Un actuador no es necesariamente una persona.
- Perfil de integración: un perfil de integración es la organización de las funciones segmentadas que incluye a los actuadores y las transacciones necesarias para realizar una tarea clínica en particular.

3.4.2. Perfil del flujo de trabajo de tareas programadas

El perfil de flujo de trabajo, proporciona información de salud que apoya la eficacia del cuidado al paciente en un examen de imagen médico:

- Flujo de trabajo regulares: se refiere al flujo de información en un típico examen de imagen al paciente (registro, ordenación, programación, adquisición, distribución y almacenamiento).
- Conciliación de información del paciente: se define un método eficiente para manejar la conciliación de la información en procedimientos con pacientes no identificados o identificados erróneamente.
- Presentación de imágenes: permite garantizar una visualización coherente de imágenes, y de las anotaciones realizadas en el examen a través de diferentes pantallas y medios de comunicación.

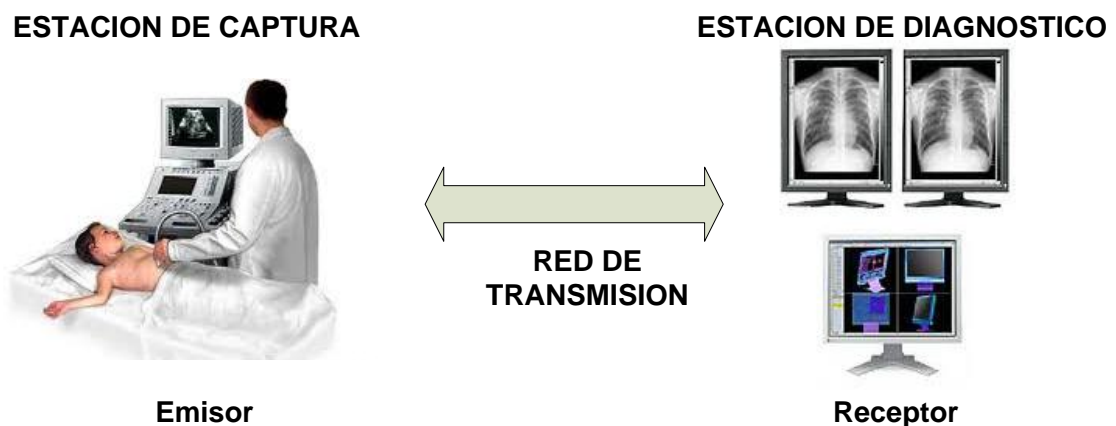
- Presentación de los procedimientos agrupados: permite la gestión de casos en que las imágenes de los procedimientos múltiples se adquieren en una etapa de adquisición individual, por ejemplo: la tomografía computarizada helicoidal de tórax y abdomen.
- Flujo de trabajo de post procesamiento: se extiende el perfil de flujo de trabajo programado para apoyar al flujo de trabajo de post procesamiento como la detección asistida por ordenador (CAD), procesamiento de imágenes, y la reconstrucción de la imagen.
- Flujo de trabajo de la información: se refiere a la necesidad de programar, distribuir y dar seguimiento del estado de las tareas de información clave, tales como la interpretación, la transcripción y la verificación.

4. DISEÑO DEL SISTEMA DE DIGITALIZACIÓN

Toda la infraestructura requerida para llevar a cabo un servicio de digitalización radiológica, deberá estar compuesta por los equipos de imagen médica, estaciones de trabajo, red de telecomunicación, sistemas responsables del almacenamiento temporal, sistemas de manejo de datos multimedia, herramientas para manejo de redes y otros recursos. En resumen, un sistema de digitalización radiológica está constituido por tres componentes principales:

- Sistemas de captura y envío de imágenes
- Redes de transmisión
- Sistemas de recepción e interpretación de las imágenes

Figura 19. **Sistema de digitalización radiológica simplificado**



Fuente: elaboración propia

La imagen es capturada y convertida en un formato digital, que puede ser alguna versión de DICOM (Estándar Homologado por ACR, CEN 251-EHTO y JIRA). Generalmente, las imágenes son comprimidas antes de ser enviadas, pero la ACR establece y recomienda como norma que el diagnóstico primario se realice sobre imágenes no comprimidas o que solamente se les haya aplicado algoritmos de compresión sin pérdida.

Cuando las imágenes son recibidas en la estación receptora, estas son descomprimidas y colocadas en sistemas de archivo, desde los cuales pueden ser visualizadas con la aplicación existente en la estación receptora y así proceder al diagnóstico de los estudios recibidos.

La estación emisora, deberá estar compuesta por:

- Sistema de Adquisición de imágenes
- Dispositivo de conexión a la red de transmisión

La estación receptora, deberá estar compuesta por:

- Dispositivo de conexión a la red de transmisión
- Sistema de almacenamiento
- Sistema de visualización e informes
- De forma opcional, poseer un sistema de impresión

4.1. Comparación entre un sistema digital y un convencional de imagen médica

En esta sección, se presentan algunas características de un sistema convencional de imágenes radiológicas para la realización de exámenes, frente a las características que ofrece un sistema de imágenes médicas digital.

El sistema de imágenes médicas convencional, se caracteriza por ser un sistema estable que ha sido probado por más de 100 años. Entre otras ventajas acerca del sistema, puede mencionarse:

- Sistema al que los radiólogos están acostumbrados por la cantidad de años que ha sido utilizado en los hospitales y clínicas.
- Cuenta con procedimientos y políticas de manejo bien establecidos.
- Maneja estándares de calidad establecidos, tales como: curvas densitométricas, estándares de procesamiento, etc.

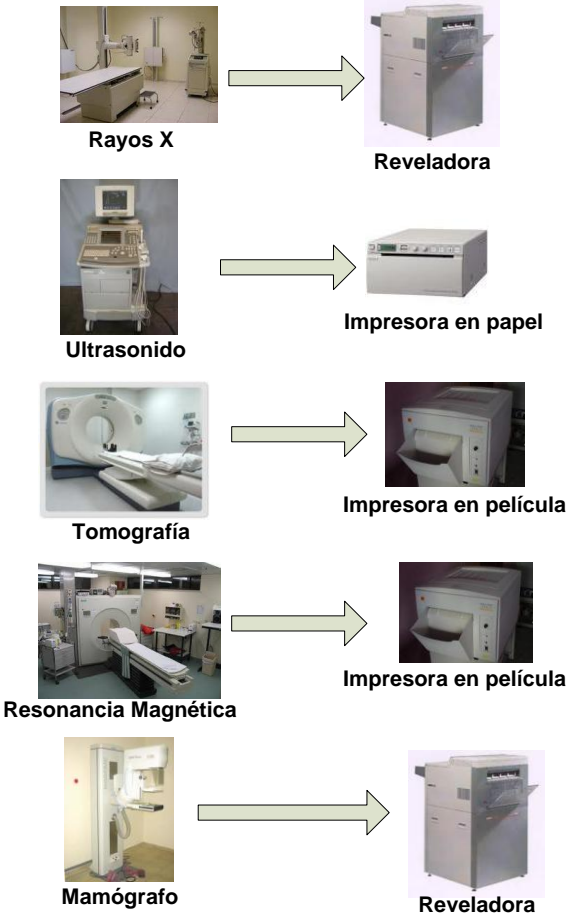
Dentro de sus características, también cuenta con algunas desventajas:

- Su infraestructura conlleva cuartos oscuros, drenajes y ventilación para el revelado de películas.
- Solo es posible visualizar la imagen en un solo lugar.
- El tiempo de adquisición de la imagen, se incrementa al tener que realizarse: la toma de la imagen, revelado, procesamiento químico, recolección manual de las películas ya reveladas. Esto hace que los tiempos de espera para los resultados sean prolongados.
- Poca control del flujo de estudios y pacientes, así como el escaso control administrativo de los insumos.
- Las imágenes tomadas para el estudio médico se almacenan únicamente de manera física. Esto puede significar la pérdida del archivo físico,

costo en copias solicitadas por el examinador médico, la no devolución de los archivos al ser utilizados en distintas áreas del hospital o centro médico.

También puede significar la confusión de archivos entre pacientes, lo que sería un enorme error a la hora de diagnosticar a un paciente.

Figura 20. **Obtención de imágenes para un sistema convencional**



Fuente: elaboración propia

Con el desarrollo de la tecnología aplicada a la medicina, se cuenta con sistemas que facilitan el manejo de estudios médicos de una manera segura y fácil.

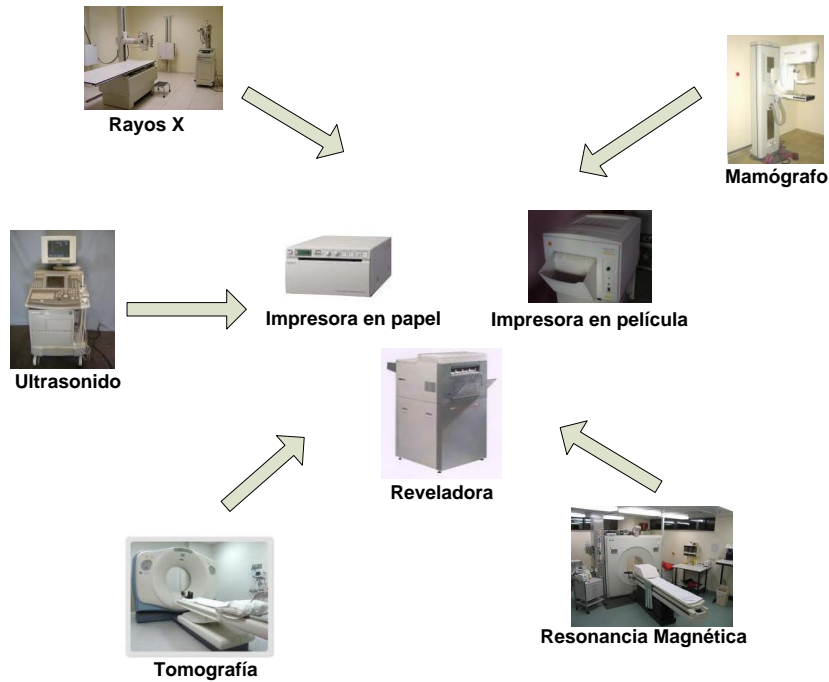
Entre las ventajas a mencionar del sistema digital de imágenes médicas:

- Reducción de los tiempos de la obtención de resultados, reducción de errores médicos.
- Se tienen menores costos de operación, ya que no se utiliza película ni papel para poder realizar los diagnósticos de las imágenes.

Todos los archivos de pacientes se manejarán de manera digital y segura.

- Mejoras en lo referente, al acceso de información y obtención de imágenes.
- Debido al procesamiento digital de las imágenes médicas, se obtiene mayor calidad en la imagen y de esta manera un diagnóstico más certero.
- Flujo de trabajo más eficiente. Eliminación de duplicación de imágenes.
- Mayor interacción entre médicos al permitir ver las imágenes médicas en varios lugares, al mismo tiempo. De esta manera se realizará un mejor diagnóstico médico.

Figura 21. **Obtención de imágenes para un sistema digital**



Fuente: elaboración propia

4.2. Descripción de la propuesta del sistema de digitalización de imagen médica

El sistema de digitalización de imágenes médicas, trabaja básicamente en cuatro fases, sobre estas se dará la propuesta:

- **Administración de pacientes**
Recepción: administración RIS de pacientes.
Planificación automática: habitaciones, recursos, personal, instrucción de preparación del paciente.
Consulta con el médico: asignación de citas de pacientes, basadas en RIS.

- Diagnóstico y generación de reportes
Salas de examen: procesamiento de imágenes.
Ciclo de generación de reportes del radiólogo.
Notas: anotaciones realizadas a las imágenes.

- Distribución de resultados
Web: reportes de imagen y texto
CD-Rom/Medios de almacenamiento
Correo electrónico

- Administración de la información
Integración con sistemas IT: almacenamiento, PACS, RIS, HIS, IHE.
Opciones de administración de la información: empresarial, cobro, etc.

Para realizar la propuesta, se tomará un escenario modelo en torno al cual girarán los cálculos y consideraciones en la propuesta a realizar. A la hora de formular una propuesta de esta índole, entran en juego diversas variables, de las más importantes se trabajará con las siguientes:

- Tamaño del hospital o clínica, capacidad de pacientes

- Especialidades que se manejan en el hospital o clínica

- Cantidad de pacientes promedio que utilizan el servicio de exámenes radiológicos

- Personal para el manejo de equipos y realización de los exámenes (técnicos, médicos, etc.)

- Tipo de nivel social al que sirve el hospital o clínica

4.2.1. Recursos necesarios

De acuerdo a las cuatro fases anteriormente descritas, a continuación se detallan los equipos y plataformas necesarias para la instalación física que se propondrá para la digitalización de imágenes médicas radiológicas:

Tabla IV. **Recursos necesarios para el sistema de digitalización radiológica**

Función	Cantidad	Equipo/Plataforma
Control	1	PACS
	1	RIS
	1	HIS
	1	HL7
	1	IHE
Red	1	Switch
	1	Router
Visualización	5	Pantallas de visualización
	3	Estación de visualización (PC)
	1	Impresora DICOM
Modalidades	1	Rayos X
	1	Tomografía
	1	Resonancia Magnética
	1	Mamografía
	1	Ultrasonido
Archivo	1	Medio de almacenamiento masivo
	1	Server para manejo de almacenamiento

Fuente: elaboración propia

Para la parte de obtención de la imagen, se tienen diferentes opciones para la captura en los exámenes radiológicos, dependen del tipo de equipo que se tenga o se desee adquirir:

- a. Digitalización de radiografías
- b. Convertidor de señal de consola ("*frame grabbers*")
- c. Captura directa mediante conexión DICOM

Según las normativas de estandarización, para la captura de imágenes digitales en sistema de digitalización radiológica, se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Captura directa. Está recomendada la comunicación DICOM, como estándar para la adquisición de imágenes destinadas al diagnóstico primario.
- Captura secundaria
 - Imágenes de matrices pequeñas: las imágenes deberán ser digitalizadas en el mismo formato que las originales, con profundidad de niveles de grises de 8 bits por pixel o mayor. La digitalización mediante escáneres digitales CCD o Láser y "*frame grabber*" es aceptada como estándar.
 - Imágenes de matrices grandes: estas imágenes deberán ser digitalizadas con resolución de 2,5 lp/mm o mayor, y deben ser digitalizadas con una profundidad de 10 bits por pixel o mayor.

Para el caso de esta propuesta, se considerará la captura de imágenes directa por la calidad de la imagen obtenida de esta manera, ya que con digitalizadores o conversores, se pierde esta calidad en la imagen. No debe dejarse totalmente de lado la posibilidad de utilizar digitalizadores y colocarlos a los equipos ya existentes en el hospital o clínica.

4.2.2. Usuarios del sistema de digitalización radiológica

Los usuarios potenciales de una red de digitalización radiológica son:

- a. Radiólogos remotos: las imágenes de un paciente, pueden ser transmitidas desde el centro de radiología hasta el radiólogo remoto (que pudiera estar incluso en su casa) para la realización de un informe inmediato. La segunda opinión especializada de radiólogos remotos es también utilizada con frecuencia en una red centralizada de digitalización radiológica.
- b. Médicos en el hospital: las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) requieren de informes de imágenes radiológicas urgentes en horas en que, por lo general, no se encuentra disponible el colectivo de radiólogos. En este caso, la intercomunicación, utilizando la red, entre el radiólogo remoto y el colectivo de la UCI proporciona los informes o las consultas necesarias de las imágenes de los pacientes.
- c. Atención primaria y médicos rurales: son los principales beneficiarios de la red. El primer objetivo de la digitalización radiológica, es proveer servicios de consulta e interpretación en áreas de mayor necesidad. La atención primaria en áreas rurales, puede acceder al diagnóstico primario radiológico, al conectarse a una RT. Las imágenes realizadas en los

centros de atención primaria, pueden ser enviadas a radiólogos remotos y obtener de inmediato el informe médico de un especialista.

- d. Otros médicos o radiólogos que requieren de una segunda opinión o de consultas especializadas de radiología: en centros donde existen servicios de 24 horas, con radiólogos especializados pueden emitirse, mediante la red, informes secundarios de radiología o realizar interconsultas con aquellos especialistas médicos que lo requieran.
- e. En este caso, la opinión de un experto puede agilizar el diagnóstico y el tratamiento de pacientes en situaciones extremas. Las UCI y los servicios de urgencias pueden verse realmente beneficiados con la utilización de la red.

4.2.3. Medidas de seguridad a considerar

Los sistemas de digitalización radiológica, deben tener protocolos de seguridad, tanto para las redes, como para la utilización de los sistemas (*software*), con la finalidad de proteger la confidencialidad de los datos de los pacientes. Por otra parte, los sistemas deben estar provistos de protocolos que resguarden la integridad de los datos y eviten la corrupción intencionada de los mismos.

La seguridad y privacidad de los sistemas informáticos está claramente subclasificada en:

- a. La seguridad física: es la parte fundamental del programa de seguridad. Incluye dos aspectos, la seguridad física propiamente dicha y la seguridad lógica. La seguridad lógica, se refiere a los sistemas de

software y controles automáticos. La seguridad física, se refiere a sistemas de puertas, llaves, sensores y cercos eléctricos, que debe tener en cuenta, no solo a los intrusos, sino extender la seguridad hacia otras causas medioambientales como fuego, agua, caída de tensión eléctrica, calor y de ser posible, desastres naturales.

- b. Control de accesos: después de cubrir los aspectos de seguridad física, se debe revisar el sistema de control de acceso a la información almacenada y a los sistemas de transmisión. Se deberán tener múltiples capas de control de acceso. Un gerente, por citar un ejemplo, podrá tener acceso a la información financiera, pero no a la información médica confidencial.

Otras personas, podrán tener acceso a las cuestiones administrativas, agendas de turnos, etc., pero no podrán tener acceso a los datos de pacientes. Los diferentes niveles de acceso, deberán estar bien definidos por el centro y controlado por las autoridades locales o del país donde se implante el sistema.

Los accesos pueden estar controlados por identificadores y claves de acceso, controles de retina, voz o firma digital. También, por sistemas electrónicos de control.

- c. Encriptación: la encriptación es una forma de encubrir los datos bajo algoritmos matemáticos bien definidos. Independientemente de los identificadores y las claves de acceso, los sistemas de encriptación tienen la particularidad de que requieren de un *software* especializado para esa función o de llaves de desencriptación, que pueden ser físicas (*hardware*).

Dentro de una red de sistema de digitalización radiológica (y de Telemedicina en general), tanto el emisor, como el receptor, poseen los mismos códigos de encriptación/desenciptación, agilizando la tarea de la comunicación de los datos, imágenes, informes, etc.

- d. Autenticación y firmas electrónicas: el esquema de autenticación, es una forma de verificar si el mensaje o informe enviado no ha sido modificado durante y después de su transferencia.

Sirve para verificar, que dicho mensaje o informe, pertenece a determinado especialista. La firma electrónica puede acabar con gran cantidad de falsificaciones y fraudes que ocurren dentro de las redes, principalmente cuando se utiliza Internet.

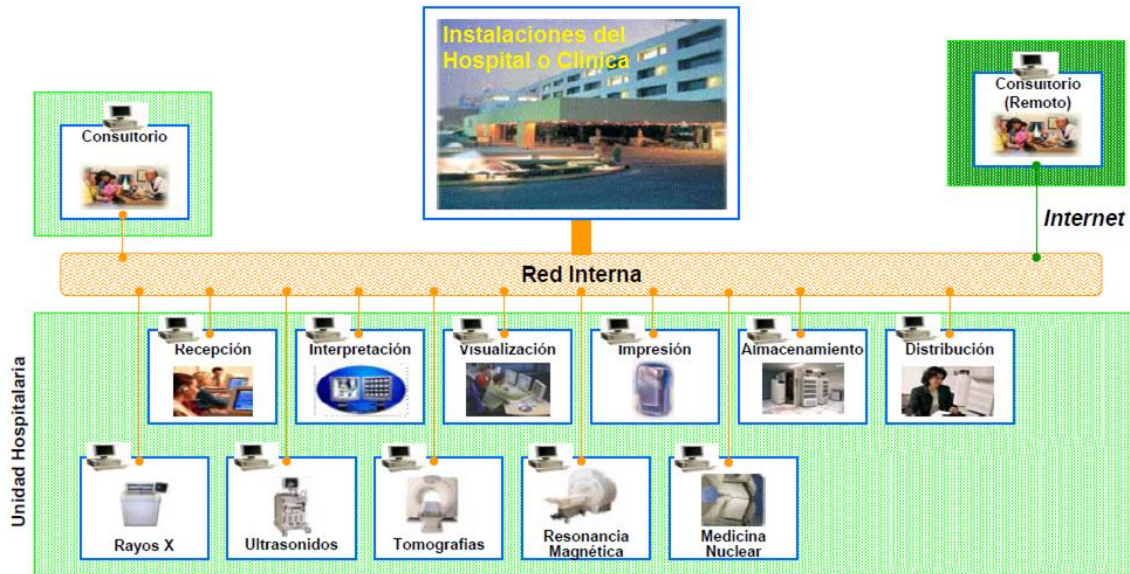
Lo que no se debe confundir, es la firma electrónica con la encriptación de los contenidos. En estos momentos existe una fuerte tendencia a definir la firma electrónica y los medios para que sea efectiva en sistemas a distancia.

4.2.4. Topología propuesta para el sistema de digitalización de imágenes

Luego de las consideraciones mencionadas en las secciones anteriores, se da el diagrama de la propuesta para digitalización de imágenes médicas radiológicas.

En este diagrama puede observarse la utilización del equipo en mención, así como los protocolos y plataformas necesarias para formar el sistema de digitalización.

Figura 22. **Topología propuesta del sistema de digitalización de imagen médica**



Fuente: elaboración propia

4.3. Flujo de trabajo

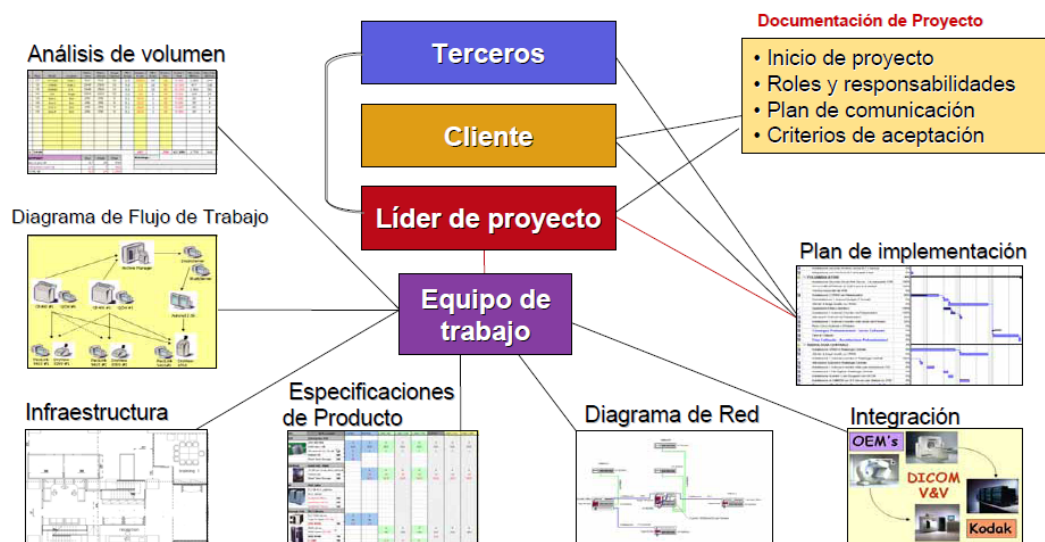
Para que todas las tareas necesarias en el diseño, dimensionamiento e implementación del sistema de digitalización de imágenes médicas radiológicas, se lleven a cabo de manera adecuada, debe existir: un plan de trabajo, una organización del personal, una programación, etc.

Por estas razones, se presenta a continuación una propuesta que acompaña a la topología propuesta, a manera de tener un ambiente completo de la implementación.

El flujo de trabajo, es el estudio de los aspectos operacionales de una actividad de trabajo:

- Estructura de las tareas
- Forma en que se realizan las tareas
- Orden correlativo de las tareas
- Sincronización de tareas
- Diagramas de flujo de la información
- Seguimiento del cumplimiento de las tareas

Figura 23. Flujo de trabajo para el desarrollo del proceso de implementación



Fuente: elaboración propia

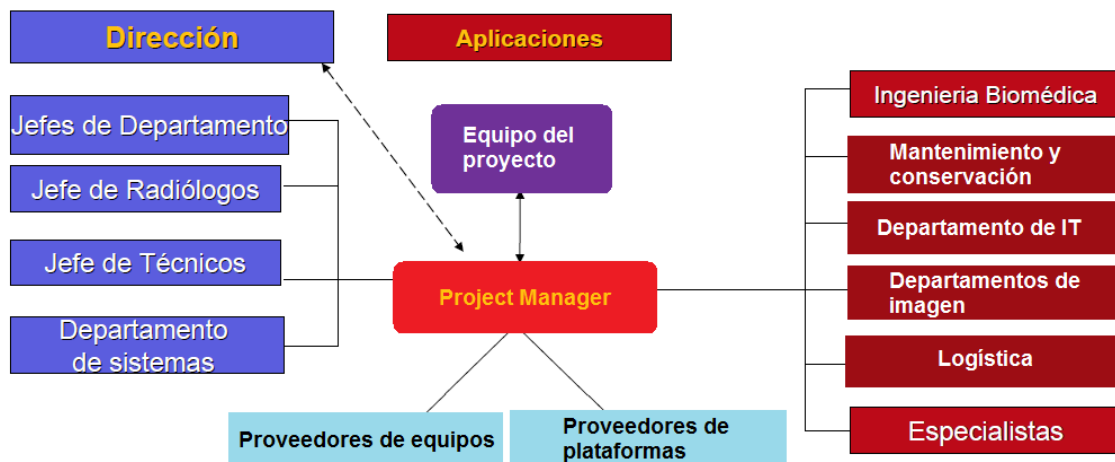
4.3.1. Organización del proyecto

En el hospital o clínica, se tienen responsabilidades y jerarquías que respetar, por esta razón debe tomarse en cuenta las relaciones que deben mantenerse entre departamentos y la participación que se espera del equipo de trabajo.

El tener un diagrama de organización del proyecto, ayudará a hacer más efectivo el proceso de implementación.

De la misma manera que el flujo de trabajo, a continuación se establece una propuesta de la organización que se recomienda en el grupo de trabajo:

Figura 24. **Organización del equipo de trabajo para proceso de implementación**



Fuente: elaboración propia

4.3.2. Instalación del sistema de digitalización de imagen médica

Para la instalación física y configuración lógica del servidor y equipos a utilizar para el sistema de digitalización de imágenes médicas radiológicas, necesita plantearse un cronograma y una secuencia de actividades que deben tener la sincronía precisa entre sí para poder avanzar con el proyecto.

A continuación una propuesta del correlativo de las tareas, se omiten tiempos debido a que estos dependerán de la cantidad de personas que se vean involucradas en el proyecto, así como los tiempos ofrecidos por el proveedor de equipos y plataformas.

Tabla V. **Secuencia de tareas a realizar para la instalación del sistema**

Definir equipo de trabajo para PACS
Verificar modalidades y versiones de <i>software</i>
Obtener información de la red para conectividad
Upgrade de versiones de <i>software</i> , se ser necesario
Definición de perfiles, funcionalidades del sistema
Diagrama de flujo de trabajo
Definir integración de PACS, RIS y HIS de acuerdo al flujo de trabajo
Definición de grupos y usuarios
Definición de perfiles de grupos y usuarios
Definir, referente a los usuarios: seguridad, privacidad, acceso, mantenimiento.
Instalación de impresoras
Instalación de Rayos X, Ultrasonido y Radiología computarizada
Instalación de Resonancia Magnética, Tomografía y Mamografía
Integración de modalidades y conectividad a PACS
Instalación de servidores PACS
Instalación de usuarios de visualización
Instalación de estaciones de diagnóstico
Capacitación a usuarios

Fuente: elaboración propia

Puede haber complicación de sincronización de actividades cuando se recurre a los servicios de más de un proveedor, por lo que se recomienda adquirir todo, de un mismo proveedor. No deben dejar de estipularse; tiempo para las pruebas del funcionamiento del sistema, conforme se van agregando equipos y plataformas.

Esto servirá para tener una buena integración de las plataformas y equipos. Al finalizar los trabajos deben solicitarse las pruebas de aceptación, estas certificarán lo brindado por el proveedor.

4.3.3. Tareas posteriores a la instalación

Luego de los trabajos de implementación de los equipos y plataformas, no debe dejarse de lado el mantenimiento y tareas rutinarias que deberán ejecutarse, para mantener saludable el sistema de digitalización de imagen médica radiológica. Puede que el proveedor de algunas recomendaciones adicionales a las ahora mencionadas:

- Realizar *Back Ups* diarios de los archivos de pacientes.
- Revisión semanal y mensual del *Hardware*.
- Control de calidad para las estaciones de trabajo y diagnóstico.
- Creación de un plan de contingencia y la verificación del funcionamiento del mismo a la hora de incurrir en fallos el sistema.
- Revisión y limpieza de *Logs* en los equipos, este historial de errores ayudará a prevenir afecciones mayores.

- Conciliación de la lista de trabajo PACS-RIS-HIS, para mantener las tres plataformas actualizadas.

4.4. Análisis financiero de la propuesta

El siguiente análisis financiero, gira en torno a un escenario propuesto, como se ha hecho a lo largo de esta investigación. Para esta parte se considerará únicamente el área de exámenes de un hospital de segunda categoría o en alguna clínica que se dedique únicamente a realizar exámenes de imagen radiológica, esto quiere decir que cuenta con los siguientes servicios y atiende en promedio la siguiente cantidad de pacientes:

Tabla VI. **Escenario de Hospital/Clínica de segunda categoría**

Modalidad	Costo	Cant/día	Cant/año	Ingreso anual
Rayos X	Q 185,00	10	3 000	Q 555 000,00
Tomografía	Q 1 230,00	2	600	Q 738 000,00
Resonancia Magnética	Q 2 800,00	2	600	Q 1 680 000,00
Mamografía	Q 250,00	1	300	Q 75 000,00
Ultrasonido	Q 250,00	20	6 000	Q 1 500 000,00
			10 500	Q 4 548 000,00

Fuente: elaboración propia

De la misma manera, se estima el costo promedio en cada uno de esos exámenes, luego de obtener vía correo electrónico una cotización de exámenes médicos radiológicos de Centro Médico. Con esto, se estima el promedio de ingreso anual en base al cobro por examen.

Por otra parte, se tiene el desglose de costos de equipos y plataformas a utilizar:

Tabla VII. **Desglose de costos de equipos y plataformas a adquirir**

Función	Cantidad	Equipo/Plataforma	Costo	Costo
Control	1	PACS	\$131 300,00	Q 4 170 088,00
	1	RIS		
	1	HIS		
	1	HL7		
	1	IHE		
Red	1	<i>Switch</i>	\$11 387,00	Q 90 412,78
	1	<i>Router</i>	\$898,00	Q 7 130,12
Visualización	5	Pantallas de visualización	\$6 280,00	Q 49 863,20
	3	Estación de visualización (PC)	\$31 500,00	Q 250 110,00
	1	Impresora DICOM	\$110 000,00	Q 873 400,00
Modalidades	1	Rayos X	\$34 000,00	Q 269 960,00
	1	Tomografía	\$100 000,00	Q 794 000,00
	1	Resonancia Magnética	\$190 000,00	Q 1 508 600,00
	1	Mamografía	\$7 000,00	Q 55 580,00
	1	Ultrasonido	\$25 000,00	Q 198 500,00
Archivo	1	Medio de almacenamiento masivo	\$118 680,00	Q 942 319,20
	1	Server para manejo de almacenamiento		
Total			\$766 045,00	Q 9 209 963,30

Fuente: elaboración propia

Y por último, utilizando *Microsoft Excel 2 007*, se elaboro una proyección de los flujos de efectivo, costos e ingresos por año a fin de evaluar costo-efectividad de la inversión a realizar y tomando en cuenta el movimiento monetario detallado en el que se incurriría a lo largo de 5 años.

Tabla VIII. **Proyección de estado de resultado**

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas					
Devoluciones, Rebajas s/Ventas					
Ventas Netas	Q 4 548 000,00	Q 5 685 000,00	Q 6 253 500,00	Q 6 878 850,00	Q 7 566 735,00
Costo de Ventas					
Película Radiográfica	Q 78 320,16	Q 97 900,20	Q 107 690,22	Q 118 459,24	Q 130 305,17
CD/DVD para almacenamiento	Q 42 000,00	Q 52 500,00	Q 57 750,00	Q 63 525,00	Q 69 877,50
Energía Eléctrica	Q 24 000,00	Q 30 000,00	Q 33 000,00	Q 36 300,00	Q 39 930,00
Depreciación de Equipo	Q 2 666,40	Q 2 666,40	Q 2 667,20		
Costo Total	Q 146 986,56	Q 183 066,60	Q 201 107,42	Q 218 284,24	Q 240 112,67
Ganancia en costo de Ventas	Q 4 401 013,44	Q 5 501 933,40	Q 6 052 392,58	Q 6 660 565,76	Q 7 326 622,33
Gastos de operación					
Gastos de Administración					
Sueldos & Salarios	Q 32 500,00	Q 40 625,00	Q 44 687,50	Q 49 156,25	Q 54 071,88
Mantenimiento de equipos	Q 74 000,00	Q 92 500,00	Q 101 750,00	Q 111 925,00	Q 123 117,50
Total Gastos De Administración	Q 106 500,00	Q 133 125,00	Q 146 437,50	Q 161 081,25	Q 177 189,38
Gastos de Ventas					
Publicidad	Q 48 000,00	Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 3 000,00
Total Gastos de Ventas	Q 48 000,00	Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 3 000,00
Total Gastos de Operación	Q 154 500,00	Q 136 125,00	Q 149 437,50	Q 164 081,25	Q 180 189,38
Ganancia en Operación	Q 4 246 513,44	Q 5 365 808,40	Q 5 902 955,08	Q 6 496 484,51	Q 7 146 432,96
Otros Productos & Gastos Financieros					
Gastos					
Capacitación para 5 Técnicos	Q 50 000,00	-	Q 55 000,00	-	Q 60 500,00
Alquileres	Q 72 000,00	Q 90 000,00	Q 99 000,00	Q 108 900,00	Q 119 790,00
Total Otros Gastos	Q 72 000,00	Q 90 000,00	Q 99 000,00	Q 108 900,00	Q 119 790,00
Ganancia antes del ISR	Q 4 174 513,44	Q 5 275 808,40	Q 5 803 955,08	Q 6 387 584,51	Q 7 026 642,96
ISR 31%	Q 1 294 099,17	Q 1 635 500,60	Q 1 799 226,07	Q 1 980 151,20	Q 2 178 259,32
Ganancia después del ISR	Q 2 880 414,27	Q 3 640 307,80	Q 4 004 729,01	Q 4 407 433,31	Q 4 848 383,64

Flujo Efectivo **Q 2 883 080,67** **Q3 642 974,20** **Q 4 007 396,21** **Q 4 407 433,31** **Q 4 848 383,64**

Fuente: elaboración propia

Tabla IX. **Flujo de efectivo y valor presente neto**

Inversión		Q 9 209 963,30	
Año	Flujo de Efectivo	Coficiente	Valor presente de los Flujos de Efectivo
0			
1	Q 2 883 080,67	0,9259259	Q 2 669 519,14
2	Q 3 642 974,20	0,8573388	Q 3 123 263,20
3	Q 4 007 396,21	0,7938322	Q 3 181 200,31
4	Q 4 407 433,31	0,7350299	Q 3 239 595,06
5	Q 4 848 383,64	0,6805832	Q 3 299 728,44
	Q 19 789 268,03		Q15 513 306,15
			Q 9 209 963,30
			Q 6 303 342,85

INVERSIÓN
VALOR PRESENTE NETO

Fuente: elaboración propia

Tabla X. **Resumen de flujo anual y tasa de retorno de inversión**

INVERSION	Q	(9 209 963,30)
1	Q	2 883 080,67
2	Q	3 642 974,20
3	Q	4 007 396,21
4	Q	4 407 433,31
5	Q	4 848 383,64

29% TIR
15% INFLACION
14%

Fuente: elaboración propia

De acuerdo al análisis de los flujos de efectivo anuales y la tasa de retorno de inversión obtenida, mediante el cálculo de movimiento monetario, esto indica que la inversión es factible y que recuperarse la inversión en un período de 5 años a una tasa de 29% sobre la inversión inicial, en consideración de la inflación de la economía nacional que según el Banco de Guatemala se considera del 15% anual.

CONCLUSIONES

1. Toda la infraestructura requerida para llevar a cabo un servicio de digitalización radiológica, deberá estar compuesta por los equipos de imagen médica, estaciones de trabajo, red de telecomunicación, sistemas responsables del almacenamiento temporal, sistemas de manejo de datos multimedia, herramientas para manejo de redes y otros recursos. En conclusión, un sistema de digitalización radiológica está constituido por tres componentes principales: sistema de captura y envío de imágenes, redes de transmisión y sistema de recepción e interpretación de imágenes.
2. El sistema de digitalización de imágenes médicas, trabaja básicamente en cuatro fases, sobre éstas se dará la propuesta:
 - Administración de pacientes
 - ✓ Recepción: administración RIS de pacientes.
 - ✓ Planificación automática: habitaciones, recursos, personal, instrucción de preparación del paciente.
 - ✓ Consulta con el médico: asignación de citas de pacientes, basadas en RIS.
 - Diagnóstico y generación de reportes
 - ✓ Salas de examen: procesamiento de imágenes.
 - ✓ Ciclo de generación de reportes del radiólogo.
 - ✓ Notas: anotaciones realizadas a las imágenes.

- Distribución de resultados
 - ✓ Web: reportes de imagen y texto
 - ✓ CD-Rom/Medios de almacenamiento
 - ✓ Correo electrónico

 - Administración de la información
 - ✓ Integración con sistemas IT: almacenamiento, PACS, RIS, HIS, IHE.
 - ✓ Opciones de administración de la información: empresarial, cobro, etc.
3. El formato *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM), es el estándar común para la codificación de la información radiológica, que junto a los protocolos: PACS, RIS, HIS, IHE y HL7, son los que conforman toda la parte lógica de la digitalización de la imagen médica.
4. Las características principales de DICOM son:
- Es un estándar universal de la medicina digital: actualmente, los dispositivos de adquisición de imagen digital, producen imágenes DICOM y comunicación a través de redes DICOM.

 - Excelente calidad de imagen: soporta hasta 65 536 (16 bits) tonos de gris para la visualización de la imagen en monocromo, por lo tanto captura los menores matices en las imágenes médicas.

 - Soporte completo para la imagen de numerosos parámetros de adquisición y los diferentes tipos de datos: no sólo almacenar las imágenes DICOM, también registrar un gran número de

parámetros relacionados, tales como la posición del paciente en 3D, el tamaño físico de los objetos en la imagen, grosor del corte, los parámetros de exposición de la imagen, y así sucesivamente.

- Codificación completa de los datos médicos: archivos DICOM y mensajes, utilizan más de 2 000 atributos estandarizados (diccionario de datos de DICOM), para transmitir los datos médicos.
5. Mediante el RIS y HIS se puede manejar el direccionamiento y flujo de los archivos almacenados en el PACS, siendo éste el sistema encargado de almacenar imágenes y datos en un registro dedicado a cada paciente.
 6. De acuerdo al análisis de los flujos de efectivo anuales y la tasa de retorno de inversión obtenida, se determinó que la inversión es factible y que recuperarse dicha inversión en un período de 5 años a una tasa de 29% sobre la inversión inicial, en consideración de la inflación de la economía nacional que según el Banco de Guatemala se considera del 15% anual.

RECOMENDACIONES

1. Con la visión de migrar a un nuevo sistema de imagen médica radiológica, se deben tomar las consideraciones dadas en esta investigación para la planificación y verificación de costos.
2. Es importante tomar en cuenta que cada hospital, clínica o establecimiento de exámenes radiológicos, cuenta con distintas características, por lo que la evaluación financiera y requerimientos puede variar de acuerdo a la cantidad de pacientes que maneje el establecimiento y la manera en la que distribuyan el presupuesto.
3. Con el transcurrir del tiempo se ha popularizado la producción de PACS, RIS y HIS bajo el protocolo DICOM, integradores de sistemas y fabricantes de dispositivos, por esta razón deben analizarse las soluciones propuestas por diversos proveedores para elegir la que mejor se adapte a las necesidades existentes y que la implementación del sistema se realice de manera satisfactoria.
4. Se debe adquirir todo del mismo proveedor, para evitar problemas de compatibilidad entre equipos.
5. No debe dejarse de lado la capacitación que necesitarán los técnicos en radiología y la actualización necesaria cada 2 años para aprovechar de mejor manera los recursos y que se le dé al sistema la utilización adecuada.

6. En lo referente al técnico en radiología, puede optarse por contratar nuevo personal para el manejo de las estaciones de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. BUSHONG, Stewart. *Manual de radiología para técnicos*. 9ª ed. España: Elsevier, 2010. 704 p.
2. FLECKENSTEIN, P. *Bases anatómicas del diagnóstico por imagen*. 2ª ed. España: Elsevier, 2001. 416 p.
3. HUANG, H.K. *PACS and imaging informatics*. 2ª ed. Estados Unidos: Wiley-Blackwell, 2004. 978 p.
4. NOVELLINE, Robert. *Fundamentos de radiología*. España: Masson, 2000. 618 p.
5. OAKLEY, Jason. *Digital imaging*. Estados Unidos: Cambridge University Press, 2003. 224 p.
6. ORTEGA, Xavier. *Radiaciones Ionizantes*. 2ª ed. (Colección Utilización y Riesgos, volumen I) España: Ediciones UPC, 1996. 480 p.
7. PIANYKH, Oleg. *Digital imaging and communications in medicine*. Estados Unidos: Springer, 2008. 383 p.
8. PROKOSCH, H.U. *Hospital information systems*. Países Bajos: Elsevier, 1995. 382 p.

9. SEGURA, José María. *Ecografía abdominal*. 2ª ed. España: Norma, 1996. 557 p.
10. VÉLEZ, Hernán. *Radiología e imágenes diagnósticas*. 2ª ed. Colombia: Corporación de Investigaciones Biológicas, 2006. 607 p.

ANEXOS

Cotizaciones

Los costos utilizados para el análisis financiero, se tomaron como referencia de cotizaciones realizadas vía internet de los equipos y plataformas a utilizar para la implementación del sistema de digitalización de imagen médica, a continuación se muestran las imágenes de las cotizaciones realizadas:

- **Mamógrafo**

The screenshot displays the Absolute Medical Equipment website interface. At the top, the logo for Absolute Medical Equipment is visible, along with navigation links for 'About Us', 'Blog', 'Contact Us', and 'Site Map'. A 'Dealer Log In' link is also present. The main navigation bar includes 'HOME', 'PRODUCTS', 'MY ACCOUNT' (with 'Register' and 'Log In' options), and 'MY SHOPPING CART' (showing 'Items: 0 | Total: \$0.00' and a 'Checkout' button).

The 'Search Products' section features a search input field and a 'Search' button. Below this is the 'Browse Our Catalog' section, which allows users to 'Elegir un idioma' (Choose a language) and currently shows 'Español' selected. A list of product categories is provided, including 'Maquinas de Ultrasonido 3D y 4D', 'Monitores de Anestesia', 'Terminales de Anestesia', 'Autoclaves / Esterilizadores', 'Camas / Camillas', 'Maquinas BioZ / Monitores ICG', 'Analizadores de Sangre', and 'Monitores de Presión Sanguinea'.

The main product area displays the 'GE Senographe 800T Mammography Machine'. The breadcrumb trail indicates the path: 'Equipos Medicos > Mamamografia >'. The product image is shown with a 'View Larger' button and a disclaimer: 'Image for illustration only. Actual item may not be pictured.' Below the image is a 'More images' section with a back arrow icon.

The product details section includes the title 'GE Senographe 800T Mammography Machine', the 'Our Price' of '\$6,999.00', and a comparison price of '\$9,999.00'. The 'Part Number' is 'GE 800T'. There is an 'ADD TO CART' button and a link to 'Financing Application (pdf)'. A 'Get More Info & Order By Phone' section offers a 'CALL US NOW!' button and text: 'Call Us Now for free! Click here and we'll connect your call at no charge. International callers welcome!'. A 'Get More Information' button with an envelope icon is also present.

- **Resonancia magnética**



[About Us](#) | [Blog](#) | [Contact Us](#) | [Site Map](#)

[Dealer Log In](#)

HOME	PRODUCTS	MY ACCOUNT Register Log In	MY SHOPPING CART Items: 0 Total: \$0.00 Checkout
----------------------	--------------------------	---	---

Search Products

[Search](#)

Browse Our Catalog

Elegir un idioma

Español

Maquinas de Ultrasonido 3D y 4D

Monitores de Anestesia

Terminales de Anestesia

Autoclaves / Esterilizadores

Camas / Camillas

Maquinas BioZ / Monitores ICG

Analizadores de Sangre

Monitores de Presión Sanguinea

Equipos Medicos > Maquinas MRI >



[View Larger](#)
Image for illustration only.
Actual item may not be pictured.

More images



2002 GE Lunar E-Scan XQ Extremities MRI Machine

Our Price: **\$99,000.00** Compare: \$189,999.00

Part Number: GE Lunar E-Scan XQ -003

Llame por precio

[ADD TO CART](#)

[Financing Application \(pdf\)](#)

Get More Info & Order By Phone

Call Us Now for free! Click here and we'll connect your call at no charge. International callers welcome!

[CALL US NOW!](#)

- **Tomografía computarizada**



[About Us](#) | [Blog](#) | [Contact Us](#) | [Site Map](#)

[Dealer Log In](#)

HOME	PRODUCTS	MY ACCOUNT Register Log In	MY SHOPPING CART Items: 0 Total: \$0.00 Checkout
----------------------	--------------------------	---	---

Search Products

[Search](#)

Browse Our Catalog

Elegir un idioma

Español

Maquinas de Ultrasonido 3D y 4D

Monitores de Anestesia

Terminales de Anestesia

Equipos Medicos > Ecáneres de CT >



[View Larger](#)
Image for illustration only.
Actual item may not be pictured.

Philips MX8000 EXP Dual slice CT Scanner

Our Price: **\$99,000.00** Compare: \$120,000.00

Part Number: Philips MX8000 EXP

[ADD TO CART](#)

[Financing Application \(pdf\)](#)

- Ultrasonido



[About Us](#) | [Blog](#) | [Contact Us](#) | [Site Map](#)
[Dealer Log In](#)

HOME	PRODUCTS	MY ACCOUNT Register Log In	MY SHOPPING CART Items: 0 Total: \$0.00 Checkout
----------------------	--------------------------	---	---

Search Products

Browse Our Catalog

Elegir un idioma

Español

Maquinas de Ultrasonido 3D y 4D

[Monitores de Anestesia](#)


[Terminales de Anestesia](#)

[Autoclaves / Esterilizadores](#)

[Camas / Camillas](#)

[Maquinas BioZ / Monitores ICG](#)

Equipos Medicos > Maquinas de Ultrasonido 3D y 4D >



HP SONOS 7500 3D Ultrasound Machine

Our Price: **\$24,999.00**

Compare: \$45,000.00
Part Number: Sonos 7500

[ADD TO CART](#)

[Financing Application \(pdf\)](#)

Get More Info & Order By Phone

[Call Us Now](#) for free! Click here and we'll connect your call at no charge. International callers welcome!


CALL US NOW!

[Larger](#)
Image for illustration only. Actual item may not be pictured.

- Rayos x

VISION MEDICA COMERCIALIZADORA DE EQUIPO MEDICO

<p>VENTA Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO MEDICO NUEVO Y REACONDICIONADO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Home • ULTRASONIDO DIGITAL GE VOLUSON 730 • CONOZCA NUESTROS EQUIPOS MEDICOS • CONTACTO VISITAS Y UBICACION • CONSUMIBLES • Galeria • TIENDA/CARRITO /PRODUCTOS • RADIOLOGIA • => RODABLES • => RAYOS X FIJOS • => Rayos X Rodable • => ESPECIFICACIONES RAYOS X • => BUCKY DE PARED 	<p>HF-525 Sistema de Radiología de Alta Frecuencia</p> <p>PRECIO \$ 34,000.00 USD</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Fabricante: MedisonECONET Especialidad: Radiología</p>	<p>COMERCIALIZACION Y VENTA DE ULTRASONIDOS, TRANSDUCTORES, COLPOSCOPIOS, RAYOS X, MASTOGRAFOS Y TODO LO QUE NECESITE PARA UNA CLINICA U HOSPITAL</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>CONSUMIBLES</p> <p>PAPEL, GEL, ELECTRODOS, ESPEJOS VAGINALES Y MUCHO MAS.</p> <p>EQUIPOS</p> <p>RAYOS X PORTATILES, RODABLES, FIJOS, ARCOS EN C, DENSITOMETROS DE CUERPO ENTERO Y PERIFERICOS, ORTOPANTOGRAFOS, COLPOSCOPIOS, MASTOGRAFOS, MAMOGRAFOS</p>
---	---	---

- **Servidor almacenamiento masivo**



HP Servidor DL160 G6 E5504 + 2 HP 2GB 2Rx8 PC3-10600E-9 + HP Quemadora 9.5mm SATA DVD RW + 2 HP Discos Duros 300GB 3G SAS 15K 3.5"

SKU# 490442-001/500670-B21(2)/481047-B21/416127-B21(2)

Marca: HP

El Combo incluye:

- Un (1) HP Servidor ProLiant DL160 G6 Serie (490442-001)
- Dos (2) HP Memorias 2GB 1x2GB PC3-10600 ECC Unbuffered CAS 9 Dual Rank x8 DRAM Kit
- Un (1) HP Unidad Óptica 9.5mm SATA DVD-RW Drive (481047-B21)
- Dos (2) Unides de Discos Duros HP Enterprise puerto doble 300GB 3G SAS 15.000 rpm LFF (3,5"), (416127-B21)

(Para saber más haga click en el nombre)

Oferta de contado Bs.F. 27.600,00

[Proteja su inversión por Bs.F. 828,00](#) 

[Agregar al carrito](#)

- **Switch**



D-Link Switch 48 Puertos 10/100/1000 Rackeable Administrable 4 Puertos Combo SFP Minigbic Layer 2

SKU# DGS-1248T

Marca: D-Link

La web de D-Link DGS-1248T Smart mezcla plug-&-play simplicidad con excepcional rendimiento y fiabilidad para crear una solución rentable para el ancho de banda de hambre a los grupos de trabajo y departamentos. Este 48 Port Gigabit Web Smart switch ofrece una solución para cualquier tamaño de negocio con cualquier tamaño necesario. El conmutador DGS-1248T soporta fibra SFP Combo 4 enlaces ascendentes para los enlaces ascendentes a los servidores, almacenamiento, dispositivos de conmutación o cualquier otra prestación de un rendimiento superior con un valor excepcional. El DGS-1248T ofrece un alto rendimiento de las características establecidas suficiente para supervisar y asegurar una eficiente red de SMB.

12 meses de Garantía.

Oferta de contado Bs.F. 12.100,00

CrediFácil Mercantil desde Bs.F. 435,26 x mes

[Proteja su inversión por Bs.F. 363,00](#) 

[Agregar al carrito](#)

Computadoras	Hardware	Accesorios	Almacenamiento	Audio y Video	Redes	Software	Videjuegos
--------------	----------	------------	----------------	---------------	-------	----------	------------

Usted está en: [Redes](#) > [Switches y Hubs para Empresas](#) > [Detalles de Producto](#)

Servicio a Clientes

- Crear Nueva Cuenta
- Mi Cuenta
 - Rastrea tu Pedido
- Formas de Pago
- Costos de Envíos
- Promo Boletín

Iniciar Sesión

Mis Preferencias

Ver para imprimir

TESTIMONIOS

7-Oct-2010:

Mi pedido lloego en excelentes condiciones, muy bien protegido y

Fabricante



3COM

- Productos Similares
- Más de esta marca

Fotografías Adicionales:




Precio: \$11,387.17

IVA INCLUIDO
Pesos Mexicanos (MXN)

Producto **agotado**, no disponible para su venta

Notificarme de existencias a mi correo electrónico:

Notificarme

Switch 3Com 4200 de 50 puertos (48 puertos 10/100 y 2 puertos Gigabit)



¿Conoces este producto?
Comparte tu opinión!



Preguntas y Respuestas



Ver Opiniones del producto

Información del Producto:

Clave de Artículo: 57880 Garantía: 1 año

- **Router**

My Account | Help | Currencies: **US\$**

Yejian Technology ROUTER-SWITCH.COM Cisco router, Cisco switch, buy sell new used Cisco price

Welcome! Sign in or Register | BOOKMARK

Home | About us | Documents | Buy Cisco | Site Map | Contact us

Need Help?
Sales is ready to help you.

See All Categories | Search Router-switch.com | Enter search keywords here | GO | Your Shopping Cart

Home > Price Cisco Routers > Cisco Router 2800 Series


Narrow By

Category

- < Cisco Routers
- > Cisco Router 800 Series
- > Cisco Router 1800 Series
- > Cisco Router 1900 Series
- > **Cisco Router 2800 Series**
- > Cisco Router 2900 Series

Displaying 1 to 24 (of 78 products) | Page 1 | 4 | Next

View: List | Grid | Gallery | Sorted By: Bestselling | Show: 24



CISCO2801
Conditions: New Sealed

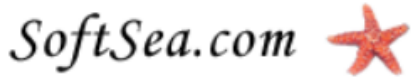
Description: Cisco 2801 router 2801 w/AC PWR, 2FE,4slots(2HWIC), 2PVDM, 2AIM, IP BASE, 64F/128D

Product Detail >>

List Price: ~~US\$1,995.00~~
Wholesale Price: **US\$898.00**

Add To Cart

- **Entrenamiento DICOM**



[Antivirus & Security](#) [Audio & MP3](#) [Business & Finance](#) [Communication](#) [Design](#) [Email](#) [File & Di](#)
[Networking](#) [Office](#) [Video & DVD](#) [Windows Utilities](#)

DICOM Printer



DICOM & PACS Training www.OTechImg.com
 Seminars, E-Learning, Software, Textbook, all training needs.

- Rating: ★★★★★
- Version: 1.6.5.1554
- Publisher: fluxinc.ca
- File Size: 13.1 MB
- Date: May 19, 2010
- Price: \$375.00
- License: Demo

- **Impresora DICOM**

DIRECTORIO DE EMPRESAS DE PUEBLA, MÉXICO (MEXICO)

[Clic aquí para anunciar tu empresa o negocio en IntelWeb México.](#)

Live Help
Operator Online

Live Chat by

[Inicio](#) | [Desarrollo Web](#) | [Hospedaje Web](#) | [Buscador](#) | [Estados y Ciudades](#) | [Soporte](#) | [English](#) | [Contáctanos](#)

Google

Web IntelWeb

Servicios del Directorio

[Contratar Anuncio](#)

[Anuncios Destacados](#)

[Anuncios Gratis](#)

[Buscador de Empresas](#)

[Categorías del Directorio](#)

[Categorías Adicionales](#)

Anuncios Destacados

[Rogelio Rosas Torres](#)

[Relojes Checadores en Mexico - On Line](#)

[Vision Comercial](#)

[City Movers Mexico SA de CV](#)

[Juguetes Educativos](#)

[DIR@Delineado Permanente](#)

[Delineado en el d](#)

[Psicoterapia Breve, Susana Hernández Acevedo, Psic](#)

[Venta de computadoras en](#)

[Impresora para Empresas](#) HP - Calidad Profesional a un costo más bajo. ¡ideal para Empresas! www.hp.com/Impres

[Sistema de ultrasonido](#) 70 años de experiencia en el desar- rollo de tecnología médica de Japón www.fukuda.co.jp/

[New Free DICOM Viewer](#) 2D, 3D, Interactive annotations... Are you ready for a new experience? www.onis-viewer.com

Anuncios Google

IMPRESORA EN SECO PARA ULTRASONIDO RAYOS X O TOMOGRAFIA

Anuncios Google [Directorio](#) [Dicom](#) [Directorio De Telmex](#) [Impresora](#) [Dicom to CD](#)

[Impresoras Samsung](#) www.facebook.com/samsung

Forma parte de la comunidad Samsung
Impresoras y gana fabulosos premios

[Impresora Flexo Usada](#) www.tecnosconverting2000.com

Vendemos máquinas de segunda mano flexo y para el converting

[Máquinas Laser Usadas](#) www.kluzinternational.com

Universal Laser, VersaLaser Reacondicionadas con garantía

[SonoWin Bildarchiv](#) www.sonowin.de

Imaging and Reporting Ultrasound & Endoscopy

Hospitales en Puebla

[Contactar a este anunciante](#)

IMPRESORA EN SECO PARA ULTRASONIDO RAYOS X O TOMOGRAFIA

precio \$110,000.00

Teléfono(s): [+52 222-3201984](tel:+52223201984)

IMPRESORA EN SECO PARA CONECTARSE A LOS EQUIPOS YA MENCIONADOS LA PELICULA ES DE 14 X 17 PULGADAS ES UN EXELENTE EQUIPO, LOS RESULTADOS SE VEN SUPER CLARAS Y MUY BIEN PRESENTADAS

Categorías Adicionales: [EQUIPO MEDICO](#),

Promoción: INCLUYE 600 PELICULAS POR EL MISMO PRECIO ES DICOM

- Película



Buscar

[Ir al listado](#)
[Salud y Belleza](#) → [Equipo Médico](#) → [Materiales](#)

Publicación finalizada Finalizó el 16/07/2010 22:35

Aprovecha estas publicaciones similares

 <p>Muebles Medicos Consultorio 6 Piezas Directo De Fabrica Mm \$ 5,250⁰⁰</p>	 <p>Consultorio Medico 6 Pzas. Para Hospital Precio De Fabrica \$ 5,250⁰⁰</p>	 <p>Toallitas Con Alcohol Punciones? Diabetes? Glucómetros? \$ 199⁰⁰</p>	 <p>Transductor Convexo C6514 Philips Mod. 21372a 3.7/5/6 /7.5mhz \$ 25,000⁰⁰</p>
--	--	--	--



Pelicula Rx Rayos X Radiográfica Sensible Verde 10 X12

Precio: **\$ 822⁰⁰** c/u (Artículo nuevo)

Mensualidades: **12 de \$ 84⁹³** 

 Depósito Bancario

Ubicación: Morelos (Cuernavaca)

Vendidos: 1

Publicación finalizada

- Cotización vía correo electrónico de los servicios médicos:

★ [Diana Xajil](#) Buena tarde, necesito conocer los precios de los siguientes exámenes médicos ... 4 nov (hace 5 días)
 ★ de **Información Centro Médico** <infocm@centromedico.com.gt> [ocultar detalles](#) 4 nov (hace 5 días) [Responder](#)
 para [Diana Xajil](#) <dianausac@gmail.com>
 fecha 4 de noviembre de 2010 17:18
 asunto RE: Cotización de exámenes diagnóstico por imagen

Buena tarde:

Es un gusto poder enviarle la información solicitada.

04/11/2010

HOSPITAL CENTRO MEDICO

Listado de Servicios

No.	Servicio	Descripción	Valor
1	4340	MAMOGRAFIA	Q. 250. 00
1	4350	TOMOGRAFIA (Previa cita)	Q. 1 230. 00
1	4360	RESONANCIA MAGNETICA (Previa cita)	Q. 2 800. 00
1	4310	ULTRASONIDO	Q. 250. 00
1	4300	RAYOS X	Q. 185. 00
Servicio de laboratorio			Q. 4 715. 00

Atte.

Gladis de Corado

Servicio al Cliente
 Hospital Centro Médico
 Tel. 2279 4949 ext. 1581 / 1449
 E-mail: infocm@centromedico.com.gt