

ANÁLISIS DE ESTADO Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS PACS Y RIS EN CUATRO HOSPITALES NIVEL III DEL MINISTERIO DE SALUD DE CABA

Alumna

LUCIANA MARIAM VARTABEDIAN

Legajo 56684

Tutor: Claudio Agüero

Informe de Proyecto Final de Carrera
BIOINGENIERÍA



Departamento de Ciencias de la Vida
Instituto Tecnológico de Buenos Aires
Febrero 2023

RECONOCIMIENTOS

Quiero reconocer y agradecer la colaboración de mi tutor Claudio Agüero y del Profesor de la Cátedra, Federico Paschetta. Quiero mencionar especialmente a los Profesionales de la Salud de cada uno de los Hospitales que visité para realizar mi Proyecto Final de Carrera, quienes fueron consultados y brindaron su asesoramiento y me abrieron las puertas de sus Servicios Dra. Alejandra della Sala, Lic. Roberto Fernández, Dr. Hugo Cozzani, Lic. Martín Infesta, Dra. Norma Barillari y Dr. Kozima Shigeru.

Un especial reconocimiento al Ministerio de Salud de CABA, por permitirme desarrollar el Proyecto Final de Carrera basado en sus hospitales y facilitar en todo momento su realización.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que me acompañaron y apoyaron durante todos los años de carrera, los que confiaron en mí desde principio a fin, principalmente a mi familia y amigos. A mis padres Liliana y Miguel, a mis abuelos Vilma, Rosa, Julio y Avedio que me acompañan desde el cielo, a Tape, Sebi, Lauti, Mariano y Vivi. A Valentín y a mis amigos Jero, Seba, Santi, Facu, Cami, Karen, Kiki, Mili, Xime y Coni y todos los que no nombré pero saben que fueron parte del proceso. Simplemente gracias.

RESUMEN

Las imágenes médicas son el eje fundamental para el diagnóstico y seguimiento de diversas enfermedades. Esta es la razón por la cual toman especial relevancia para los Profesionales de la Salud, por su sensibilidad y necesidad.

Hasta hace unos años, las imágenes médicas eran datos analógicos que se remitían a placas radiográficas que terminaban siendo extraviadas o descartadas, sin poder aprovechar todo su potencial. En la actualidad, se tiende a que las imágenes médicas sean datos digitales que se almacenan en grandes repositorios de datos dinámicos, que pueden ser consultados tanto por los pacientes como por los Profesionales de la Salud en cualquier momento, y de manera digital, sin necesidad de impresión. De esta forma, se aprovecha todo el potencial de la imagen, pudiendo diagnosticar utilizando herramientas de software para la visualización, medición y, también, logrando servicios de Diagnóstico por Imagen más amigables con el medio ambiente. Todo esto es posible gracias al avance de los sistemas informáticos de salud como RIS y PACS.

Sin embargo, este avance tecnológico digital no es una realidad para todos los Hospitales y, es por esto, que este trabajo propone un proyecto de implementación de sistemas informáticos de RIS y PACS, junto con la actualización tecnológica necesaria a nivel de equipamiento médico, equipamiento informático e infraestructura en cuatro Hospitales nivel III del Ministerio de Salud de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, para lograr servicios digitales con procesos eficientes y flujos de trabajo estandarizados.

De esta manera, el objetivo final es lograr ahorrar tiempos y mejorar la atención de los pacientes, hacer más ágil el proceso que se lleva a cabo en los Servicios de DxI, generar ahorros indirectos a los Hospitales y, por último, lograr disponer de bases de datos de imágenes médicas para investigación y desarrollo. Con el foco en el paciente y su mejor atención para lograr mejores resultados en su diagnóstico y tratamiento de patologías.

Índice general

	Página
1. Justificación	1
2. Objetivos	4
3. Introducción	6
4. Marco Teórico	9
4.1. Imágenes médicas	9
4.1.1. Obtención de imágenes digitales	10
4.2. Sistemas de salud	14
4.2.1. Sistema de Salud Público en CABA	15
4.3. Electronic Health (e-Health)	17
4.4. Digitalización de la información	19
4.4.1. Sistemas de información	20
4.4.2. PACS	23
Servidor	27
Unidades de almacenamiento	30
Redes de comunicación y seguridad	34
Estación de trabajo de diagnóstico	37
4.4.3. RIS	40
4.4.4. Estandarización e interoperabilidad	41
DICOM	42
SNOMED CT	42
HL7	42
FHIR	43

5. Relevamiento de campo	45
5.1. Relevamiento equipamiento médico	47
5.2. Relevamiento Digitalización	49
5.3. Relevamiento estudios por año	52
5.4. Flujo de trabajo	54
6. Desarrollo de la Propuesta	57
6.1. PACS y RIS	57
6.1.1. Especificaciones técnicas de hardware	58
6.1.2. Especificaciones técnicas de software	65
6.2. Propuesta por Hospital	68
6.3. Nuevo flujo de trabajo	72
6.4. Beneficios de la Propuesta	76
7. Análisis de la disponibilidad tecnológica en Argentina	78
8. Proyecciones a futuro	82
9. Conclusiones	85
Referencias	88
Apéndices	
A. Documentos	92
B. Tablas auxiliares	98

Índice de figuras

1. Proceso de digitalización CR	11
2. Proceso de digitalización DR	12
3. Ubicación Hospitales seleccionados. 1. Htal. Fernández, 2. Htal. Santojanni, 3. Htal. Argerich, 4. Htal. Gutiérrez.	16
4. DAS, SAN y NAS: interconexión en grilla. <i>Obtenido de [1]</i>	32
5. Arquitectura red SAN e interacción con LAN. <i>Obtenido de [1]</i>	33
6. Funcionamiento de un firewall en una institución sanitaria. <i>Obtenido de [1]</i>	36
7. Funcionamiento de una VPN para asegurar la intranet frente a internet. <i>Obtenido de [1]</i>	37
8. Interacción estándares de interoperabilidad entre RIS, PACS y modalidades.	43
9. Resultado relevamiento en cuanto a equipamiento médico.	47
10. Resultado relevamiento en cuanto a digitalización.	50
11. Resultado relevamiento en cuanto a cantidad de estudios estimados realiza- dos por modalidad por Hospital por año.	54
12. Diagrama de flujo actual	55
13. Estaciones de trabajo	63

14. Propuesta por Hospital	68
15. Flujo de trabajo luego de implementación de PACS y RIS	73
16. Flujo de trabajo con RIS y PACS en el Servicio de DXI	74

Índice de tablas

1. Tamaño de las imágenes y estudio según modalidad. <i>Desarrollado a partir de [2] y [3]</i>	13
2. Tipos de Sistemas de Información de la salud Administrativos y Clínicos. <i>Desarrollado a partir de [4].</i>	22
3. Certificación Tier para DataCenters según Instituto Uptime. <i>Desarrollado a partir de [5]</i>	26
4. Resolución y orientación del monitor de grado médico según modalidad. <i>Desarrollado a partir de [4]</i>	38
5. Estimación dimensionamiento del Storage por año	60
6. Características del hardware de las estaciones de trabajo (WS)	64

Lista de acrónimos y siglas

ACR	American College of Radiology
ADN	Ácido Desoxirribonucleico
AX	Angiografía
BAC	Buenos Aires Compras
CABA	Ciudad Autónoma de Buenos Aires
CeSAC	Centro de Salud y Acción Comunitaria
CMB	Centro Médico Barrial
COI	Centro Odontológico Infantil
CPU	Unidad de Procesamiento Central
CR	Radiología Computada (Computed Radiology)
DAS	Direct Architecture Storage
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DR	Digital Radiology
DXI	Diagnóstico por Imágenes
FP	Flat Panel
GB	Gigabytes
HCE	Historia Clínica Electrónica
HIS	Hospital Information System
IoT	Internet of Things
MB	Megabytes

MG	Mamografía
MN	Medicina Nuclear
MP	Megapíxel
MSCABA	Ministerio de Salud del Gobierno de CABA
NAS	Network Attached Storage
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NFS	Network File System
OMS	Organización Mundial de la Salud
PACS	Picture Archiving and Communication System
PBI	Producto Bruto Interno
PET	Tomografía por Emisión de Protones
PLN	Poder Legislativo de la Nación
PM	Producto Médico
REM	Röntgen Equivalent Man
RIS	Radiology Information System
RMN	Resonancia magnética Nuclear
RX	Radiografía
SAN	Storage Area Network
SI	Sistema de Información
SIS	Sistema de Información de la Salud
SPECT	Tomografía Computarizada por Emisión de Fotón Único
SSD	Solid State Drive
TAC	Tomografía Axial Computada
TAM	Technology Acceptance Model
TI	Tecnología de la Información
UCO	Unidad Coronaria

UPS	Uninterruptable Power Supply
US	Ultrasonido
UTI	Unidad de Terapia Intensiva
WS	Workstation

Capítulo 1

Justificación

La tecnología alrededor de las imágenes médicas ha revolucionado la medicina, desde el descubrimiento de los rayos X hasta hoy. En muchas patologías, es difícil imaginar un diagnóstico sin que un médico solicite al paciente que se realice algún tipo de imagen médica y, es por esto, que son especialmente importantes en el diagnóstico, seguimiento y prevención de patologías. También pueden ser utilizadas con fines académicos, de planeamiento y durante las intervenciones quirúrgicas, en la que los Profesionales de la Salud se basan en estas tecnologías para tomar decisiones en tiempo real o para tomar imágenes y muestras que posteriormente soportarán el diagnóstico y la terapia recomendada.

Por lo tanto, la especialidad de Diagnóstico por Imágenes (DxI) es un área crucial en los Hospitales, donde intervienen médicos, enfermeros, técnicos radiólogos, ingenieros biomédicos, profesionales de IT, personal administrativo, entre otros. Como se puede ver, existe una gran interacción de profesionales para lograr obtener una imagen médica y, tanto este flujo de trabajo como el equipamiento y tecnologías disponibles en una Institución, se vuelven especialmente relevantes para que la imagen obtenida sea de calidad.

Sin embargo, no siempre se cuenta con el equipamiento médico adecuado, con los sistemas que brindan el soporte de gestión al Servicio, como lo son los PACS y RIS, con el flujo de trabajo optimizado, por lo cual, estas carencias conducen a fallas en la obtención,

almacenamiento, seguridad y calidad de la imagen médica.

En Argentina, existen varios Hospitales que siguen obteniendo imágenes de forma analógica, con los inconvenientes que eso conlleva, como pueden ser la pérdida de esas imágenes, la guarda de las placas durante años en las Instituciones, la imposibilidad para poder analizar digitalmente las imágenes, la carencia de contrastar imágenes del mismo paciente al someterse a un tratamiento, entre otros.

El problema radica en que, al no contar con Servicios de DxI modernos, digitalizados y ordenados, es difícil poder brindar un servicio integral y de los más altos estándares a los pacientes. Es por todas estas razones que en este trabajo se estudiarán y analizarán los Servicios de DxI de cuatro Hospitales nivel III del Ministerio de Salud de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, para poder proponer un proyecto de mejora, modernización y digitalización de los Servicios. Con el fin último de realizar una propuesta para mejorar los procesos, asegurando que las imágenes médicas sean una herramienta con mayor potencial y que las tecnologías sean aprovechadas al máximo para que los Profesionales de la Salud puedan brindar el mejor diagnóstico y seguimiento a los pacientes. Los Hospitales seleccionados fueron:

- Hospital General de Agudos Dr. J. A. Fernández
- Hospital General de Agudos Donación Francisco Santojanni
- Hospital General de Niños Ricardo Gutiérrez
- Hospital General de Agudos Dr. Cosme Argerich

La motivación de elección de dichos Hospitales radica en que son Hospitales con un alto caudal de pacientes, con diferentes realidades en cuanto a tecnologías disponibles y con potencial de mejora para poder sugerir un proyecto de modernización y digitalización.

Existe, también, una motivación personal para la elección del Proyecto Final de Carrera, ya que al haber trabajado para el Ministerio de Salud de CABA, en particular en

el Hospital J. A. Fernández, pude visualizar la problemática de la falta de digitalización, modernización e inclusión de sistemas informáticos al Servicio de DxI. Es por esto, que empecé con el problema y decidí abordar este Proyecto como una herramienta profesional de ayuda y mejora hacia la atención sanitaria de la población que se atiende en el Sistema de Salud Público.

Capítulo 2

Objetivos

Objetivo general

El objetivo general de este Proyecto Final de Carrera es desarrollar un análisis de estado y propuesta de actualización tecnológica de equipamiento de DxI y la implementación de PACS y RIS para los Hospitales:

- Hospital General de Agudos Dr. J. A. Fernández
- Hospital General de Agudos Donación Francisco Santojanni
- Hospital General de Niños Ricardo Gutiérrez
- Hospital General de Agudos Dr. Cosme Argerich

Objetivos específicos

Para llevar a cabo el objetivo general se abordan los siguientes objetivos específicos:

- Relevar la información de procesos, equipamiento de DxI, PACS y RIS mediante el método de encuestas y entrevistas a los diferentes actores involucrados en los servicios de DxI.

- Investigar y conocer el estado del arte de tecnologías existentes de hardware, software, interconectividad de sistemas, flujos de trabajo óptimos, PACS y RIS.
- Proponer una estructura funcional de equipamiento de DxI, hardware, software, PACS y RIS basada en el estado del arte para cada uno de los hospitales.
- Relevamiento e investigación de disponibilidad, accesibilidad y asequibilidad tecnológica en Argentina.
- Desarrollar una propuesta de actualización tecnológica para cada hospital, basada en el conocimiento de situación, la estructura funcional dada por el estado del arte en el área y la disponibilidad tecnológica en Argentina.

Capítulo 3

Introducción

En un Hospital de Agudos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, se estima que se atienden en promedio 5000 pacientes por día y, a su vez, se toman 400 imágenes médicas, que son aproximadamente unas 150.000 por año [6]. Estos números muestran no sólo el gran caudal de pacientes que utilizan el servicio público de salud en CABA, sino que también marca la importancia que tienen las imágenes médicas en el diagnóstico y seguimiento de tratamientos de los pacientes.

Entonces, los equipos médicos que obtienen dichas imágenes deben ser funcionales, robustos y seguros y, también, ese gran volumen de información debe ser correctamente gestionado. Esto se debe a que es información clínica del paciente, que no debe ser extrañada ni corrompida y que debe estar disponible para su consulta. Además, tiene que ser una herramienta de calidad para el correcto diagnóstico y seguimiento de las patologías de los pacientes. Por lo tanto, esas imágenes deben ser correctamente tomadas, almacenadas y distribuidas, teniendo en cuenta que cualquier error en ese proceso complejo, desembocará en una injuria al paciente y/o a los Profesionales de la Salud.

Hoy en día, en la gran mayoría de los Hospitales de CABA, las imágenes son impresas en placas radiográficas. De esta forma, el paciente se lleva su placa para luego proveérsela al médico solicitante el día de la consulta. Este proceso conlleva varios inconvenientes que

pueden surgir: que el paciente puede extraviar su placa y, por ende, se la deberá tomar de nuevo, resultando en más radiación en su cuerpo, y un gasto mayor para la Institución, que deberá repetir un proceso por una pérdida de información. Por otro lado, la impresión de la placa es en sí es un gran problema a tratar, ya que las placas son contaminantes, como también lo son los líquidos de impresión que utilizan las impresoras húmedas, que todavía hoy existen en el Sistema de Salud de CABA. Además, existe un problema propio del almacenamiento físico de las placas, desde dónde guardarlas hasta cómo archivarlas y, por supuesto, el costo de los insumos: placa radiográfica de diferentes tamaños y tipos según la modalidad de imagen, los chasis, las impresoras, entre otros.

A este escenario complejo, se le suma la realidad diferente que enfrenta cada Hospital de la Red de CABA, en cuanto a recursos humanos, equipamiento médico, presupuesto, tecnología disponible, espacio físico, entre otros. Es decir, cada Hospital tendrá que pensar una solución adecuada para enfrentar este problema.

Entonces, resumiendo la problemática, la suma de un gran volumen de datos, incorrectamente administrado, un sistema gestionado de manera ineficiente, presupuesto acotado, poco ecológico, con diferentes realidades en cada hospital, solicita la atención y preocupación para generar soluciones acordes que conviertan a todo este proceso de extracción de una imagen médica, en un proceso eficiente y verdaderamente seguro para el paciente y Profesionales de la Salud.

Es por todo esto, que se propone en el presente trabajo final, abordar esta problemática mediante la implementación de sistemas PACS y RIS en los servicios de DXI en cuatro Hospitales Nivel III de CABA, como primer etapa para la digitalización de los Servicios de DxI. Para ello, se debe realizar un análisis de estado de los Servicios, donde se releva información acerca del parque instalado. Luego, se realiza una propuesta para cada Hospital en función de los datos obtenidos y teniendo en cuenta el estado del arte de las tecnologías. Por último, se investiga la disponibilidad de dichas tecnologías en Argentina y las proyecciones a futuro de la propuesta.

La revolución digital hospitalaria llegó hace aproximadamente dos décadas, sin embargo, se debe comenzar a abordar esta problemática resolviendo los problemas más urgentes y de forma escalonada. En el caso a analizar en este trabajo, se eligió comenzar analizando y proponiendo una solución a cuatro Hospitales de la Red, que son verdaderamente representativos por el número de pacientes que se atienden en ellos y por las diferentes características que presentan, que son el Hospital General de Agudos Dr. J. A. Fernández, Hospital General de Agudos Dr. C. Argerich, Hospital General de Agudos Donación S. Santojanni y Hospital General de Niños Ricardo Gutiérrez.

Esta solución de digitalización llevará a obtener resultados positivos para todos los involucrados en los procesos, tales como impresión cero de placas, procesos estandarizados del flujo de trabajo para los Servicios de DXI, comodidad y herramientas para poder diagnosticar de forma digital en estaciones de trabajo, disponibilidad de las imágenes ante consultas de Profesionales de cualquier sector del hospital mediante visualizadores web, portabilidad de las imágenes para el paciente gracias a los portales paciente, que pueden ser accedidos desde cualquier dispositivo electrónico, ahorro de tiempos de ejecución de las tareas y de múltiple procesamiento por fallas en el proceso, como extravío de las imágenes, entre otros.

Capítulo 4

Marco Teórico

4.1. Imágenes médicas

Las imágenes médicas son el eje fundamental para el diagnóstico y seguimiento de diversas enfermedades. Esta es la razón por la cual toman especial relevancia para los Profesionales de la Salud, por su sensibilidad y necesidad.

Por definición, las imágenes médicas son las representaciones que se obtienen por medio de diferentes tecnologías para observar el cuerpo humano con el fin de diagnosticar, monitorear o tratar condiciones médicas. Según sea el tipo de tecnología utilizada, se obtiene información sobre el área del cuerpo que se está estudiando o tratando, para poder evaluar una posible enfermedad, lesión o efectividad de un tratamiento médico [7]. El área de la medicina encargada de llevar a cabo este proceso es Diagnóstico por Imágenes (DxI).

Existen técnicas denominadas modalidades de imágenes, que emplean distintos principios físicos para obtener las mencionadas imágenes médicas. Ejemplos de estas modalidades pueden ser radiografía (RX), tomografía axial computada (TAC), mamografía (MG), angiografía (XA), que tienen la particularidad de que utilizan energía ionizante. Luego se pueden nombrar el ultrasonido (US), resonancia magnética (MR), endoscopia y, las moda-

lidades de medicina nuclear, como lo son tomografía por emisión de fotón simple (SPECT), tomografía por emisión de protones (PET), entre otros.

Según la OMS, cada año se realizan en el mundo 3600 millones de pruebas diagnósticas radiológicas y 37 millones de pruebas de medicina nuclear [8]. A su vez, en términos globales de inversión, el tamaño del mercado de imágenes médicas es de aproximadamente 37 billones de dólares americanos. Estos datos indican la relevancia de esta disciplina alrededor del mundo y, en particular en Argentina, también es esencial. [9]

4.1.1. Obtención de imágenes digitales

La radiología analógica ha demostrado a lo largo de más de diez décadas que es un sistema fiable y que con él se obtienen imágenes diagnósticas de calidad. Sin embargo, hoy en día se sabe que dicha tecnología está siendo reemplazada por la digital por múltiples razones que se tratarán en la sección 4.3.

La digitalización es un proceso que cuantifica o muestrea señales analógicas en un rango de valores, es decir, significa convertir la escala de grises continua en una imagen digital que presenta píxeles.

La digitalización se puede realizar de dos formas diferentes: digitalización indirecta (CR) o digitalización directa (DR).

■ Digitalización indirecta - CR

Los equipos digitales CR o de digitalización indirecta constituyen una tecnología intermedia donde equipos analógicos son convertidos para que pueda obtenerse una imagen digital. Para ello, se reemplaza el chasis radiológico de película fotográfica por un chasis que tiene en su interior una lámina de un fósforo foto-estimulable. El equipo se completa con un lector (o escáner) del nuevo tipo de chasis e impresoras adecuadas conectadas al lector de chasis, si se quisiera imprimir la imagen, sino se almacena la imagen en un PACS. [10]

El proceso antes descrito se puede resumir en la Figura 1.

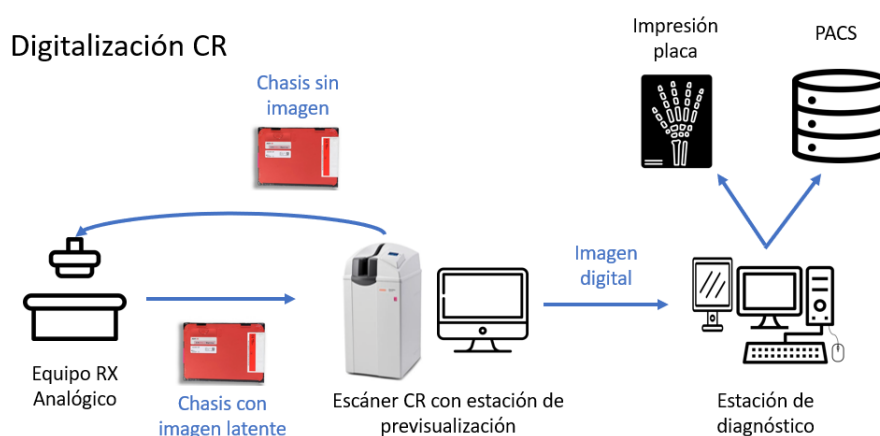


Figura 1: Proceso de digitalización CR

■ Digitalización directa - DR

En este caso, la imagen médica se obtiene directamente en formato digital, con detectores adecuados y una computadora.

El detector más comercializado es el de panel plano o flat panel (FP), que permite obtener imágenes digitales trascurridos tan sólo unos segundos desde la realización del disparo de RX y sin tener que manipular ningún chasis. El detector, cuando recibe un disparo de RX, genera una secuencia de datos numéricos que transferirá al ordenador que controla el equipo. El detector obtiene directamente una imagen en formato digital. Los detectores FP recogen la información del disparo de RX a través de una matriz activa, la digitalizan y el ordenador almacena el fichero de los datos recibidos desde el detector, que es la imagen digital. [10]

El proceso antes descrito se puede resumir en la Figura 2.

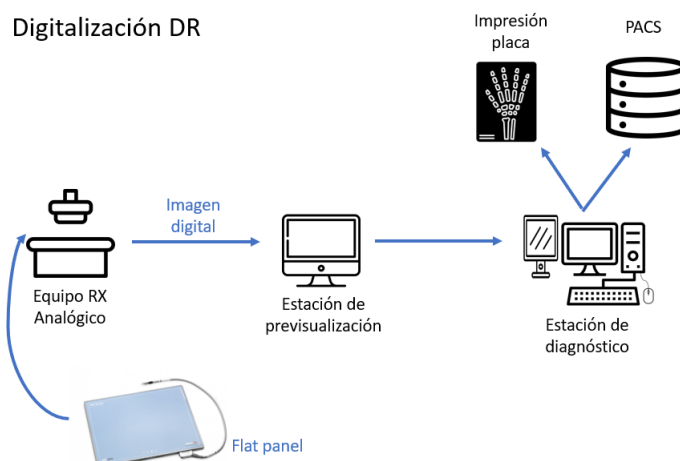


Figura 2: Proceso de digitalización DR

Existen equipos de RX que son en forma nativa DR, sin embargo, se pueden obtener equipos híbridos DR, utilizando los FP antes nombrados. De esta forma, se obtienen imágenes digitales de forma directa sin tener que cambiar los equipos a tecnologías modernas de DR.

Habiendo explicado las estrategias de digitalización de imágenes, es importante vincularlo a las imágenes médicas. Cuando una imagen se encuentra digitalizada, o es digital por naturaleza de obtención, como la tomografía, las imágenes pasan a ser matrices de píxels y, además, según la modalidad en cuestión, podrá presentar más de una imagen por estudio. Eso se traducirá en un espacio que ocupa en MB, y se pueden ver cada una de las particularidades en la Tabla 1. Estos valores son orientativos, para tener el orden de tamaño que ocupa cada modalidad.

Modalidad	Tamaño imagen (píxels-bits)	Número de imágenes/estudio (promedio)	Tamaño estudio (promedio)
Resonancia magnética	256x256 - 16	200	20 MB
Tomografía computada	512x512 - 16	500	230 MB
Radiografía digital	1760x2180 - 16	3	30 MB
Mamografía digital	2048x2536 - 16	4	300 MB
Ultrasonido	480x640 - 8	40	10 MB
Medicina Nuclear	128x128 - 16	45	2 MB
Angiografía	1024x1024 - 8	15	15 MB
Seriografía	1024x1024 - 8	20	20 MB

Tabla 1: Tamaño de las imágenes y estudio según modalidad. *Desarrollado a partir de [2] y [3]*

En la Tabla 1 se tienen valores promedio, ya que varían las imágenes por estudio y tamaño por estudio según el equipo que se esté utilizando y el estudio que se esté realizando. Por ejemplo, un estudio de tórax, en general, implica dos imágenes: frente y perfil.

Estos valores toman especial relevancia cuando se quiere diseñar y dimensionar el almacenamiento de estas imágenes en una Institución, tema que se retomará en capítulos siguientes.

4.2. Sistemas de salud

Un sistema de salud es un conjunto de organizaciones y recursos cuyo objetivo primario es mejorar la salud en los hogares, lugares de trabajo, lugares públicos y comunidades, así como en el ambiente físico y psicosocial. [11]

El gasto en salud representa el 10 % del producto bruto interno (PBI) mundial.[12] Existen varios modelos en cuanto al financiamiento y gestión de los servicios de los sistemas de salud. Ejemplos de ellos puede ser el Modelo Beveridge, utilizado en países como Inglaterra o Nueva Zelanda, donde la financiación es pública, el Modelo Bismark, de seguridad social, utilizado en Francia, el Modelo Liberal, donde la financiación es privada, como sucede en Estados Unidos de América y, por último, el modelo Mixto, donde se combinan la financiación y prestaciones públicas y privadas, utilizado en Argentina [11].

Entonces, en Argentina, conviven la parte privada y pública, donde se dividen en prepagas, obras sociales y sistema público. En particular, según el reporte de Análisis de la situación de salud de la República Argentina del 2018, el 64 % de la población cuenta con sistema de obra social o prepaga, mientras que el 36 % restante se atiende exclusivamente en el sistema público. Además, el gasto público en salud representó el 7.1 % del PBI y en cuanto a la composición de dicho gasto por jurisdicción, el 42 % correspondió al nivel provincial. [13]

Estos datos son destacables para poder visualizar la relevancia del financiamiento de salud pública en Argentina, y ponerlo en contexto con otros países del mundo. Cabe destacar que invertir más en salud no implica directamente proveer una mejor atención a los ciudadanos, tal como lo indica la Organización Mundial de la Salud [12]. Uno de los mayores inconvenientes es la calidad deficiente del sistema de salud por el uso ineficiente de los recursos, por lo tanto, lograr invertir con previsión e inteligencia los recursos, va a desencadenar en una mejor calidad de atención a los usuarios.

4.2.1. Sistema de Salud Público en CABA

El Ministerio de Salud de CABA es el ente encargado de gestionar y administrar el sistema de salud de la ciudad. Cabe destacar que el sistema de salud es público, gratuito y de calidad, y se ofrece a todos los ciudadanos que viven y transitan en la ciudad de Buenos Aires. [14]

La red de hospitales y centros de salud de CABA se distribuyen en todas las comunas de la ciudad, y los establecimientos se clasifican según su complejidad y especialidades abarcadas [15]. En particular, se tienen:

- Hospitales Generales de Agudos: 14
- Hospitales Generales de Niños: 2
- Hospitales Especializados: 17
- Centros de Salud Nivel 1 (CeSAC, Centro de Salud y Acción Comunitaria): 47
- Centros de Salud Nivel 2 (CEMAR, Centro de Especialidades Médicas Ambulatorias de Referencia): 2
- Centros Médicos Barriales (CMBs): 33
- Centros de Salud Mental: 2
- Centros odontológicos infantiles (COI): 2

El Ministerio de Salud de la Nación propone una clasificación de los establecimiento sanitarios según su grado de complejidad, especificada en la Resolución 900-E/2017. [16] Dicha clasificación diferencia a los establecimientos según su nivel de riesgo: I, II y III, de menor a mayor complejidad. El nivel I, constituye esencialmente la puerta de entrada al sistema, y realiza acciones de promoción y protección de la salud, así como el diagnóstico temprano. Por otra parte, el nivel II realiza las mismas acciones que el anterior, pero se

agrega un mayor nivel de monitoreo y seguimiento de la evolución de los pacientes. Por último, en el nivel III, se tiene atención médica y de enfermería constante, con capacidad de brindar soporte inmediato de la función de un órgano vital y/o la necesidad de efectuar procedimientos especiales de monitoreo continuo, diagnóstico y/o terapéuticos que preserven la vida. En este último nivel están comprendidos los cuatro Hospitales elegidos para la propuesta de este trabajo, que se pueden observar en la Figura 3.



Figura 3: Ubicación Hospitales seleccionados. 1. Htal. Fernández, 2. Htal. Santojanni, 3. Htal. Argerich, 4. Htal. Gutiérrez.

En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires viven aproximadamente 2.900.000 personas [17], y de ese total un 18 % se atiende en el sector público, es decir, 522.000 personas, sin contar las personas que se atienden en la ciudad sin habitar en la misma. [18] El promedio de paciente por día que se atiende en establecimientos sanitarios de CABA, en 2017 era de 4844 (último dato provisto por la Dirección General de Estadística y Censos de CABA). [6]

Por otra parte, las compras de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires se realizan por medio de licitaciones públicas y, como los Hospitales de CABA pertenecen al Ministerio de Salud de CABA, también adquieren su equipamiento médico de la misma manera. Este

proceso está regido por la Ley 2095/06 - *Ley de Compras y Contrataciones de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*.

4.3. Electronic Health (e-Health)

La Organización Mundial de la Salud define e-Health como “el uso combinado de tecnologías de la información y la comunicación en el sector de la salud”. En términos prácticos, e-Health garantiza que la información de salud correcta se proporcione a la persona en el lugar y momento adecuados en un formato electrónico seguro, con el fin de optimizar la calidad y eficiencia de la prestación de servicios de salud, fin último de los sistemas de salud como se explicó anteriormente. La ciber salud debe verse tanto como la infraestructura esencial que sustenta el intercambio de información entre todos los participantes en el Sistema de atención de la salud y como facilitador e impulsor clave de mejores resultados de salud. [19]

Ampliando un poco más la definición, e-Health implica la aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación en los sistemas de vigilancia, prevención, promoción y atención a la salud. Como componentes, se incluyen principalmente los sistemas de administración de insumos o recursos, como la agenda de citas, la historia clínica electrónica, la prescripción electrónica, los sistemas de apoyo a la decisión clínica, el uso de dispositivos móviles, los sistemas de imagenología, los sistemas de atención a distancia, telemedicina, así como la enseñanza a través de medios digitales. Otros componentes esenciales son los sistemas de almacenamiento y análisis masivo de datos, machine learning y los sistemas de IoT (Internet of Things). [20]

Los objetivos principales de utilizar e-Health en los establecimientos sanitarios son que la atención médica esté centrada en el paciente, sea efectiva en cuanto a calidad y seguridad y eficiente en cuanto a tiempos y costos, tanto para el paciente como para el prestador de salud.

En la perspectiva del paciente, se tiene una limitada capacidad para acceder y compartir su información de salud, porque se almacena en distintos lugares y se combina en parte electrónica y parte en papel. Esto puede llevar a que las probabilidades de un error de diagnóstico o tratamiento exista, porque se proporcionó información incompleta o inexacta. El problema de la fragmentación de la información de salud del paciente es problemático, ya que este escenario lleva a que el paciente sea la fuente de información para recordar y comunicar la información de salud, incluyendo sus medicamentos, historiales médicos, planes de tratamiento, pruebas de diagnóstico, entre otros. Además, en cuanto a la eficiencia, se ve comprometida por la pérdida de tiempo de repetir la información a diferentes profesionales de la salud, viajes, tiempo, dinero y hasta exponerse nuevamente a situaciones de diagnóstico por no tener digitalizada la información, como por ejemplo volver a realizarse una placa. En cuanto a la perspectiva del prestador de salud, la falta de acceso a información precisa, completa y oportuna, limita su capacidad de tomar decisiones y aumenta el riesgo de errores de diagnóstico y tratamiento, sobre todo cuando se deben evaluar enfermedades crónicas o que se necesita evaluar una evolución. Sin los sistemas tecnológicos apropiados, los prestadores de salud tienen una capacidad limitada para monitorear la efectividad de sus tratamientos. En cuanto a la eficiencia, se puede remarcar que frente a este escenario de información incompleta, existe un gran riesgo de pedido de realización de estudios de diagnóstico innecesarios o duplicados que, en el ámbito del diagnóstico por imágenes, tienen un costo elevado.

Todos los puntos destacados anteriormente, se traducen en una gestión ineficiente de tiempo, dinero y calidad en la atención médica tanto para los pacientes como para los profesionales de la salud, que pueden ser minimizados implementando diversos componentes de la e-Health.

La implementación de la e-Health es un proceso complejo, lleva tiempo, es costoso, pero la ventaja que presenta es que puede ser escalonado y modular. Se puede comenzar con algún sistema e ir inteconectándolos para lograr la digitalización completa. Existen

varios países y ciudades en el mundo que lo han llevado a cabo de esta forma. Ejemplos de ello son Estados Unidos, Australia, España, Irlanda, todos con sistemas de salud diferentes, que armaron planes de entre tres y diez años, que comenzaron antes del 2010, por ende, ya están en funcionamiento hoy en día.

Un punto a remarcar en cuanto a lo que Estados Unidos aporta en su plan de acción son los objetivos que se plantean para el sistema de atención de salud en el siglo XXI:[21]

1. Seguro: evitar injurias a los pacientes desde el sistema de salud, que está pensado para ayudarlos.
2. Efectivo: proveer servicios, evitando la infrautilización y la sobreutilización de los recursos.
3. Centrado en el paciente: brindar atención que sea respetuosa y sensible a preferencias, necesidades y valores individuales del paciente y garantizar que los valores del paciente orienten todas las decisiones clínicas.
4. Oportuno: reducir tiempos de espera y retrasos perjudiciales tanto para los pacientes como para los prestadores de salud.
5. Eficiente: evitar el desperdicio de equipamiento, insumos, entre otros.
6. Equitativo: sin discriminar al paciente por estatus socioeconómico, género, etnia, características personales.

4.4. Digitalización de la información

Todos los conceptos de e-Health deben llevarse a cabo e implementarse mediante sistemas, software, hardware y la interconexión entre ellos. En esta sección se detallarán los mismos.

4.4.1. Sistemas de información

Un sistema de información (SI) es un arreglo de datos, procesos, personas y tecnología de la información (TI) que interactúan para recolectar, procesar, almacenar y proporcionar como salida la información necesaria para apoyar a una organización [22]. En esta definición, la TI es sólo un componente de cada SI. Es decir, TI es un término que describe la combinación de tecnología informática (hardware, software), con tecnología de datos y telecomunicaciones (datos, imágenes). Es posible intercambiar los conceptos de sistema de información y tecnología de información, porque la literatura así lo permite, pero es importante remarcar sus diferencias. [4]

En el área de la salud, los SI son ampliamente utilizados. Son sistemas complejos, que gestionan información sensible, en primer lugar porque es personal y privada de cada paciente, en segundo lugar porque se tienen que transmitir y guardar los datos con la mayor calidad posible y en tercer lugar porque deben seguir estándares para la comunicación y guardado de la misma. Además, cada sistema tiene sus particularidades según qué tipo de información se gestione, si se interconectan los sistemas entre sí, formando una red, entre otras.

Es por esto, que es propicio definir particularmente los SI que involucran datos e información clínica. Entonces, un sistema de información de la salud (SIS), es un arreglo de información, datos, procesos, personas y tecnología de la información que interactúan para recopilar, procesar, almacenar y proporcionar como resultado la información necesaria para respaldar la organización sanitaria.

Existen dos clases principales de SIS, que se distinguen según el propósito del sistema y el tipo de dato que gestionan, éstos son los SIS administrativos y clínicos. Los primeros, contienen principalmente datos administrativos y financieros, se usan generalmente para apoyar las funciones de gestión y operaciones de las organizaciones sanitarias. Ejemplo de estos datos pueden ser gestión de los recursos humanos, insumos, materiales, contabilidad

o facturación de pacientes. Por el contrario, los SIS clínica contienen información relacionada a la salud de los pacientes, utilizada por las instituciones sanitarias para diagnosticar, monitorear y tratar a los pacientes. Estos sistemas clínicos pueden ser sistemas departamentales, como de DxI, farmacia, laboratorio o pueden ser sistemas de apoyo a la toma de decisiones clínicas, administración de medicamentos, registros de salud electrónicos, entre tantos. Pueden estar limitados en su alcance a una sola área de información clínica (por ejemplo, radiología, farmacia o laboratorio, como se nombró anteriormente), o pueden ser integrales y cubrir prácticamente todos los aspectos de la atención al paciente (como un registro médico electrónico). Se pueden observar algunos ejemplos particulares de estos dos tipos de SIS en la Tabla 2. [4]

SIS Administrativos	SIS Clínicos
Admisión, Altas y traslados: rastrea los movimientos del paciente.	Laboratorio: colecta, verifica, realiza reportes de los tests de laboratorio. Ej: LIS (Laboratory Information System)
Agendas: programación de visitas, incluye información sobre pacientes, proveedores, fecha y hora de visita, habitaciones, equipo.	DxI: brinda soporte digital de las imágenes en la generación, comunicación, almacenamiento, análisis y gestión de las mismas. Ej: PACS (Picture Archiving and Communication Systems), RIS (Radiology Information System)
Facturación: incluye toda la información para ingresar y monitorear status de registros de reembolso.	Farmacia: brinda soporte en la solicitud de medicación, dispensación, gestión de inventarios, compatibilidad de drogas, chequeo de alergias, posología.
Gestión de recursos humanos: incluye información del personal, salarios, educación.	Historia Clínica Electrónica: facilita captura electrónica y reporte del historial clínico de los pacientes, listas de inconvenientes, tratamientos y resultados. Permite documentar hallazgos clínicos, notas de progreso. Además, provee herramientas de soporte a la toma de decisiones.
Agenda del personal: gestiona la agenda del personal de salud según las necesidades.	Telemedicina: brinda soporte remoto a la atención clínica, que incluye captura de imágenes y sonido, transmisión y recepción de video y audio.

Tabla 2: Tipos de Sistemas de Información de la salud Administrativos y Clínicos. *Desarrollado a partir de [4].*

Los servicios de DxI se han convertido fuertemente dependientes de tecnología digital. Esta evolución se dio porque tomó mayor relevancia la informática en imágenes médi-

cas, que se refiere a todo el campo de trabajo y combinación de tecnologías que proveen capacidades a los servicios de DxI de adquirir, guardar y distribuir imágenes médicas de manera digital. Los sistemas de información radiológicos más relevantes son PACS (Picture Archiving and Communication Systems) y RIS (Radiology Information Systems), con intercomunicación con la HCE (Historia Clínica Electrónica), y se detallarán a continuación.

4.4.2. PACS

La definición de *Picture Archiving and Communication System*, conocido como PACS, varía, pero generalmente todas aceptan o incluyen que dichos sistemas deben incluir visualización de imágenes, archivo de datos y componentes de gestión de datos. Además, se conectan tanto con los dispositivos de adquisición de imágenes como con los equipos informáticos, gracias al estándar DICOM, tema que se hablará en la subsección 4.4.4. Pueden, también, conectarse con dispositivos de salida para la impresión de las imágenes en formato de películas o papel. Para los usuarios del servicio de DxI, como por ejemplo un médico radiólogo, el componente más importante de un PACS es la estación de trabajo de visualización y diagnóstico (o workstation, en inglés). Esto se debe a que es con lo que la mayoría de los usuarios de PACS ven e interactúan. Sin embargo, un PACS es mucho más complejo que las estaciones de trabajo ubicadas alrededor de una institución de atención médica.

Los PACS vienen en diferentes formas y tamaños. Existen los mini-PACS, que pueden constar de sólo unas pocas estaciones de trabajo y una computadora simple de archivo de datos. Los mini-PACS se encuentran típicamente en pequeñas instituciones, o en instalaciones para pacientes ambulatorios, por su bajo costo de implementación, los bajos requisitos de recursos y la eficiencia en el ámbito de operación. Sin embargo, el inconveniente que presentan es la falta de interfaz e integración con otros sistemas. Por otro lado, los PACS a gran escala para todo un establecimiento sanitario puede presentar cientos de estacio-

nes de trabajo y múltiples centros de archivo de datos, que pueden residir en diferentes ubicaciones geográficas a cientos de kilómetros de distancia. Dependiendo del tamaño del PACS y de la sofisticación del archivo de datos, los requisitos para la infraestructura de TI subyacente pueden ser bastante diferentes.

El principal beneficio de la implementación de PACS es la gran eficiencia en la adquisición, visualización e interpretación de imágenes, lo que puede conducir a una mejor atención del paciente. En comparación con los sistemas basados en placas radiográficas, el PACS permite una gestión y guardado de datos de imágenes médicas más eficientes. Desde la prevención de la pérdida de placas, evitando elevados costos, exposición del paciente a más estudios de diagnóstico, peligros ambientales asociados con la placa y los productos químicos de procesamiento. PACS también reduce significativamente el costo y el tiempo de almacenamiento y recuperación de estudios de imágenes anteriores. Sin embargo, tienen algunas desventajas, que incluyen altos gastos de capital inicial para equipo, infraestructura, y capacitación, así como los costos continuos de mantenimiento y de personal de TI adicional.

Los PACS tienen interfaces con equipos médicos que ofrecen múltiples modalidades de imágenes, un servidor, estaciones de trabajo, centro de almacenamiento de datos y redes para conectar a todos entre sí. Por lo tanto, el flujo de información es el siguiente: diversas modalidades de imágenes generan imágenes médicas que son transmitidas a través de una red a un servidor donde se gestionan y almacenan. Las imágenes son entonces enviadas o accedidas en las estaciones de trabajo a través de una red, y las imágenes mostradas se interpretan y se generan los informes de diagnóstico médico. También se pueden acceder a estas imágenes e informes, recuperándolas más tarde por PACS, Historia Clínica Electrónica u otros sistemas de información a través de una red o un almacenamiento digital.

A continuación, se analizarán los actores involucrados para formar el sistema de PACS: Los servidores, el centro de almacenamiento de datos y la red de comunicación se pueden ubicar en lo que se denomina datacenter, es decir, un datacenter es la ubicación edili-

cia que contiene los recursos informáticos necesarios que la organización requiere para brindar servicios de información. Donde sus funciones son intercambio, almacenamiento y procesamiento de la información. Este centro debe ser un lugar seguro, en donde sólo tenga acceso personal calificado, debe brindar alta disponibilidad y buena performance. También se puede pedir que sea amigable con el medio ambiente. De hecho, el PUE (Power Usage Effectiveness) es un índice definido por Green IT (organización que certifica el uso eficiente de los recursos computacionales que minimizan el impacto ambiental, maximizan su viabilidad económica y aseguran deberes sociales), para medir eficiencia en los datacenters, sobretodo en la parte de refrigeración. [5]

En cuanto a la disponibilidad uptime del sistema, es decir, el tiempo que se encuentra disponible un sistema para el usuario, es sabido que a mayor disponibilidad, mejor es el datacenter porque no tiene interrupciones de servicio (excepto para tareas de mantenimiento). De hecho, el Uptime Institute especifica cuatro niveles, denominados “Tier” que principalmente se centran en la disponibilidad del centro de datos. Para cada uno de los niveles se indican las medidas a cumplir y el tiempo previsto de inactividad. Esto solo se aplica a los datacenters que, en general, son tier 2 o 3. Casi no existen datacenters tier 4 en el mundo. Se puede observar esta clasificación en la Tabla 3.

Tier	Características	Tiempo esperado de inactividad
1 - Disp: 99.671 %. - Tipo: básico	- Ruta única para distribución de potencia y refrigeración. - Sin componentes redundantes.	El tiempo de inactividad probablemente se dé para el mantenimiento planificado y no planificado.
2 - Disp: 99.741 %. - Tipo: componentes redundantes.	- Cumple requisitos de Tier 1. - Tiene componentes redundantes.	El tiempo de inactividad probablemente se dé para el mantenimiento planificado y no planificado.
3 - Disp: 99.982 %. - Tipo: concurrentemente mantenible.	- Cumple requisitos Tier 1 y 2. - Existen múltiples rutas activas de distribución de energía y una única ruta activa para la refrigeración. - Posee componentes redundantes, donde todos los equipos deben ser de doble potencia y compatibles con la topología de la arquitectura del sitio.	Sin tiempo de inactividad debido al mantenimiento planificado. Tiempo de inactividad improbable para mantenimiento no planificado.
4 - Disp: 99.995 % - Tipo: tolerante a fallas	- Cumple todos los requisitos de los niveles 1, 2 y 3. - Existen múltiples rutas activas de distribución de energía y refrigeración. - Todos los equipos de enfriamiento son de doble alimentación, independientes, incluidos los enfriadores y los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado.	Sin tiempo de inactividad debido a mantenimiento planificado o no planificado.

Tabla 3: Certificación Tier para DataCenters según Instituto Uptime. *Desarrollado a partir de [5]*

A continuación se detallarán los componentes principales del datacenter: servidor, unidad de almacenamiento, redes y comunicaciones.

Servidor

El servidor del PACS es el cerebro de todo el sistema. Las tareas típicas del servidor incluyen recibir imágenes en formato DICOM de diversas modalidades de imágenes médicas (vistas en sección 2.1), gestión de base de datos, ser la interfaz con los sistemas RIS e HCE enviando imágenes DICOM a estaciones de trabajo PACS según requerimientos, controlar el almacenamiento de imágenes DICOM, entre otros.

El tamaño de un servidor PACS depende del tamaño de la institución en la que se instalará, debido a que se define en función del volumen de imágenes y requerimientos de procesamiento, distribución, y velocidad de ejecución de las tareas. Para pequeñas clínicas o centros de imágenes dependientes, una computadora puede realizar todas las tareas, sin embargo, para hospitales más grandes, se necesita un grupo de servidores (clusters), cada uno con una tarea específica de manera tal que la carga de trabajo se distribuya. Cuando una tarea tiene su propio servidor, con Unidad Central de Procesamiento dedicada (CPU), memoria y otros recursos de procesamiento, la calidad del rendimiento es muy superior a la que se obtiene cuando los recursos de procesamiento se comparten con otras tareas. Ahora bien, para mejorar el rendimiento o fiabilidad, se puede hacer el sistema “redundante”, es decir, se pueden asignar varios servidores a la misma tarea para equilibrar la carga y/o fail-over. Estos dos conceptos son fundamentales a la hora de diseñar un servidor para un PACS, y hay que relacionarlo con la Tabla 3.

El concepto de equilibrio de carga se aplicó originalmente para garantizar una alta disponibilidad y escalabilidad para los servicios de aplicaciones de misión crítica. El equilibrio de carga del servidor es un enfoque que divide la cantidad de trabajo, equilibrando la carga entre dos o más servidores físicos y haciendo que este cluster de servidores actúe como un gran servidor para los usuarios finales. Hay muchos beneficios, pero el beneficio principal

sigue siendo escalabilidad y alta disponibilidad. La escalabilidad es un punto fundamental, ya que significa que el recurso es capaz de adaptarse dinámica y fácilmente a una mayor carga de trabajo, sin afectar el rendimiento existente. La alta disponibilidad es la capacidad de proporcionar continuamente servicios de aplicaciones y permanecer accesible y disponible incluso si falla uno o más servidores, siempre y cuando no todos los servidores fallen al mismo tiempo.

El concepto de fail-over se define como la continuación de los servicios de la aplicación cuando uno o más componentes fallan. Se logra mediante la redundancia de hardware, donde las funciones del servidor principal son asumidos automáticamente por un servidor secundario cuando el servidor principal no está disponible debido a fallas o mantenimiento programado. Si ocurre una falla de hardware o software en un servidor, la función continúa y los servicios de la aplicación no se interrumpen para los usuarios finales.

En cuanto a la parte más técnica, la elección de los servidores en cuanto a la estructura del hardware también es importante. Existen los siguientes tipos:

- **Tower:** es el servidor menos potente y más económico. Se selecciona la cantidad de memoria, disco y procesador que se quiere instalar de antemano. Diseñado para uso en pequeños volúmenes de datos.
- **Rackable:** es aquel que se puede colocar dentro de un armario con rieles (rack). Estos servidores suelen ser delgados y potentes y fueron diseñados para funcionar largos períodos sin ser apagados. Es un servidor clásico, que puede utilizarse en cualquier organización. Como características se pueden destacar que requieren balanceo de cargas de trabajo, trabajan estrechamente con el concepto de redundancia, su costo es más elevado que los tipo tower.
- **Blade:** toman su nombre de la palabra ‘hoja’ en inglés, debido a su forma delgada.

Por último, es conveniente profundizar en el concepto de cluster, nombrado anteriormente, ya que es el tipo de arquitectura que brindará las características fundamentales

para asegurar que un sistema PACS cuente con las características fundamentales requeridas en cuanto al alto rendimiento, alta disponibilidad, equilibrio de carga y escalabilidad.

Un cluster es un grupo de múltiples servidores, unidos mediante una red de alta velocidad, de forma tal que el conjunto se ve como un servidor único, más potente (comparten memoria, procesador, discos). Debe contar con:

- **Nodos:** son los servidores en sí. Para los PACS son dedicados, es decir, su uso es exclusivo para la realización de tareas relacionadas con el sistema.
- **Espacio de almacenamiento:** consiste en una network attached storage (NAS) o storage area network (SAN) o de almacenamiento interno en el servidor. Generalmente, el protocolo más utilizado es el network file system (NFS), un sistema de ficheros compartido entre servidor y nodos.
- **Sistema operativo:** debe ser de entorno multiusuario. Un sistema operativo es un programa o conjunto de programas destinados a permitir una gestión eficaz y segura de los recursos de un dispositivo electrónico.
- **Conexiones de red:** las conexiones utilizadas en estos sistemas pueden ser muy variadas, aunque en la actualidad lo habitual es utilizar equipos que soporten protocolos fast ethernet, gigabit ethernet y ten gigabit ethernet.
- **Middleware:** (capa entre el usuario y el sistema operativo) es el software que actúa entre el sistema operativo y la capa de aplicaciones, que brinda al usuario la experiencia de estar utilizando una supercomputadora única. Optimiza el sistema y provee herramientas de mantenimiento para procesos pesados, como las migraciones, el balanceo de carga, la tolerancia a fallos, etcétera.
- **Protocolos de comunicación y servicio:** instrucciones, normativas o reglas que sirven para guiar el desarrollo de un proceso de intercambio de datos. Determina cómo circulan los mensajes dentro de una red.

- **Aplicaciones:** software que funciona como un conjunto de herramientas diseñadas para realizar tareas, actividades y trabajos en una computadora. En este caso, la aplicación es el sistema PACS.

Existe otra posibilidad en la actualidad, en la que se opta por dejar la administración de servidores a terceros, es decir, compañías especializadas se encargan de su funcionamiento, sin que estos estén físicamente en la organización, ya que, para una organización, la administración de estos equipos se vuelve difícil si no se tienen los recursos capacitados para poder llevarla a cabo. De esto se trata el concepto de cloud computing o computación en la nube. Mediante acuerdos firmados, que por lo general tratan sobre la seguridad de los datos (confiabilidad), la disponibilidad y la performance, una empresa tercerizada administra los recursos de la organización.

Unidades de almacenamiento

Las unidades de almacenamiento son un repositorio de discos rígidos que se conectan a la red y se vinculan a uno o varios servidores. La razón de ser de un storage depende del servidor al que esté conectado, ya que con ese dispositivo se accede a los datos de una unidad de almacenamiento. La función principal de estos dispositivos es el almacenamiento de la información.

Ahora bien, como se está tratando con información médica, el formato y los estándares utilizados para almacenar dicha información de manera digital han evolucionado a un ritmo veloz y son diferentes a otros tipos de información.

El hardware en la unidad de almacenamiento cambia constantemente, pero en general se utiliza como medio principal de almacenamiento de corto plazo a discos de estado sólido y de largo plazo el disco giratorio, aunque la cinta magnética y los discos ópticos se pueden utilizar como medios de almacenamiento de respaldo o para más largo plazo.

La unidad de almacenamiento utilizada para los PACS, se denomina "Storage", que es

diseñado e implementado para que los servidores accedan al mismo en búsqueda de datos. En particular, la instalación de un storage es similar a la de un servidor, se debe dimensionar según las necesidades de la institución, se deben ubicar en un datacenter y vincularlo al servidor mediante su IP. Un mismo storage puede estar asignado a varios servidores y varios storages pueden estar asignados a un servidor. A continuación se describen las estrategias más utilizadas en cuanto a métodos de conexión de una red de almacenamiento, y su posible interconexión en forma de grilla, en la Figura 4:

- **DAS:** (Arquitectura de almacenamiento de conexión directa), consiste en conectar una unidad de almacenamiento directamente a una estación de trabajo, para crear una capacidad extra de guardado, de forma directa. Un ejemplo es conectar un disco rígido a una computadora. No se utiliza para guardar grandes volúmenes de datos, o información crítica médica para una institución, ya que no es seguro.
- **NAS:** (Arquitectura de almacenamiento conectada en red), es la denominación dada a una tecnología de resguardo de información dedicada a compartir la capacidad de almacenamiento de un servidor o storage con otros dispositivos pertenecientes a la misma red, haciendo uso de un sistema operativo que interactúa con protocolos (por ejemplo, el file transfer protocol (FTP)). Es muy útil para proporcionar almacenamiento centralizado a computadoras o estaciones de trabajo que necesitan consumir gran cantidad de datos, mayormente, archivos multimedia. Se pueden utilizar varios equipos NAS combinados para realizar copias de seguridad de archivos o que puedan consultar datos dentro de este medio de almacenamiento.
- **SAN:** (Arquitectura de red de área de almacenamiento), es utilizada por la mayoría de las organizaciones. Esta red integral respeta los atributos de disponibilidad, performance, seguridad y su arquitectura se basa en los siguientes elementos: una red de alta velocidad de canal de fibra óptica como medio de conexión para la transmisión de datos, un canal de interconexión y red dedicada, exclusiva de la institución

para que sólo los servidores autorizados puedan acceder para buscar información y, por último, elementos de almacenamiento (storages sofisticados, redundantes y con alta performance). En la red de área local (LAN), interactúan las PC de la organización, que están separadas de la red de almacenamiento SAN, cuyo único vínculo es el servidor. Éste es el dispositivo que filtra las peticiones de las PC a la hora de extraer datos de la SAN. Se puede observar esta interacción en la Figura 5.

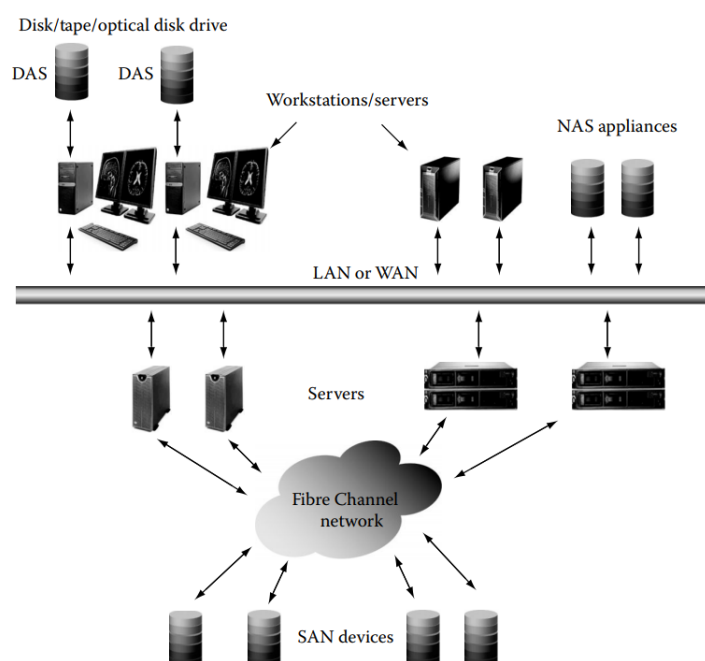


Figura 4: DAS, SAN y NAS: interconexión en grilla. *Obtenido de [1].*

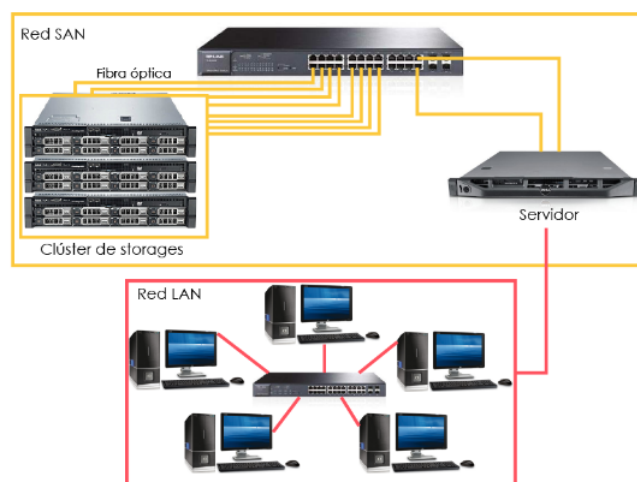


Figura 5: Arquitectura red SAN e interacción con LAN. *Obtenido de [1]*

Por otra parte, existen distintas estrategias para salvaguardar la información almacenada, más aún en la industria de la salud, donde es de suma importancia la alta disponibilidad de la información y, para asegurarla, se utilizan técnicas diferentes en el almacenamiento de datos en discos rígidos. Es por esto, que existen distintos niveles RAID para lograrlo. Un nivel RAID es un tipo de organización de un conjunto de discos, que significa, conjunto redundante de discos independientes. Con esta estrategia, se quieren lograr ciertas ventajas en cuanto a la integridad, el rendimiento, la tolerancia a fallas y la capacidad que pueden ofrecer.

Uno de los más difundidos, es el nivel RAID 1, que funciona como un espejo entre discos. Los grupos de discos son números pares y el número mínimo de discos para utilizar un RAID 1 son dos. En este caso, todo lo que se escribe, modifica o borra en un disco es igualmente escrito, modificado o borrado en el otro. Es ideal para llevar un resguardo de información o copia de seguridad entre discos. Al romperse o dañarse un disco, sólo se quita ese disco se añade uno nuevo, dado que el mismo RAID realiza el proceso de reconstrucción de acuerdo con el disco que encuentra activo. Tiene una desventaja, ya que se pierde el 50 % de la capacidad de almacenamiento. Sin embargo, existe el nivel RAID 5,

que hoy en día es el más utilizado, ya que brinda redundancia y seguridad. Permite emplear el 80 % de la capacidad de un conjunto de discos y se necesitan, como mínimo, tres discos para formarlo. Si uno falla, el servidor sigue funcionando hasta que se cambia. Los sectores se graban de manera distribuida, mezclándose con sectores de paridad utilizados para el control. Si un disco falla, sus datos se copian a los otros discos, sin que el servidor deje de funcionar.

Por último, una buena práctica para asegurar un buen funcionamiento del storage es implementar un “tier storage” o almacenamiento por niveles. Es decir, crear tiers de discos, donde el nivel 1 de tier se arma con conjuntos de estado sólido (datos que se utilizan de forma constante), tier 2 se compone de discos rápidos que no llegan a ser de estado sólido, que guardan imágenes donde no se accede constantemente, pero cuando se necesita, se accede rápidamente. Por último, tier 3, se compone de discos lentos de gran capacidad, donde se almacena la información histórica que no se accede constantemente. De esta forma, en un cluster de storage se cuentan con tres niveles de almacenamiento y se utiliza de mejor manera los recursos disponibles, buscando la optimización para mejorar el rendimiento, capacidad y costos del storage.

Redes de comunicación y seguridad

Una red puede definirse como grupos de enlaces de transmisión y comunicación a los equipos asociados que permiten el intercambio de información entre los usuarios conectados por estos enlaces. Su aplicación en los PACS ha mejorado significativamente la radiología. Para los profesionales de la salud, la conectividad nunca ha sido tan importante como ahora, y esta conectividad depende de la calidad de las redes informáticas de los hospitales. Además, estas redes deben ofrecer un servicio de comunicación de alta disponibilidad, ya que la comunicación de la información es el principal cuello de botella que debe superar cualquier sistema informático, debido a que los datos deben estar disponibles, ser íntegros, seguros y confidenciales.

Dichas redes pueden clasificarse según su área de cobertura, es decir según el alcance, y son redes de área local (LAN), que es interna a una organización, de área metropolitana (MAN) y de red amplia (WAN).

Las consideraciones más importantes a tener en cuenta a la hora de diseñar una red son: estándares, escalabilidad, fiabilidad, seguridad, performance y costo.

Las redes LAN y WAN utilizan fibra óptica, porque tiene muchas ventajas con respecto a la transmisión eléctrica clásica. Principalmente porque la luz se propaga a través de la fibra óptica con una baja atenuación de la señal, pocas interferencias y una gran capacidad de red. La construcción de una infraestructura de sistemas de comunicación óptica es relativamente compleja y costosa; sin embargo, su uso está aumentando debido a la continua caída de los costes y el aumento de la capacidad de la red.

Otro punto importante para remarcar en esta sección es la seguridad de la red, ya que se están transmitiendo imágenes e información médica de pacientes. Existen varias medidas de seguridad para diferentes propósitos, como la autenticación e integridad de los datos.

Cuando los ordenadores de la red interna de una Institución Sanitaria se conectan a redes externas como Internet, siempre hay un reto en términos de mantener la seguridad para que la red interna para que no sea atacada por intrusos externos y, al mismo tiempo, satisfacer la necesidad de acceder a las redes exteriores. En teoría, siempre que la red de la Institución esté conectada a Internet, los intrusos externos pueden entrar, causando daños a la red, los ordenadores y los datos de la Institución, incluida la información confidencial de los pacientes. Para resolver este problema, se construyen firewalls (cortafuegos) de red informática, como se muestra en la Figura 6, para permitir que los ordenadores situados en la intranet de la institución accedan a las redes externas, pero impidiendo que las personas ajenas no autorizadas lleguen a la intranet de la institución sanitaria. Entonces, un firewall es un mecanismo que aplica una política de seguridad de red, separando la red interna segura (intranet) de una institución de una red no segura, como Internet. Es

simplemente un dispositivo y un software que restringe la comunicación y ayuda a mejorar la seguridad. Existen desventajas al instalar un firewall, una de ellas es que una empresa proveedora de equipamiento médico no puede realizar un diagnóstico remoto del equipo, ya que no puede entrar a la red del Hospital y esto puede derivar en demoras en la solución de los problemas con los equipos médicos.

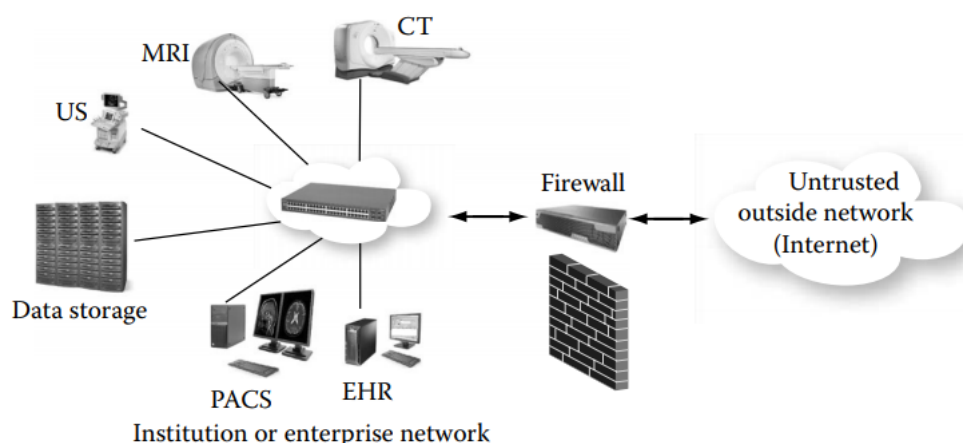


Figura 6: Funcionamiento de un firewall en una institución sanitaria. *Obtenido de [1]*

Por otra parte, una VPN es una red de comunicación tunelizada a través de otra red, y puede estar dedicada para una red específica, como una LAN o una WAN. La aplicación de VPN más utilizada hace que la Internet forme parte de una red segura, como se ilustra en la Figura 7. Para usuarios como las instituciones sanitarias, una VPN puede intercambiar de forma segura información sanitaria confidencial a través de Internet, conectando clínicas remotas, médicos y profesionales sanitarios en una red empresarial sanitaria ampliada. Por ejemplo, una estación de trabajo de teleradiología o telemedicina situada fuera de las instalaciones del hospital puede utilizar Internet para conectarse a los servidores de telemedicina del hospital a través de una VPN e intercambiar datos de PACS y HCE. Además, en muchos lugares del mundo el acceso a Internet puede ser la única opción para acceder a otras redes informáticas. La ventaja de la VPN no es su alto rendimiento, sino la comodidad de permitir que una estación de trabajo remota de PACS/HCE se conecte a un

servidor utilizando una infraestructura de red de Internet. Sin embargo, se debe prestar atención a la seguridad de la VPN, y no se debe sacrificar la seguridad por la comodidad.

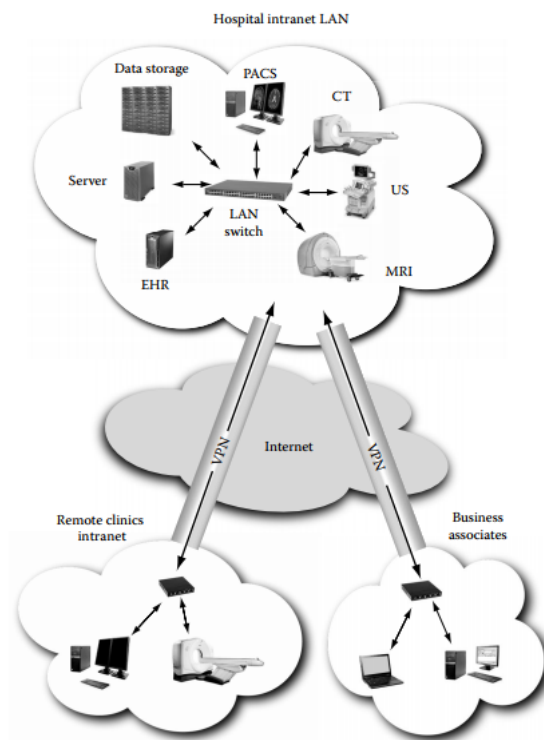


Figura 7: Funcionamiento de una VPN para asegurar la intranet frente a internet. *Obtenido de [1]*

Estación de trabajo de diagnóstico

En un PACS, el dispositivo con el que interactúan los médicos es la estación de trabajo que permite la visualización, revisión y procesamiento de imágenes.

A simple vista, parece una computadora corriente, con monitor e interfaces para interacción, como mouse, teclado. Sin embargo, las computadoras son potentes, con tarjetas gráficas, software especializado (aplicaciones), que permite la visualización y procesamiento de las imágenes médicas y conexión con redes específicas a los datacenters, donde se comunican con los servidores y storages explicados anteriormente. Además, las necesidades de la imagen médica suelen requerir un software de visualización especial, con

monitores de alta resolución y controladores de pantalla de alto rendimiento, denominados monitores de grado médico. De hecho, según la especialidad de la imagen a visualizar, se necesitan distintos tipos, una mamografía necesita mayor grado que una radiografía.

Una estación de trabajo de diagnóstico contiene:

- Computadora con sus periféricos.
- Dispositivos de guardado de información, como discos rígidos.
- Dispositivos de comunicación y red.
- Tarjeta controladora de gráficos o tarjeta gráfica.
- Monitor de grado médico, según la modalidad a diagnosticar, se recomiendan resoluciones diferentes para el monitor, especificadas en la Tabla 4.

Modalidad	Orientación	Resolución
Ultrasonido	Panorámica	1.2 MP
TAC/RMN	Panorámica	1.2 - 2 MP
Angiografía	Panorámica	2 MP
Radiología	Vertical	1.5 a 2 MP
Mamografía	Vertical/ Panorámica	3 a 5 MP

Tabla 4: Resolución y orientación del monitor de grado médico según modalidad. *Desarrollado a partir de [4]*

Existe una gran variedad de programas PACS disponibles para mostrar y visualizar datos de imágenes médicas en estaciones de trabajo para todos los sistemas operativos. Algunos tienen más características y funcionalidades que otros, pero todos los programas pueden enviar o recuperar imágenes a través de protocolos DICOM red a otras

estaciones de trabajo o servidores. Los estándares DICOM establecidos por NEMA y ACR han aportado un enorme progreso en la interoperabilidad de los PACS y su realización en el mercado, tema tratado en la sección 4.4.4.

En cuanto a las herramientas mínimas aceptables para un software de PACS, se encuentran:

- Conexión en red, archivo, consulta, recuperación y otras funciones de configuración y conectividad DICOM.
- Directorio de pacientes, búsqueda y filtrado inteligente.
- Configuración de pantalla de visualización, personalización del protocolo de intercambio de imágenes.
- Zoom continuo, paneo y desplazamiento.
- Modificación del histograma.
- Inversión de imagen.
- Medición de distancias de ROI (región de interés)
- Visualización de bule tipo película.
- Herramientas avanzadas de procesamiento de imágenes, como las herramientas de procesamiento 3D, como por ejemplo, renderización de superficies, proyección de máxima intensidad, entre otros.
- Herramientas de interfaz con otros sistemas de información sanitaria como RIS, HIS, HCE.

Es importante aclarar que existen otras estaciones de trabajo, como de visualización, que son computadoras que se encuentran en otros Servicios externos a DxI, como por

ejemplo quirófano, donde se pueden visualizar las imágenes médicas, pero no tienen el poder de cómputo de las estaciones de diagnóstico. Por otra parte, existen, también, las estaciones administrativas, que se utilizan para admitir a los pacientes, brindar turnos, entre otros.

4.4.3. RIS

El RIS está diseñado para apoyar tanto al funcionamiento administrativo como clínico del Servicio de DxI, donde sus objetivos principales son reducir los tiempos administrativos generales y mejorar la calidad del servicio. Por lo tanto, el RIS gestiona la información general de los pacientes, desde la agenda del turno del estudio hasta la realización del examen y la elaboración del informe médico. La configuración del RIS es similar a la del HIS, pero a menor escala, ya que involucra sólo al Servicio de DxI.

El RIS gestiona diferentes tipos de información relacionada con el paciente y el estudio. La información relacionada con el paciente incluye información clínica, administrativa, demográfica del paciente (como nombre, apellido, DNI, edad, etc.) y de facturación. En cambio, la información relacionada con los estudios incluye descripciones y programación de los mismos, informes médicos, documentación de la llegada del paciente, consentimientos informados, programación de salas de estudios, gestión de flujo de trabajo, entre otros. Cuando se integra con el PACS, incluye los datos PACS relacionados con el paciente e influye directamente en el flujo de trabajo. Por otra parte, se puede inferir que el RIS va a ser fundamental a la hora de hablar de flujo de trabajo, ya que es el que vincula y gestiona la parte administrativa, técnica y clínica del Servicio de DxI. Lograr tener un flujo de trabajo eficiente y optimizado en un Servicio de DxI es fundamental, ya que disminuye los tiempos de atención al paciente y mejora la ejecución de las tareas del Personal de Salud. El RIS es una pieza importante en este punto, ya que un PACS por sí solo no es suficiente para optimizar el flujo de trabajo.

El RIS interactúa con PACS gracias al estándar HL7 sobre un modelo cliente-servidor utilizando un mecanismo de activación. Los eventos como la programación de estudios, las llegadas de los pacientes y los horarios de inicio y finalización del estudio activan el RIS para enviar información previamente seleccionada (como por ejemplo datos demográficos del paciente, descripción del estudio, entre otros) asociados con el evento al PACS en tiempo real. Se puede ver aquí la importancia de las bases de datos, una buena ejecución de las tareas, con la velocidad pertinente del hardware, entre otras observaciones. [23]

Además, se pueden obtener estadísticas, datos, tableros de control, donde se resume la ejecución de las tareas y la performance del Servicio. Todos esos datos se traducen en información útil para analizar eficiencia y áreas de mejora.

4.4.4. Estandarización e interoperabilidad

La interoperabilidad sanitaria proporciona información cuándo y dónde se necesita. Todos los actores saldrán beneficiados si se toman decisiones más seguras y fundamentadas y se reducen las duplicidades, los retrasos, y los errores, lo cual es el eje de la interoperabilidad.

Sin embargo, no existe interoperabilidad sanitaria sin hablar de los principales estándares utilizados y de la terminología clínica. Es por esto, que es importante explicar SNOMED CT para la terminología clínica, estándares como HL7 y FHIR como nuevo estándar de interoperabilidad sanitaria y, por supuesto, como se está tratando con imágenes médicas, el formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). [24]

La realidad es que la interoperabilidad es absolutamente compleja y puede considerarse en capas: tecnológica, de datos, humana e institucional, que implican distintos tipos de interoperabilidad, técnica, semántica, de procesos y clínica. Las normas son necesarias para controlar los enlaces para unir los sistemas, pero suelen requerir la traducción hacia y desde un lenguaje de intercambio.

DICOM

DICOM es una norma internacional para imágenes médicas e información relacionada con las mismas. DICOM cumple con los estándares de la norma internacional ISO 12052:2006, donde define el formato, información e intercambio de imágenes médicas de calidad necesaria para uso clínico. Este estándar es utilizado por los equipos médicos, además, existen varias bibliotecas API disponibles de diferentes proveedores que prometen la integración de DICOM. Entonces, DICOM es el formato universal para el almacenamiento y la transferencia de imágenes, es el motor por el cual los PACS funcionan y son útiles. [25]

Un archivo DICOM contiene dos partes fundamentales, una cabecera o header y el data set. En la cabecera se almacena la información sobre el paciente (nombre, fecha de nacimiento, sexo, etc.), la modalidad de imagen, dimensión, entre otros y, en el dataset, la imagen propiamente dicha.

SNOMED CT

A diferencia de la mayoría de las ciencias, la terminología médica no tiene una estructura prefijada. Esto crea problemas importantes para la interoperabilidad semántica, en la que los términos deben utilizarse de forma precisa e inequívoca. Para esto, se creó SNOMED CT. Es ampliamente utilizados en SIS clínicos como HCE, donde es especialmente útil en lo que respecta a Soporte para la Toma de Decisiones médicas.

HL7

HL7 crea estándares para el intercambio, la gestión y la integración de la información sanitaria electrónica con fines clínicos y administrativos. HL7 no desarrolla programas informáticos, sino que se limita a proporcionar a las organizaciones sanitarias especificaciones para que sus sistemas sean interoperables. Desarrolla normas coherentes y extensibles

mediante una metodología formal. El nombre de Health Level 7 procede del séptimo nivel del modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI) de la ISO. El modelo OSI tiene siete capas, las tres superiores se ocupan de las aplicaciones (interworking) y las cuatro capas inferiores se ocupan de la transmisión de datos (interconexión).

FHIR

FHIR se desarrolló tras la experiencia de implementación de los otros estándares de HL7, y se construyó para copiar la web. FHIR está organizado en torno al concepto de “Recursos” y define muchos tipos de recursos que describen el espacio sanitario. Todos los recursos tienen referencias a otros recursos, extensiones, y una visualización HTML legible para el ser humano. FHIR tiene una licencia abierta, un foco en la implementación y un proceso de madurez formal vinculado a los resultados de la implementación.

Por último, resulta interesante evaluar los estándares utilizados en el Servicio de DxI, y su interacción bidireccional. A grandes rasgos, como se explicó anteriormente, todo archivo que contenga imágenes deberá utilizar el estándar DICOM y todo archivo que sea de datos, texto, utilizará HL7. De esta forma, de una manera resumida y sólo para ejemplificar, la interacción de los sistemas en DxI será la de la Figura 8.

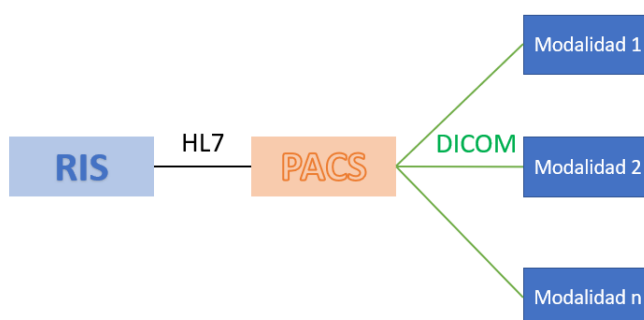


Figura 8: Interacción estándares de interoperabilidad entre RIS, PACS y modalidades.

Con esto se concluye el Marco Teórico con los conocimientos claves que se consideraron necesarios para la comprensión de la presente Proyecto Final de Carrera. En el siguiente capítulo, se desarrolla el trabajo realizado, en el que se seleccionaron y relevaron cuatro Hospitales nivel III de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires para la creación de una propuesta de proyecto de implementación de PACS y RIS en cada uno de ellos, según sus necesidades actuales.

Capítulo 5

Relevamiento de campo

Se realizó un análisis de estado de los cuatro Hospitales elegidos. Para ello se visitó y relevó información de los mismos mediante el método de encuesta y entrevista a diferentes referentes durante el período Enero-Febrero de 2022.

Para estandarizar las preguntas hacia los diferentes actores involucrados, tanto en DxI como en Informática de los Hospitales, se construyó una encuesta que se puede visualizar en el Apéndice B, *Relevamiento de información del Hospital*. Algunos de los puntos relevados fueron:

- Equipamiento médico.
- Modalidades de imágenes ofrecidas.
- Infraestructura de IT.
- Flujo de trabajo actual.
- Cantidad de imágenes obtenidas por año por modalidad.

Las diferentes personas entrevistadas en cada Hospital fueron las siguientes:

- **Hospital Fernández:** Dra. Alejandra Della Sala, Jefa de Servicio de DxI y Lic. Roberto Peikert, responsable de Informática.

- **Hospital Santojanni:** Dra. Norma Barillari, Jefa de Servicio de DxI y al responsable de Informática.
- **Hospital Gutiérrez:** Dr. Hugo Cozzani, Jefe de División Médica de DxI y Lic. Martín Infesta, Jefe de Dirección Técnica de DxI.
- **Hospital Argerich:** Dr. Kozima Shigeru, Jefe de Servicio de DxI.

Se consultó también acerca de los objetivos que tenían los Jefes de Servicio de DxI, ya sea a nivel de crecimiento del servicio, de modalidades que se quieren sumar o de flujos de trabajo ideales. También se consultó a nivel técnico relacionado a la infraestructura, datacenters, etc. al personal de Informática.

Es importante aclarar en este punto, que las imágenes médicas pueden presentar diversos formatos y provenir de diferentes servicios. Entonces, a la hora de relevar la información, toma especial importancia porque abarca muchos formatos de imagen, provenientes de diferentes servicios dentro de un Hospital, como puede ser una angiografía proveniente de cardiología, o una fotografía tomada con un smartphone en el servicio de dermatología. Es por esto, que en este proyecto se va utilizar imagen médica como sinónimo de imagen DICOM obtenida dentro del Servicio de DxI.

Se tomó dicha decisión por dos razones principales. La primera, porque todas esas imágenes pueden ser gestionadas por los sistemas PACS y RIS gracias a la interoperabilidad de los estándares y, la segunda, porque al haber realizado las entrevistas a Profesionales de la Salud dentro del Servicio de DxI, no siempre gestionaban los equipos médicos que se encontraban fuera del mismo. Esto sucede con un ecógrafo en obstetricia, o con un arco en C en quirófano. Por lo tanto, no se pudieron obtener datos certeros y precisos de dichas modalidades obtenidas fuera del Servicio entrevistado. Sin embargo, toda información de imágenes médicas fuera de ese marco que se haya podido conseguir, se ha relevado y mostrado en los resultados. Sería importante lograr profundizar en esos puntos para una próxima etapa de digitalización, tema tratado en el Capítulo 8, *Proyecciones a futuro*.

A continuación, se exponen los resultados obtenidos del relevamiento de campo en los cuatro Hospitales en Tablas de las Figuras 9, 10 y 11. Existen ciertos datos que no pudieron ser obtenidos, por lo explicado anteriormente (S/D: sin datos) o que no se obtuvieron con claridad, o con cantidades específicas, que figuran como “Sí” en las Tablas.

5.1. Relevamiento equipamiento médico

En la Figura 9, se puede visualizar una tabla con los resultados del relevamiento en cuanto a equipamiento médico. En cada fila se tienen las cantidades y algunas características del equipamiento y, en las columnas, los cuatro Hospitales visitados.

	Fernández	Santojanni	Argerich	Gutiérrez
Rayos X DR	4	0	2	3
	Híbridos 3 en DXI y 1 en guardia	-	Híbridos No operativos	Nativos
Rayos X analógicos	0	3	0	0
	-	CR	-	-
Escáner CR	0	2	0	1
	-	Propio: 1 Comodato: 1	-	Obsoleto
Rayos X rodantes	7	Sí	Sí	2
	Análogos Propios: 5 Alquilados: 2	S/D	S/D	DR Propios
Seriógrafo	1	1	1	1
	DR	S/D	CR	CR
TAC	1	1	1	1
	Propio - 16 cortes	Propio	Propio	Tercerizado
RMN	1	0	0	1
	Tercerizado -3T	-	-	Tercerizado
Ultrasonido	3	Sí	Sí	2
	2 en Dxl y 1 en guardia Licencia DICOM habilitada	S/D de cantidades Licencia DICOM habilitada	S/D de cantidades Licencia DICOM habilitada	2 en Dxl Licencia DICOM habilitada
Mamografía	0	2	1	0
	-	Híbrido: 1 CR: 1	CR	-
Angiografía	1	2	1	1
Cámara gamma	1	S/D	1	2
Torre de endoscopia	1	Sí	Sí	Sí
	Licencia DICOM habilitada	S/D	S/D	S/D
Impresora húmeda	Sí	S/D	2	0
Impresora seca	Sí	4	2	Sí

Figura 9: Resultado relevamiento en cuanto a equipamiento médico.

A continuación, se realizan observaciones destacables acerca de algunos de los ítems de la tabla anterior.

■ **Rayos X DR:**

Los equipos de RX híbridos del Hospital Fernández y Argerich tienen diez años de antigüedad. Como son híbridos, dependen de las baterías del FP, que tienen una vida útil fija y acotada e implican un costo para su renovación. Además, dependen de dos empresas diferentes de mantenimiento para un mismo equipo: del sistema de digitalización (Carestream) y del equipo de rayos en sí (Pimax), lo que trae consigo mayores tiempos de respuesta ante alguna falla del equipo. Si se lograra que la empresa proveedora del sistema DR sea la misma que la de los equipos, se lograría unificar mantenimientos y proveedores, agilizando los procesos.

Por otra parte, los equipos de RX del Gutiérrez datan del 2020, por lo que son equipos que se encuentran en buen estado dado que son relativamente nuevos.

■ **Rayos X rodantes:**

Los rayos X rodantes se utilizan en diversos servicios del Hospital: neonatología, UTI, UCO, guardia, entre otros.

■ **RMN:**

En el Hospital Fernández, el resonador se encuentra tercerizado, por lo tanto, el Hospital no se hace cargo de su funcionamiento ni mantenimiento. La empresa que lo gestiona tiene un PACS propio de la firma Carestream para guardar las imágenes de RMN, con su visualizador web para que los médicos puedan acceder en cualquier sector del Hospital a las imágenes.

■ **Angiografía:**

El Servicio de cardiología de los cuatro hospitales graba las imágenes en CDs y DVDs,

y los almacena físicamente en el Servicio. En el Hospital Argerich se sugirió la adquisición de los equipos de impresión robótica de CDs y DVDs para agilizar los tiempos de gestión de la tarea. Por otra parte, en el Hospital Fernández han explicado que la empresa de mantenimiento del angiógrafo no puede realizar evaluaciones remotas del equipo, ya que no pueden acceder a la red del Hospital, por cuestiones de seguridad informática.

■ **Mamografía:**

En este caso, el mamógrafo del Hospital Santojanni es híbrido, pero tiene una sola empresa para la digitalización y mantenimiento del equipo. En el Hospital Fernández, el Servicio de DxI tiene como objetivo volver a contar con la modalidad de mamografía. En su momento, tenían dos mamógrafos, pero hoy en día, no tienen ninguno porque los mismos llegaron al período de obsolescencia, sin posibilidad de contar con mantenimientos correctivos.

5.2. Relevamiento Digitalización

En la Figura 10, se puede visualizar una tabla con los resultados del relevamiento en cuanto a digitalización, tanto de hardware y software como de infraestructura.

	Fernández	Santojanni	Argerich	Gutiérrez
Workstation de diagnóstico	2	1	3	1
	TAC: 1 - obsoleta RX: 1 - no operativa	TAC: 1 - obsoleta	TAC: 1 - del PACS RX: 1 Seriografo: 1 - del PACS	RX
Workstation de visualización	4	2	2	3
	1 para cada DR	Mamografía: 1 RX: 1	1 para cada DR	1 para cada DR
Workstation administrativa	2	0	3	2
	TAC: 1 RX: 1	Agenda en papel	TAC: 1 RX - US: 2	RX
Estado general de computadoras	Antiguas	Obsoletas y faltantes	Operativas	Operativas
Cantidad de médicos por turno	S/D	S/D	S/D	S/D
PACS	0	0	Sí	Sí
	-	-	Proveedor: NETMED Para TAC y Seriografo	Proveedor: NETMED Para DR fijos
RIS	0	0	0	0
Datacenter	Sí	Sí	Sí	Sí
	Sin refrigeración	Sin refrigeración	Sin refrigeración	Sin refrigeración
Cableado fibra óptica	Sí	Sí	Sí	Sí
	Doble - todo el Hospital menos QX	Doble - todo el Hospital	Doble - todo el Hospital	Doble - todo el Hospital
IT - Conocimiento de PACS y RIS	Sí	Sí	Sí	Sí
	2 personas	2 personas	S/D	S/D

Figura 10: Resultado relevamiento en cuanto a digitalización.

A continuación, se realizan observaciones destacables acerca de algunos de los items de la tabla anterior.

■ Workstation de diagnóstico:

Tanto el Hospital Fernández como Santojanni presentan el mismo inconveniente con la workstation de diagnóstico de tomografía, ya que está en un período de obsolescencia (diez años de antigüedad). Además, al no contar con un repositorio de imágenes, las mismas son almacenadas en la misma workstation y eso se traduce en procesos lentos, e intermitencia de operación de la computadora. Como es única, cuando no está operativa, no se puede diagnosticar con las herramientas necesarias, ya que se

debe hacer el informe con la placa radiográfica, perdiendo información valiosa para el diagnóstico.

■ **Estado general de las computadoras:**

En los cuatro hospitales fue un ítem de relevancia el estado general de las computadoras. Para el Argerich y Gutiérrez, se tienen computadoras operativas, aunque los Jefes de Servicio sugerían adquirir nuevas y mayor cantidad. Sin embargo, para el Fernández y Santojanni es imperiosa la adquisición de las mismas. En particular, el Fernández tiene computadoras antiguas, entrando en el período de obsolescencia y el Santojanni no tiene. De hecho, la agenda es en papel en este último por carecer de las mismas.

■ **PACS:**

Los Hospitales Gutiérrez y Argerich tienen PACS instalados en su Servicio de DxI de la firma NETMED. En la actualidad, ese tipo de PACS no permite tener instalados todo el parque tecnológico digital por lo que algunos equipos médicos quedan fuera del mismo. Esto es así porque se debe actualizar la licencia del sistema cada vez que se quiera agregar un equipo nuevo, entonces se encarece el servicio y cada Hospital decidió dejarlo como fue adquirido, con los DR únicamente y con TAC y seriógrafo para el Gutiérrez y Argerich, respectivamente. En la actualidad, toda imagen médica que provenga de una modalidad que no está conectada al PACS, se imprime en ambos Hospitales. El punto positivo que tiene el Htal. Argerich es que al haber conectado el tomógrafo al PACS, no tiene más el inconveniente de la workstation de diagnóstico obsoleta como lo tienen los Hospitales Santojanni y Fernández, porque pueden utilizar las herramientas del PACS y la computadora del PACS.

El Hospital Santojanni, en cambio, no cuenta con ningún tipo de PACS, se imprimen todas las imágenes y se diagnostica de esa manera, a pesar que se tienen equipos

digitales.

Por último, en el Hospital Fernández sucede lo mismo que en el Gutiérrez, al no contar con PACS, todas las imágenes médicas se imprimen. Sin embargo, el equipo de informática encontró una solución provisoria para la distribución de las imágenes, pero no para el almacenamiento. Han instalado un mini-PACS de software libre (gratuito) llamado *K-PACS*. Éste se utiliza para visualizar, y hasta descargar, las imágenes DICOM provenientes del tomógrafo en cualquier computadora del Hospital, en particular en guardia, traumatología, aula magna, neurología, gastroenterología y cirugía. Cabe aclarar que este software no está pensado para fines diagnósticos, sólo para entrenamiento o testeo del flujo de funcionamiento de información de los servicios [26]. La distribución de las imágenes parecería saldado, sin embargo el inconveniente del almacenamiento sigue persistiendo, ya que con este sistema las imágenes se guardan en cada una de las computadoras donde se descargan, que presentan memoria de máximo 1T, entonces se deben borrar regularmente por Informática para asegurar el funcionamiento de las mismas.

■ IT - Conocimiento PACS y RIS

El Hospital Fernández y Santojanni cuentan con personal en informática que tienen conocimiento de dichos sistemas y que mismo han sugerido la incorporación de estas tecnologías a los Servicios de DxI. Por otra parte, en el Argerich y Gutiérrez, no se pudo entrevistar al Servicio de Informática, pero podría inferirse que tienen conocimiento ya que ambos Hospitales actualmente cuentan con tecnología PACS.

5.3. Relevamiento estudios por año

Este punto fue complejo de relevar por la falta de normalización de los datos entre Hospitales y la temporalidad de los datos. Sin embargo, se pudieron saldar dichas limitaciones

realizando estimaciones, que se encuentran descriptas a continuación.

1. **Los datos no se encuentran normalizados entre los Hospitales:** Algunos Servicios de DxI llevan cuenta de los estudios realizados y otros de las imágenes realizadas. Por ejemplo, para una RX de tórax, se puede contar 2 imágenes (frente y perfil) o 1 estudio que tiene dos imágenes. Es por esto, que al consultar estos datos con los médicos, brindaron los totales como estudios realizados por modalidad y no como imágenes.
2. **Los datos fueron brindados en un mes:** El total de estudios realizados fue obtenido en un mes, en particular, de Enero 2022 a Febrero 2022. Pero al necesitar el dato anual, se decidió extrapolar ponderando de forma anual, los estudios realizados por modalidad, como se puede observar en la siguiente fórmula:

$$EstudiosEstimados_{anual} = Estudios_{mensual} * 12$$

3. **Variable estacional:** El número de estudios varía según la estación del año y hasta podría considerarse que en el momento que fueron obtenidos los datos, entraba en la ecuación la situación COVID-19.

A partir de las aclaraciones antes realizadas, se obtuvieron los siguientes datos proyectados para la cantidad de estudios realizados por año por modalidad por Hospital:

# estudios x año	Fernández	Santojanni	Argerich	Gutiérrez
Rayos X fijos	79.200	30.000	96.000	60.000
Seriografía	600	300	600	1.680
TAC	19.200	14.400	14.400	Tercerizado
Ultrasonido	52.800	15.000	10.800	24.000
Mamografía	0	3600	3600	0
Angiografía	1.440	S/D	S/D	S/D
Cámara gamma	600	S/D	500	500
Endoscopia	1.200	S/D	S/D	S/D
TOTAL	155.040	63.300	125.900	86.180

Figura 11: Resultado relevamiento en cuanto a cantidad de estudios estimados realizados por modalidad por Hospital por año.

Cabe destacar que a pesar de las limitaciones antes mencionadas, se pudieron obtener números representativos del volumen de estudios que se realizan por año por modalidad, dato crucial para este trabajo.

5.4. Flujo de trabajo

El flujo de trabajo de los Hospitales puede ser analizado desde el punto de vista del camino del paciente o de los procesos internos de la Institución. Como todos los datos son cruciales para poder analizar y mejorar los procesos en este punto, se decidió relevar todos los pasos que se necesitan para que el paciente obtenga su imagen médica con informe, desde la solicitud del turno.

Cada Hospital presenta diferentes flujos de trabajo, por las diferencias en gestión, herramientas de digitalización de la información, entre otros, pero se puede generalizar el proceso como se indica en la Figura 12.

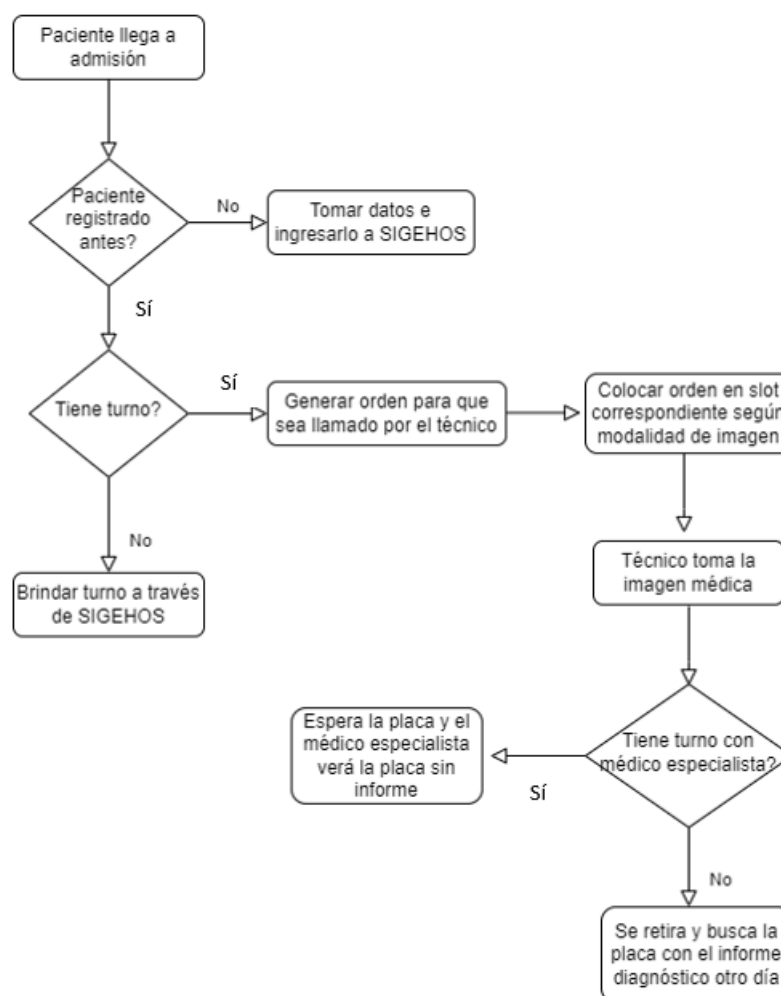


Figura 12: Diagrama de flujo actual

Existen dos diferencias para los Hospitales que pueden aclararse en este punto acerca del flujo de trabajo. En primer lugar, en el Hospital Santojanni, existe una carencia de computadoras para la admisión, por ende la toma de turno y admisión se realiza en papel y no por SIGEHOS. Y, en segundo lugar, el uso del PACS, en los Hospitales Argerich y Gutiérrez, donde en lugar de que el paciente espere la placa, directamente se envía internamente a las computadoras del especialista, de atenderse en el mismo Hospital con el especialista. Sino, también esperará la placa con el informe y será retirado otro día cuando esté listo.

Un paciente, en general, deberá apersonarse al Hospital en cuatro ocasiones:

1. Sacar el turno.
2. Realizarse el estudio.
3. Buscar la placa con el informe.
4. Atenderse con el médico especialista.

Capítulo 6

Desarrollo de la Propuesta

Se realizó una propuesta de implementación de PACS y RIS en los cuatro Hospitales en cuestión en base al relevamiento de campo realizado en el Capítulo 5: *'Relevamiento de Campo'* y al estado del arte de las tecnologías descripto en el Capítulo 4: *'Marco Teórico'*.

Se analizó el parque tecnológico instalado en los Hospitales y se sugirieron ciertas adquisiciones y reemplazos según las necesidades relevadas, para asegurar el buen desempeño de los sistemas PACS y RIS en los Servicios de DxI de cada Hospital. A su vez, se eligieron las características que deben tenerse en cuenta a la hora de elegir dichos sistemas informáticos tanto de software como de hardware y, por último, se analizó el nuevo flujo de trabajo para los Servicios con los Sistemas funcionando.

6.1. PACS y RIS

La elección de las especificaciones técnicas de los sistemas PACS y RIS fueron derivadas de las necesidades relevadas de los Hospitales y del Estado del Arte de las Tecnologías. Si bien existen diversas arquitecturas para el hardware, software diversos, entre otras características, en esta propuesta se sugieren las especificaciones necesarias para que funcionen de manera correcta, asegurando alta disponibilidad, seguridad del hardware y datos, cum-

pliando con las reglamentaciones.

6.1.1. Especificaciones técnicas de hardware

En esta subsección se describen las especificaciones técnicas requeridas para el hardware de los sistemas PACS y RIS. En particular, se detallarán las especificaciones técnicas del datacenter y de las estaciones de trabajo.

Datacenter:

Se eligió que el datacenter de cada Institución tenga una disponibilidad de Tier 2, lo que significa que la disponibilidad sea superior al 97 %, asegurando que se adquiriera equipamiento redundante, tal como lo expuesto en la Tabla 3. Teniendo ese objetivo en mente, se proponen las siguientes características:

■ **Servidor:**

Se elige de tipo **cluster**, donde cada servidor tenga una tarea específica, ya que en las cuatro instituciones sanitarias se manejan grandes volúmenes de datos y el requerimiento de procesamiento es alto. De esta forma, la velocidad de ejecución de las tareas será mejor y mayor. Al haber elegido un Tier 2 en cuanto a disponibilidad del sistema, se deberá adquirir un servidor redundante que evite el fail-over, pero que podría cumplir con varias tareas, distribuyendo la carga de trabajo. Por último, se sugiere que sea del tipo **rackeable**, para poder ubicarlos en un rack en el datacenter.

Al analizar la arquitectura de la propuesta, según el estado del arte, se necesitaría adquirir un servidor para el PACS y otro para el RIS, con su servidor extra por Hospital, para obtener el mejor desempeño y la más alta disponibilidad posible. Sin embargo, para poder disminuir los costos de hardware, se sugiere que se adquieran dos servidores, donde se distribuya la carga de trabajo de los dos sistemas en ambos, obteniendo una mejor performance, redundancia y evitando el fail-over. Esta estrategia

es utilizada por algunas empresas que proveen estos sistemas. [27]

También, se ha analizado la posibilidad de contar con servidores virtuales o comúnmente conocidos como virtual machines, para evitar comprar más de un servidor, ya que encarece la propuesta, pero se descartó la posibilidad por dos razones. La primera, es que si se elige ejecutar las mismas sobre el mismo servidor físico, lo que se estaría logrando es balancear la carga de trabajo, pero no se tiene redundancia frente a una eventualidad de, por ejemplo, avería del servidor. La segunda razón, es que si en lugar de ejecutar las virtual machines en el servidor físico, se ejecutan en servidores externos, como por ejemplo de Google, obligadamente se deberá tener una buena conexión a internet.

Ejemplos comerciales de servidores que cumplan con las características necesarias, como referencia, pueden ser:

- DELL PowerEdge R6525
- DELL PowerEdge R740

■ **Unidad de almacenamiento:**

El almacenamiento es una etapa importante a la hora de dimensionar un PACS, y consta de tres pasos: estimar la cantidad de imágenes generadas por año por el Servicio de DxI por modalidad, cantidad de años a almacenar y, por último, la elección del tipo de tecnología de almacenamiento. A continuación se analizan dichos puntos.

1. **Estimar cantidad de imágenes producidas por año por modalidad:** Estos datos derivan de la información adquirida en el relevamiento realizado en cada Hospital (Figura 11), contemplando un factor de seguridad del 20 % para asegurar tolerancia ante ciertos cambios. Estos cambios pueden ser generados por las estaciones del año, por la derivación de pacientes desde otros Hospitales, por sumar nuevos equipos, entre otros. Se incluyeron sólo las modalidades que

se evalúan en esta primer etapa de digitalización (todas las imágenes médicas que se producen en formato DICOM dentro de los Servicios de DxI).

A su vez, como el almacenamiento que ocupa cada imagen médica según la modalidad difiere, se debe relacionar cantidad con almacenamiento. Para eso, se utiliza la información de la Tabla 1 y se la relaciona con las cantidades obtenidas anteriormente. Dichos cálculos se encuentran detallados en el Apéndice B, Figura B. 2.

De esta forma, se obtiene la cantidad de imágenes producidas por modalidad para cada Hospital y el espacio de almacenamiento requerido. Ambos datos son importantes porque el primero dimensiona volumen de datos que gestiona cada Institución y el segundo dimensiona el hardware necesario para hacer funcionar al PACS. En la Tabla 5 se puede observar los resultados de este proceso de estimación de dimensionamiento del Storage.

Hospital	Estudios por año (FS=20 %)	Storage por año [GB]
Fernández	182.880	8.800
Santojanni	75.960	6.538
Argerich	151.080	8.872
Gutiérrez	103.416	2.490

Tabla 5: Estimación dimensionamiento del Storage por año

2. Cantidad de años a almacenar:

Esta elección se ve condicionada por la Ley 26.529: '*Derechos del Paciente, historia clínica y consentimiento informado*', que prevee la guarda de diez años de la Historia Clínica de los pacientes [28], que incluye el almacenamiento de las imá-

genes médicas. [29]. Sin embargo, se sabe que el precio del hardware disminuye conforme pasan los años, por lo cual, carece de sentido sobredimensionar por adelantado el mismo, sabiendo que en el futuro será menos costoso. Es por esto que para la instalación inicial de un PACS, se necesita una capacidad suficiente para hacer frente a las necesidades operativas; se calcula que, inicialmente, se debe tener capacidad de almacenamiento como para tener guardados datos durante un período de dos años y luego añadir elementos necesarios, como discos o cintas magnéticas para el largo plazo, según la necesidad del Hospital [1]. Entonces, se prevee la guarda de 10 años para cumplir con la Ley, pero se advierte que se dimensionan sólo dos años por el simple hecho de la actualización tecnológica y luego se irá adquiriendo mayor almacenamiento. Finalmente, esa cantidad de GB necesarios serán deducidos de la Tabla 5, multiplicando por dos la tercer columna de la misma.

3. Elección del tipo de tecnología de almacenamiento:

Como se adelantó en el punto anterior, el Storage se suele dividir en tres componentes, llamados Tiers, para optimizar los recursos: de corto plazo, de mediano plazo y un componente de largo plazo. El Tier 1, se compone de discos de estado sólido, donde se archivará información que se accede constantemente, que es en general el primer año luego de obtenido el estudio. Luego, el Tier 2 se almacenará información que es poco frecuente que se consulte, pero puede que sea necesario como información de dos años, por ende se compone de discos ópticos. Por último, en el Tier 3 se ubica información que es poco accesible, para más de dos años, compuesto de discos lentos de alta capacidad o cintas. Este tipo de archivo debe ser administrado por el mismo software.

En cuanto a la arquitectura de los discos, se recomienda utilizar un RAID 5, aunque existen Instituciones Sanitarias que utilizan RAID 1 también.

Por último, se sugiere que la conexión de red de almacenamiento sea del tipo SAN, porque respeta los atributos de disponibilidad, seguridad y performance, conectándose por medio de fibra óptica, que luego interactuará con la red LAN de las workstations, tal como se observa en la Figura 5. Para poder llevarlo a cabo, se necesitarán de switches que interconecten servidor - unidad de almacenamiento.

Un ejemplo comercial de storage que cumplen con las características necesarias, puede ser:

- DELL Unity XT 380

■ **Redes de comunicación y seguridad:**

Se necesita de una red LAN, de fibra óptica que los cuatro hospitales ya disponen. También, se necesitará contar con VPN, dedicada a la LAN, ya que las workstations deberán conectarse a internet y, para mantener la seguridad de la información, se necesita que nadie pueda intervenir en la red cerrada del Hospital, tal como se observa en la Figura 7. Cumpliendo también la Ley 26.529, donde se hace hincapié en la seguridad de los datos de los pacientes. Además, con este tipo de red, se podrán habilitar a las empresas a realizar mantenimientos remotos de los sistemas, lo que disminuye tiempos de respuesta y de inactividad.

■ **Seguridad del hardware:**

Se sugiere adquirir sistema de protección UPS tanto para el datacenter como para las workstation de diagnóstico.

Un ejemplo comercial puede ser:

- Dell Smart-UPS 5 KVA

Estaciones de trabajo:

En esta propuesta, las estaciones de trabajo se dividen en tres categorías: de diagnóstico (también llamada cliente-servidor), de visualización y administrativa. Las primeras se utilizan para realizar el informe médico, y es la estación donde se visualiza y diagnostica el estudio, las segundas sólo se utilizan para visualizar las imágenes con el informe médico y, en las últimas, se realizan trabajos administrativos como admisión de pacientes. Cada una de dichas estaciones tiene características y requerimientos diferentes en cuanto a tecnología, que se resumen en la Tabla 6. Además, en las Figuras 13 a y b se puede visualizar cómo se ven cada una de las estaciones de trabajo con todos los componentes de hardware.

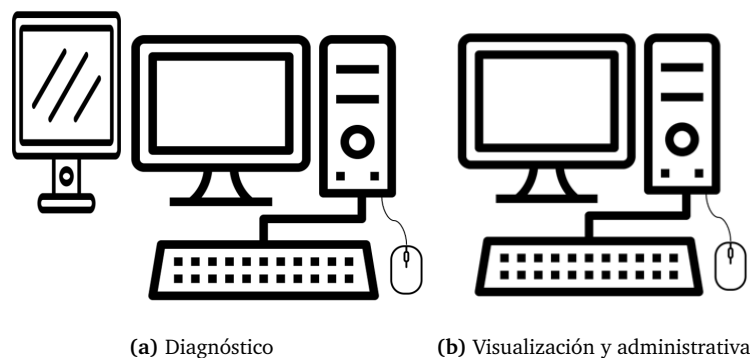


Figura 13: Estaciones de trabajo

	WS Diagnóstica	WS Visualización	WS Administrativa
CPU	-Procesador 6 u 8 núcleos (Intel Xeon) -Placa de video -Licencia Windows -Ejemplo comercial: Dell Precision T7600	-Procesador 4 núcleos (Intel i5) -Almacenamiento SSD, mínimo 256 GB -RAM 4G -Licencia Windows	-Procesador 4 núcleos (Intel i5) -Almacenamiento SSD, mínimo 256 GB -RAM 4G -Licencia Windows
Monitor escritorio	-Mínimo 20"	-Mínimo 20" -Ultra HD	-Mínimo 20" -Mínimo HD (1280x720p)
Monitor grado médico	-MP necesarios según modalidad a diagnosticar (Tabla 4)	N/A	N/A
Periféricos	Teclado, mouse	Teclado, mouse	Teclado, mouse, impresora

Tabla 6: Características del hardware de las estaciones de trabajo (WS)

A continuación, se realizan observaciones destacables acerca de algunos de los ítems de la tabla anterior. Para la WS Diagnóstica, se solicita un monitor de grado médico según la modalidad a diagnosticar, ya que aunque existan monitores de escritorio con los mismos MP que los solicitados en la Tabla 4, no son equivalentes. Los monitores de grado médico son especiales para poder diagnosticar, porque cumplen las más altas exigencias para la reproducción de imágenes médicas. Dichos monitores garantizan un brillo uniforme durante la vida útil de la pantalla, imágenes sin ruido, cumplimiento automatizado con DICOM y otros estándares médicos. Además, cumplen los requisitos de calidad de imagen, escala de grises y color. Por otra parte, están registrados como producto médico

en ANMAT, en especial, los monitores BARCO, que son los más reconocidos dentro del mercado (PM 1601-126). Para TAC, US y RMN, el monitor debe ser a color y para RX y MX monocromático. Dichos monitores no son solicitados para las WS de visualización, ya que esas estaciones se encuentran en diversos servicios del Hospital donde se requiera visualizar las imágenes, como puede ser neurología, cardiología, UCO, UTI, traumatología, quirófano, consultorios externos, y también dentro de DXI, pero sin la necesidad de diagnosticar en ellos, sólo visualizar el estudio y el informe. Es importante aclarar también que el nivel de procesamiento de las computadoras solicitado para estas WS son básicas, ya que el procesamiento debe ser realizado por el servidor y no por las computadoras, lo que se denomina '*Zero-footprint*'. Es por esta razón que, de existir computadoras operativas dentro de los Servicios, pueden ser utilizadas para la visualización de imágenes, sin necesidad de recambio, sólo se indican las características técnicas en caso de necesitar adquirir nuevas. Para las WS administrativas, sólo ejecutarán el trabajo de admisión de pacientes, y de control de RIS y SIGEHOS, por ende el poder de cómputo tampoco se necesita que sea alto. Se sugiere que las estaciones de trabajo administrativas cuenten con impresora para la impresión de ciertos documentos que necesiten la firma de los pacientes, como por ejemplo el consentimiento informado.

6.1.2. Especificaciones técnicas de software

En esta subsección se detallan las características mínimas requeridas de los sistemas tanto para PACS como para RIS, según la información recolectada en los Servicios de cada Hospital y el estado del arte de las tecnologías.

1. Software RIS:

- Gestión de los datos relativos a las prestaciones y a los documentos de los pacientes, como orden médica, consentimiento informado, entre otros.
- Gestión de flujo de trabajo, utilizando DICOM worklists.

- Integración con PACS, SIGEHOS y (a futuro) HCE.
- Base de datos integrada RIS-PACS para los estudios anuales detallados por Hospital en la Figura 14.
- Gestión de la integridad de la estructura de bases de datos para el indexado de las imágenes médicas, modalidades e interacciones.
- Posibilidad de informar y anexar dicho informe a la imagen médica almacenada en el PACS.
- Posibilidad de crear estadísticas y dashboards a partir de la información recolectada.

Como se puede observar, no se ha solicitado el módulo de citas ni tampoco el de facturación. Esto se debe a que los turnos se gestionan por medio de SIGEHOS, al igual que facturación, por ende, no serán necesarios pedirlos para el RIS. También existe la posibilidad de poder informar por reconocimiento de voz, e impresión de CD/DVD para entregar a los pacientes, pero no se consideran ya que, el primero no es indispensable en esta etapa del proyecto, porque se puede agregar en el futuro y el segundo, no será necesario por la solicitud del portal paciente para la entrega de estudios.

2. Software PACS:

- Gestión y almacenamiento de las imágenes DICOM producidas por los equipos médicos conectados al mismo. Tanto a corto plazo como a largo plazo, según los Tiers expuestos anteriormente en la subsección 6.1.1.3.
- Compresión de las imágenes médicas sin pérdida de información, para ganar velocidad en la transmisión de las mismas.
- Visualizador web para las estaciones de visualización que se encuentran en los diferentes servicios dentro del Hospital, con el sistema zero-footprint. Lo que

significa que el procesamiento se realiza en el servidor y no en la computadora de la estación de trabajo.

- Portal paciente con perfiles ilimitados para que los pacientes puedan acceder a sus imágenes médicas sin necesidad de llevarse la placa impresa.

3. Software estación de trabajo de diagnóstico:

Implica software de visualización y diagnóstico, que permita la medición, segmentación (separar partes de interés de la imagen del resto), registro (alineación de imágenes o segmentos de forma correcta), y visualización (2D o 3D) de las imágenes médicas.

Como mínimo, debe incluir:

- Zoom continuo, paneo y desplazamiento.
- Modificación del Histograma.
- Cambio de contraste.
- Localización de región de interés (ROI, region of interest).
- Ángulo de Cobb.
- Medición de distancias y volúmenes.
- Fusión para registrar imágenes de diferentes fuentes, por ejemplo para hacer un seguimiento de una región por una patología como un tumor.
- Reconstrucción 3D para tomografías con renderización de superficies.
- Reconstrucción multiplanar.

En el Apéndice A, se puede encontrar un resumen de las características antes nombradas llamado “*Resumen propuesta por Hospital*”, que resume todo lo explicado en esta sección.

6.2. Propuesta por Hospital

Habiendo ya brindado las especificaciones técnicas generales de hardware y software para los sistemas PACS y RIS, en esta sección se exponen las particularidades que necesita cada Hospital para que dichos sistemas funcionen de manera correcta. Esas necesidades se encuentran resumidas en una tabla en la Figura 14.

La solución sugerida para cada Hospital no es exactamente la misma, por la cantidad de estudios realizados por año, por la cantidad y diferentes modalidades que prestan, por el tamaño del servicio y por los objetivos a cubrir, pero tienen varios puntos en común. Lo que todos comparten es la necesidad de implementar un sistema RIS y PACS acorde a sus necesidades. Además de crear nuevas estaciones de trabajo aptas para diagnóstico, contar con computadoras actualizadas para la visualización de las imágenes, poder conectar todos los equipos médicos del servicio de DxI al PACS, que el RIS pueda transmitir los datos de los pacientes a una worklist para que sea más sencillo y eficiente el flujo de trabajo y, sobre todo, abandonar la impresión de placas gracias a la implementación de un portal paciente y guardar registro de los estudios.

	Fernández	Santojanni	Argerich	Gutiérrez
Equipamiento Médico	Reemplazo sistema de digitalización DR	N/A	Reemplazo sistema de digitalización DR	Adquisición escáner CR
PACS	-183.000 estudios por año -18 TB de almacenamiento para 2 años	-76.000 estudios por año -13 TB de almacenamiento para 2 años	-151.000 estudios por año -18 TB de almacenamiento para 2 años	-104.000 estudios por año -5 TB de almacenamiento para 2 años
RIS	-Base de datos para 183.000 estudios por año	-Base de datos para 76.000 estudios por año	-Base de datos para 151.000 estudios por año	-Base de datos para 104.000 estudios por año
Adquisición WS Diagnóstica	1 para TAC 1 para RX	1 para TAC 1 para RX 1 para MX	1 para RX 1 para MX	2 para RX
Adquisición WS Visualización	1 para TAC 2 para RX	1 para TAC 1 para RX 1 para QX 1 para UTI 1 para Guardia	N/A	N/A
Adquisición WS Administrativa	N/A	2 para ingreso y egreso y administración de pacientes. Ejecución de RIS y SIGEHOS	N/A	N/A
Incorporación RR.HH.	Gestión de PACS y RIS a nivel local	Gestión de PACS y RIS a nivel local	Gestión de PACS y RIS a nivel local	Gestión de PACS y RIS a nivel local
Otros	-Puesta en marcha -Capacitación -Mantenimiento de software y hardware de los sistemas	-Puesta en marcha -Capacitación -Mantenimiento de software y hardware de los sistemas	-Migración de la información del PACS actual al nuevo -Puesta en marcha -Capacitación -Mantenimiento de software y hardware de los sistemas	-Migración de la información del PACS actual al nuevo -Puesta en marcha -Capacitación -Mantenimiento de software y hardware de los sistemas

Figura 14: Propuesta por Hospital

A continuación se realizan aclaraciones sobre algunos ítems de la Tabla anterior:

■ **Equipamiento Médico:**

En base al relevamiento realizado, se observó la necesidad de reemplazo del sistema de digitalización DR de los equipos de Rayos X de los Hospitales Fernández y Argerich. Esto es así porque fueron adquiridos hace más de diez años, han entrado en el período de obsolescencia tanto los FP como el sistema de software y, además, las baterías están agotadas. Se sugiere que se unifique la empresa proveedora del sistema digital con la que trata el mantenimiento de los equipos. De esta manera, mejoraría el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, al unificar a los proveedores. Con estos cambios, ambos Hospitales quedarían con sus salas radiológicas funcionando con tecnología DR.

Por otra parte, se sugiere adquirir un escáner CR para el Hospital Gutiérrez, ya que el mismo se encuentra obsoleto. De esta forma, el seriógrafo pasaría a ser digital, pudiendo sumar sus imágenes al PACS.

■ **PACS y RIS:**

Ambos sistemas deben relacionarse con el SIGEHOS de cada Hospital y deben respetar las especificaciones técnicas expuestas en la sección 6.2. tanto para hardware como para software para los cuatro Hospitales.

■ **Workstation de diagnóstico:**

Para el Hospital Fernández y Santojanni, la adquisición de una estación de trabajo de diagnóstico en TAC es requerida para reemplazar a la que tienen actualmente. Con esto se lograría tener una workstation Cliente-Servidor en TAC y una en RX en cada Hospital, además de una en MX para el Hospital Santojanni. Para el Hospital Argerich sólo se requieren una para RX y una para MX, mientras que para el Hospital Gutiérrez sólo se necesitan dos para RX.

Así, cada uno de los Servicios de DxI tendrán sus estaciones de diagnóstico acorde a las necesidades según modalidad.

■ **Workstation de visualización:**

Como se solicita tecnología zero-footprint, no es necesario adquirir computadoras si el Servicio que necesita visualizar las imágenes ya tiene. El Hospital Fernández requiere sólo tres WS de visualización, mientras que el Hospital Santojanni necesita más, ya que el parque instalado de las computadoras es bajo.

■ **Workstation de administración:**

Sólo es requerido para el Hospital Santojanni, ya que carece de computadoras para admisión, y de esta forma podrán gestionar el PACS, RIS y SIGEHOS.

■ **Incorporación de RR.HH:**

Se necesita de la incorporación de recurso humano calificado para la gestión de PACS a nivel local en cada Hospital, para que pueda administrar los sistemas, ayudando al equipo de informática, ingeniería clínica, Servicio de DxI e interaccionando con las empresas proveedoras de los servicios. Esta persona debe tener formación en informática, que esté disponible y avocada al funcionamiento de estos sistemas.

■ **Otros:**

Luego de la adquisición de los sistemas PACS y RIS, tanto en software como en hardware, se continúa con las etapas de instalación, capacitación del personal en las nuevas tecnologías y el mantenimiento de los mismos.

Se debe acordar con el proveedor o los proveedores, si es que no son el mismo, la etapa de instalación. Sin embargo, se recomienda que sea el mismo, ya que al proveer tanto software como hardware, brinda una solución más robusta y evita posibles conflictos operativos en cuanto a alcance de garantía, soporte técnico, tiempos

de instalación e implementación, entre otros puntos. Se deberá seguir un plan acordado entre Informática del Hospital, Servicio de DXI, Proveedores del equipamiento médico de captura de imágenes médicas, proveedor y equipo de ingeniería clínica. Se puede observar que se debe realizar una buena coordinación ya que hay muchos actores que intervienen y es necesario hacerlo lo más rápido y eficientemente posible para evitar la falta de prestación de servicio. Esto se debe a que ningún Hospital puede prescindir de poder tomar placas en guardia y en internación.

Luego, o a la par, de la etapa de instalación se debe realizar una etapa de capacitación al personal. Tanto médicos, técnicos, administrativos, ingenieros, todas las personas que puedan llegar a intervenir con los sistemas RIS y/o PACS serán sometidos a la capacitación. No sólo se deberá capacitar a nivel técnico de cómo se usan los sistemas, sino que también se les deberá explicar el nuevo flujo de trabajo luego de la instalación de estos sistemas, tema tratado a continuación. También, se deberán designar líderes internos en cada etapa, para que puedan ser referentes técnicos para sus colegas. Existe un punto importante, que se da en la admisión de los pacientes, que se deben ingresar los datos demográficos de manera estandarizada y correcta, ya que de no ser así, podría llegar a traer inconvenientes en el almacenamiento para la búsqueda de estudios pasados.

Por último, se debe coordinar un plan de mantenimiento preventivo para los sistemas, tanto software como hardware con las empresas proveedoras. Para el correctivo, se debe acordar un plan de fallas y acciones para que los sistemas estén inactivos el menor tiempo posible.

Sería conveniente realizar encuestas a los intervinientes en todo este nuevo proceso a los seis meses y al año de instalación de los sistemas, para evaluar el nivel de aceptación de las nuevas tecnologías, del nuevo flujo de trabajo, qué puntos habría que revisar o mejorar, qué dificultades encontraron, entre otros. De esta forma se

evalúa el funcionamiento de los servicios y se programa un plan de mejora en función a los resultados.

6.3. Nuevo flujo de trabajo

Una de las consecuencias principales de la implementación de los sistemas PACS y RIS es la optimización del flujo de trabajo. En el mismo, los procesos son más rápidos y efectivos, porque el RIS toma un papel importante a la hora de la gestión de la información, tanto de estudios, informes médicos, worklists, entre otros puntos ya analizados.

La bibliografía asegura que una vez que los sistemas se encuentran operativos, los tiempos de ejecución de las tareas por parte del personal de salud disminuyen y, por ende, los pacientes logran estar menos tiempo en los Hospitales [23]. Además, en el caso de los Hospitales que se tratan en este trabajo, los pacientes deberían asistir al Hospital menos veces que sin los sistemas, lo cual produce un gran beneficio para ellos.

Para cada Institución Sanitaria, existirán algunas variantes en cuanto al flujo de trabajo por elección de los Jefes de Servicio, arquitectura del Servicio, entre otros, pero el nuevo flujo de trabajo general se podría resumir en la Figura 15. En ese diagrama se puede observar el camino del paciente desde que llega al Servicio de DxI hasta que obtiene su estudio con informe.

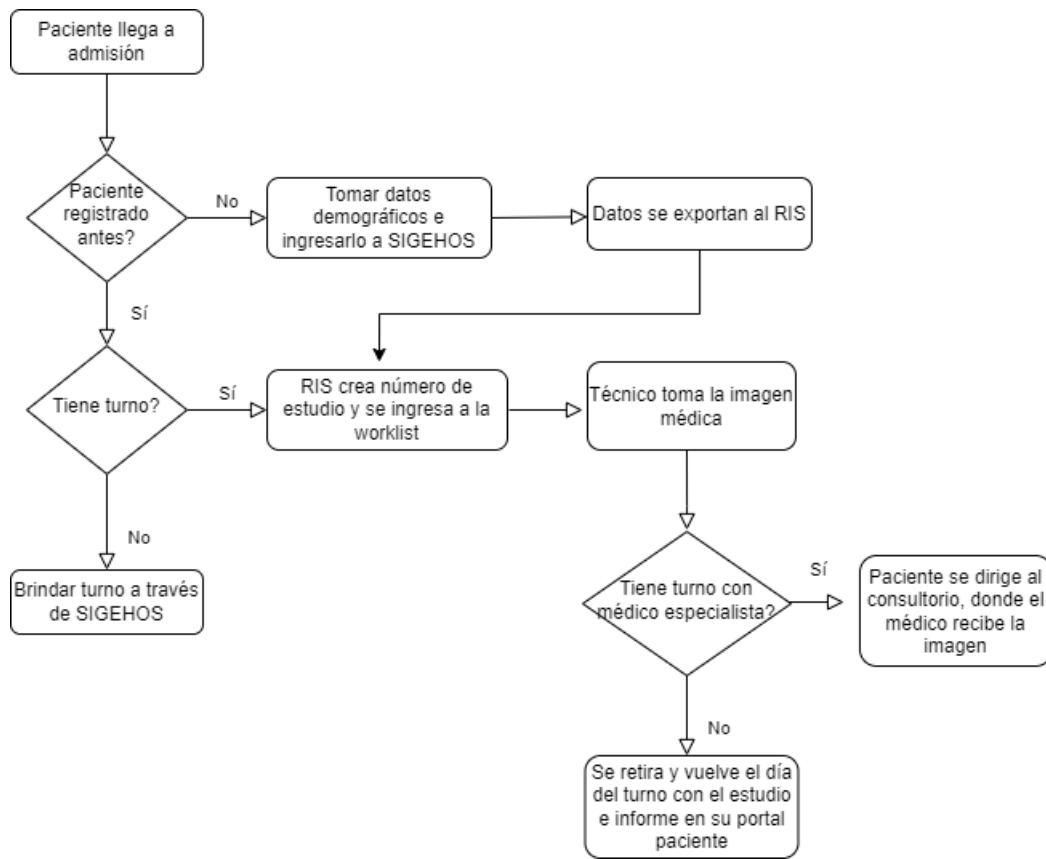


Figura 15: Flujo de trabajo luego de implementación de PACS y RIS

A simple vista, podría parecer más complejo que el flujo de trabajo sin PACS, de la Figura 12, pero si se analiza, existen menos posibilidades de error en el proceso, como uso de papel, entre otros. Además, el paciente asiste menos veces al Hospital, ya que no tiene que volver a buscar su estudio, sino que le llega a su email personal.

Por otra parte, se puede analizar más profundamente el flujo de trabajo pero a nivel técnico, de cómo interaccionan los sistemas y el personal de salud con dichos sistemas también. Este proceso se puede observar en el siguiente diagrama 16.

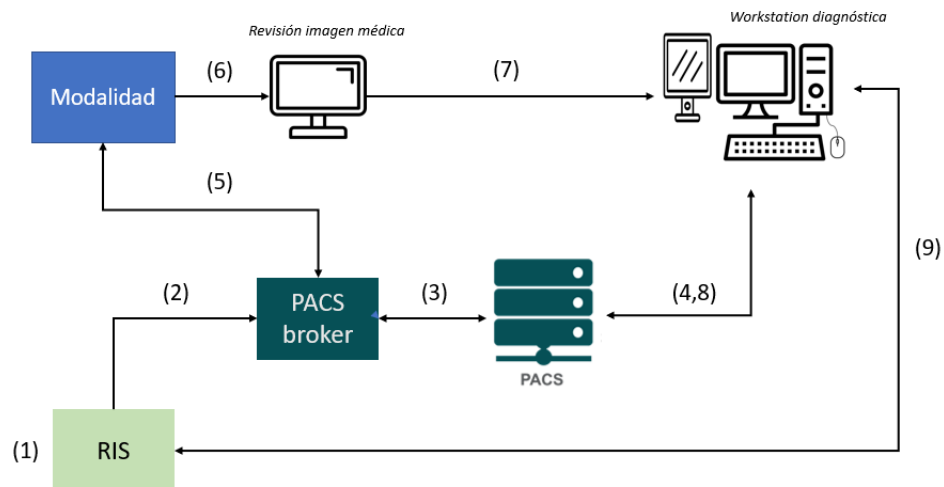


Figura 16: Flujo de trabajo con RIS y PACS en el Servicio de DXI

Se pueden destacar los siguientes puntos del diagrama anterior:

1. Ingreso de datos demográficos del paciente como DNI, apellido y se le asigna un número al estudio automáticamente, agregándolo a la worklist.
2. El RIS envía mensajes HL7 con la información antes nombrada a la interfaz que se denomina "PACS broker", que convierte mensajes HL7 y DICOM. Por lo tanto, es el traductor entre ambos sistemas.
3. El PACS broker notifica al servidor que ese paciente se realizará dicho estudio.
4. Si los hubiere, los exámenes históricos del paciente programado se obtienen previamente del servidor de archivo y se envían a la estación de trabajo del radiólogo.
5. El paciente arriba a la sala donde se le realizará el estudio según la modalidad requerida y el equipo consulta al PACS broker la lista de trabajo o worklist.
6. El técnico adquiere las imágenes, las revisa en la sala y luego las envía junto con los datos demográficos del paciente a la workstation de diagnóstico en formato DICOM.

7. Al llegar a dicha workstation, donde se encuentra el médico radiólogo listo para diagnosticar, el examen se envía directamente al servidor de archivo. De esta forma, la base de datos se actualiza.
8. El médico escribe el informe diagnóstico, conjunto al número de registro del examen del RIS, luego firma el examen y la base de datos se actualiza con dichos cambios, y lo marca con el status "Firmado".
9. El RIS emite un mensaje HL7 de datos del informe de resultados junto con cualquier dato del RIS actualizado.
10. Los médicos que necesiten revisar ese examen en el futuro, también podrán consultar por los exámenes previos realizados a dicho paciente.

Los estudios podrán ser visualizados en cualquier estación de visualización del Hospital, ya que se envían las imágenes por medio de la fibra óptica. De esta forma, se reducen las visitas de otros médicos al Servicio de DXI, haciendo más eficiente el movimiento de personal dentro de la Institución.

Si el paciente deseara llevarse el estudio para luego tener el archivo o para consulta con otro profesional, podrá observarlo mediante el uso del portal paciente que se le asigna o, si lo solicitara, un CD/DVD o placa impresa con el estudio. Esto se sugiere de esta forma, ya que la mayoría de las personas se llevarán el estudio en la web, utilizando el portal, pero si por alguna razón particular el paciente no tiene los medios para visualizarlo o necesita la placa, se deberá entregar.

A su vez, se pedirá al paciente al momento de la admisión, que preste su consentimiento para dos actos. En primer lugar, que pueda acceder a sus imágenes médicas mediante el portal web del Hospital y, en segundo lugar, que se utilicen sus imágenes y datos clínicos para fines académicos y de investigación posterior de la Institución, respetando la normativa de la Ley de Datos Personales [29]. Este documento deberá ser impreso con membrete

de cada Hospital y guardado en la Historia Clínica del paciente. Dicho *Consentimiento de uso de datos* se encuentra en el Apéndice A y debería ser revisado por el Comité de Ética de cada Institución.

6.4. Beneficios de la Propuesta

El análisis de los beneficios de la propuesta tiene su foco en mejorar la atención de los pacientes y la gestión de recursos tanto humanos como económicos de cada Hospital. Como en esta propuesta se están tratando Hospitales públicos, el análisis no se limita a tener un rédito económico luego de la implementación de los sistemas, sino que el foco se encuentra en la mejora de los procesos y ahorros de tiempo y dinero para la Institución.

Los beneficios se pueden clasificar como económicos (directos e indirectos), y clínicos; algunos pueden ser ambos. Los mismos, se detallan a continuación:

- Mejora en el flujo de trabajo para mayor eficiencia y mejor atención del paciente.
- Acceso a las imágenes médicas en cualquier momento y lugar del hospital.
- Reducción de tiempos en la disponibilidad de las imágenes e informes de diagnóstico asociados a las mismas.
- Reducción de necesidad de repetir estudios diagnósticos debido a la mala calidad de imagen o pérdida de placas.
- Reducción de costos de placas, mantenimiento y compra de impresoras.
- Servicio de portal pacientes para acceso a las imágenes sin pérdidas.
- Opción de teleradiología para otros Hospitales de la red de CABA.
- Ahorro de tiempos del personal administrativo, técnico y médico.

- Ahorro de tiempos de pacientes ya que se reducen las visitas al Hospital por no tener que buscar la placa o el estudio, ya que lo visualiza desde cualquier dispositivo.
- Amigable con el medio ambiente por ahorro de uso de placas y químicos para la impresión de las mismas.
- Generación de bases de datos de imágenes para uso en investigación y docencia.

Capítulo 7

Análisis de la disponibilidad tecnológica en Argentina

Luego de realizar la propuesta para cada Hospital según los datos relevados y el estado del arte de las tecnologías, se decidió analizar la disponibilidad de dichas tecnologías en Argentina. Para ello, se contactaron a las diferentes empresas que ofrecen soluciones acordes y se realizaron entrevistas y solicitud de información a cada una de ellas. Este proceso se llevó a cabo entre Diciembre y Enero de 2023.

En primer lugar, se llevó a cabo una investigación acerca de qué empresas comercializan los sistemas PACS y RIS en Argentina que son, entre otras: Philips (con la solución de Carestream), Agimed (con Konica Minolta), Tecnoimagen (con Esaote), Macor (con Fujifilm), Netmed (con Pixeon) y GE.

Se solicitó información sobre los productos que comercializan las empresas antes nombradas, y se recibió respuesta de Philips, Agimed y Tecnoimagen. Luego de ese primer contacto, se les envió a los especialistas el documento *'Resumen propuesta por Hospital'*, que se encuentra en el Apéndice A, para que puedan analizar las especificaciones técnicas necesarias para los Hospitales y brindar información de si sus sistemas cumplen con las características requeridas o no. Las tres empresas enviaron sus propuestas y presupuestos

acorde a las especificaciones técnicas brindadas y se pactaron entrevistas con cada uno de los equipos técnicos. Para el proceso de las entrevistas, se utilizó un documento con consultas específicas '*Análisis de mercado - Proveedores*', que figura en el Apéndice A, el cual fue útil para estandarizar las preguntas y obtener los mismos datos de todas las empresas.

Una vez obtenida toda la información, se realizó un cuadro comparativo para discriminar las propuestas obtenidas de las tres empresas líderes que se encuentra en el Apéndice B, bajo el nombre de '*Comparativa propuestas de proveedores*', que resume los datos obtenidos, contrasta las propuestas en cuanto a especificaciones técnicas y precio. Las propuestas que cumplen con el requerimiento técnico podrá visualizarse un tick y las que no, una cruz. Todo esto se profundiza a continuación.

Las tres firmas presentan soluciones completas, complejas, que cumplen las características solicitadas y que son escalables a futuro, sin embargo tienen algunas diferencias a pesar de las similitudes antes nombradas. Las principales diferencias y fortalezas por empresa son:

1. **Philips:** con VUE PACS

- Posee su solución implementada en numerosas e importantes Instituciones en la Argentina y el mundo, lo cual le brinda vasta experiencia y parque instalado. Ejemplos pueden ser la red Swiss Medical, GALENO, Diagnóstico Maipú.
- VUE PACS no sólo almacena imágenes DICOM, sino que también otros formatos, por ejemplo: JPG, PNG y MP4. Es especialmente útil en Dermatología y Emergentología, donde se pueden almacenar fotos y videos. De esta forma se obtiene un repositorio de imágenes médicas de toda índole.
- Presentan un plan de capacitación al Personal de Salud, de mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas. En este último se detalla un diseño de riesgo y acción, ya sea remoto o presencial, según corresponda. Esto asegura la alta disponibilidad de los sistemas.

- Herramientas de visualización y diagnóstico numerosas, variadas y complejas. Sólo instaladas en la workstation Cliente-Servidor debido al poder de cómputo necesario.
- Informes multimedia e interactivos: se agregan al mismo hipervínculos, gráficos, firma del médico. Tienen plantillas y autotextos personalizados para agilizar la escritura.
- Creación de dashboards y estadísticas, para medir la performance del Servicio de DxI.

2. **Tecnoimagen:** con SUITESTENSA

- Se destaca por combinar un buen producto con recurso humano altamente capacitado, lo que permite escalar y personalizar las soluciones según el cliente en cuestión.
- Sistema escalable y adaptable a nuevas arquitecturas, como de gestión centralizada.
- Propone utilización de un solo servidor en el Hospital, donde se ejecuten los sistemas PACS y RIS, con virtual machines para evitar un fail-over.
- Proponen un servicio de soporte técnico detallado, con un plan de mantenimiento preventivo de los sistemas.

3. **Agimed:** con EXA PACS

- Ofrece una solución completa donde combina RIS y PACS, para bajar costos de inversión inicial en el proyecto, con base de datos única.
- Creación de dashboards y estadísticas, para medir la performance del Servicio de DxI.

Como se puede ver en el resumen realizado anteriormente de las tres propuestas, tienen puntos en común, y algunas pequeñas discrepancias, en cuanto a la arquitectura del hardware y algunas funcionalidades, que hacen que sean únicas. A su vez, todas cumplen con los estándares y especificaciones propuestas en este proyecto, lo cual es un punto importante ya que se llega a la conclusión que existe en el mercado argentino soluciones completas que pueden ser llevadas a cabo en los Hospitales de CABA. Las tres empresas coincidieron que la mejor manera de encarar el cambio de paradigma digital sería la propuesta en este Proyecto, de instalar un PACS y RIS local en cada Hospital, como primera etapa para suavizar la transición digital.

En cuanto al aspecto económico, es cierto que implementar los sistemas PACS y RIS resulta en una elevada inversión al comienzo para poder adquirir el hardware necesario para la operación de los mismos, pero son una herramienta necesaria que mejora la eficiencia y precisión para el diagnóstico y atención del paciente. Esta inversión, según los presupuestos obtenidos de las empresas antes nombradas, podría redondearse entre 500 y 700 mil dólares, donde la mayor parte se la lleva la adquisición del hardware necesario. Además, se debe tener en cuenta que todo dinero invertido hoy en día en los Hospitales para la impresión de placas, sería eliminado gracias a la implementación de los sistemas PACS y RIS. Ese monto podría ser calculado utilizando las licitaciones públicas realizadas en cada Hospital para la adquisición de dichas placas radiográficas. Sin embargo, este punto excede los objetivos del presente trabajo.

Capítulo 8

Proyecciones a futuro

A partir del trabajo desarrollado, surgen diversas líneas de mejora del proyecto propuesto para investigar y trabajar a futuro, más allá de los objetivos iniciales.

En primer lugar, se deberán confeccionar los pliegos de especificaciones técnicas para poder realizar las compras tanto de hardware como de software mediante licitaciones públicas. En ellos, deberán figurar las especificaciones técnicas sugeridas en el Capítulo 6. En segundo lugar, se sugiere que la HCE sea más robusta e integre al RIS y, por ende, a las imágenes médicas mediante las bases de datos de los pacientes. En tercer lugar, que las imágenes médicas obtenidas en cada uno de los Hospitales puedan ser utilizadas para objetivos académicos y de investigación, aprovechando los repositorios que surgen de los mismos, alentando a encontrar nuevas terapias y mejores resultados clínicos para los pacientes. En cuarto lugar, que los datacenters se refrigeren y tomen las precauciones de seguridad necesarias, expuestas en el Capítulo 4. Por último, que se pueda implementar este proyecto propuesto en los Hospitales Fernández, Santojanni, Argerich y Gutiérrez, para lograr una mejor atención de los pacientes, una mejora en el flujo de trabajo del personal de salud, un ahorro indirecto de costos para los Hospitales, logrando servicios más amigables con el medio ambiente, reduciendo placas, además de todos los beneficios mencionados en las secciones anteriores.

Se podría sugerir una segunda etapa del objetivo de la digitalización e informatización de los Hospitales tendiendo a la e-Health. Para esto, se deberían agregar al PACS otras modalidades que no se consideraron en esta primera etapa como equipos de RX rodantes, angiografía, arcos en C, endoscopía, ecografías de servicios como obstetricia y guardia, entre otros. Además, se podrían agregar todas las imágenes no DICOM que presentan información clínica, como fotos, videos, formando un repositorio de imágenes más completo.

Como la tecnología avanza a pasos agigantados, se podría evaluar la utilización de la nube como solución a almacenamiento o de réplica de lo existente en los datacenters. Estas soluciones ya existen en el mercado y son prometedoras, sin embargo, habría que estudiar y analizar los protocolos de seguridad, la lógica para que el storage decida qué enviar a la nube y qué no, solucionar el problema de la conectividad, entre otras cuestiones. [30]

Ahora bien, pensando en un nivel macro, en la red de Hospitales de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, se debería lograr que el proyecto propuesto en este trabajo para los Hospitales Fernández, Santojanni, Argerich y Gutiérrez sea extrapolado a todos los Hospitales de la Red de CABA, incluyendo los CESACs que cuenten con equipamiento médico de diagnóstico por imágenes, y así lograr tener una integración completa de las imágenes médicas de todas las personas que se atienden en la Red. Para esto, se debería realizar un proceso similar al que se llevó a cabo en este trabajo. De esta forma, se lograría que cualquier persona que se atienda en cualquier Institución Sanitaria de la Red del Ministerio de Salud de CABA, pueda ir a cualquier otra Institución y sus datos estarán disponibles, ya que se tendría toda la información integrada, con todos los beneficios que esto conlleva para el correcto diagnóstico por parte de los Profesionales de la Salud. Cabe aclarar que es un proyecto factible, ya que todos los Hospitales se encuentran interconectados por fibra óptica para poder compartir la información. Para esto, sería conveniente analizar la descentralización de los PACS en los Hospitales, para lograr tener un PACS central a nivel regional, donde un gran servidor se comuniquen con los sistemas locales e integre toda la información o directamente que un gran servidor alimente a todos los Hospitales.

Se debería cambiar la lógica y la arquitectura, pero seguir utilizando el hardware local adquirido en la primera etapa del proyecto. Como corolario, además, se podrían extraer datos y estadísticas de alta relevancia para el Ministerio, tanto a nivel técnico, de gestión como también clínico. De esta forma, se obtendría una imagen del desempeño de cada uno de los Servicios, los equipos que se encuentran operativos y los que no, la cantidad de pacientes que se atienden, el número de informes producidos por hora por cada médico, las patologías más frecuentes y menos frecuentes, entre otra información de relevancia.

Como último punto, sería conveniente fortalecer la red de Profesionales de los Servicios de DXI para poder lograr consensos y normalizar los datos y formas de trabajo en todos los Hospitales de CABA. De esta forma, se podrían obtener mejores datos, información, indicadores para lograr mejorar los servicios, y atender correctamente las necesidades que se presenten, tomando las mejores decisiones, a nivel local.

Esta revolución digital, sin dudas, llegó para quedarse y avanza a pasos agigantados. Se podría integrar inteligencia artificial como soporte a la toma de decisiones, para que los sistemas gestionen de manera más eficiente los datos, entre muchas otras posibles aristas. Siempre y cuando se respete la privacidad y confidencialidad de la identidad de los pacientes, respetando estándares y normativas de seguridad de datos personales y teniendo en mente que el fin último es lograr la mejora de la atención para tener los mejores resultados clínicos de los pacientes.

Capítulo 9

Conclusiones

En el presente trabajo, se logró realizar una propuesta de implementación de los sistemas PACS y RIS en cuatro Hospitales del Ministerio de Salud de CABA. Para ello, se realizó un análisis de estado de los Servicios de DxI en cada uno de ellos y se estudió el estado del arte de las tecnologías. Además, se logró realizar un análisis de disponibilidad tecnológica en Argentina, y se esbozaron las proyecciones a futuro en cuanto a la implementación de e-Health en los Hospitales de CABA.

Se llegó a la conclusión que, habiendo analizado cada una de las realidades de los Hospitales, la mejor solución fue, en primer lugar, realizar un recambio de los equipos médicos obsoletos, para poder contar con tecnologías de adquisición o digitalización modernas y poder sumarlas a los sistemas informáticos. En segundo lugar, adquirir un sistema PACS y RIS local, que se ejecuten en el datacenter de cada Hospital, con las precauciones de diseño y arquitectura del hardware para la redundancia, alta disponibilidad y seguridad requeridos. En tercer lugar, adquirir software adecuado para las modalidades requeridas para cada Hospital, basadas en recomendaciones y objetivos de los Profesionales de la Salud de los Servicios de DXI consultados y del estado del arte de las tecnologías. En cuarto lugar, adquirir el hardware para estaciones de trabajo, estaciones de admisión de paciente y estaciones de visualización de imágenes médicas, donde cada una debe respetar los re-

querimientos mínimos de hardware para su correcto funcionamiento dentro del sistema. En quinto lugar, hacer foco en el nuevo y optimizado flujo de trabajo, tanto del camino del paciente como del funcionamiento del Servicio de DxI. Para ello, se hizo hincapié en capacitar a todos los involucrados en los procesos, durante y post instalación de los sistemas, para asegurar buena aceptación de las nuevas tecnologías. En sexto lugar, se propuso un plan de acción post implementación e instalación, que incluyó acordar planes de mantenimiento preventivos y encuestas a los involucrados para poder entender si los problemas fueron resueltos, si existen inconvenientes, para lograr mejorar los procesos.

A su vez, a partir del trabajo de campo realizado, se notó que existen algunas debilidades en el sistema de salud de CABA. Existe una carencia de datos precisos y, más aún, que los datos disponibles son heterogéneos, no hay una norma para contabilizar estudios, personal que trabaja en cada turno del Hospital, bases de datos, admitir pacientes en sistemas, entre otros. Por otro lado, se sugiere que la Red de Imágenes sea más activa, con fuerte presencia en la toma de decisiones entre los Profesionales de DXI de todos los Hospitales de CABA. Sin esta Red presente, existen limitaciones a la hora de proponer cambios, ya que se necesitan consensos para unificar los datos, para homogeneizar el tipo de información, para informar los estudios y para contabilizar y llevar registros en cada Servicio. Si se logran esos objetivos, sería más sencillo en el futuro obtener indicadores interesantes para evaluar el flujo de trabajo dentro del servicio, tiempos de diagnóstico evaluar fallas en el sistema que se puedan corregir y tomar decisiones a nivel centralizado para elegir y corregir el rumbo de los Servicios. En particular, implementando los sistemas propuestos en el presente trabajo, se lograría obtener, a nivel local, una serie de datos y estadísticas a partir de los dashboards creados por los mismos, que denotan eficiencia, desempeño e información interesantes para comenzar a obtener indicadores para mejorar los servicios de DXI. Ya que obteniendo datos homogéneos, se pueden medir ciertos parámetros para lograr gestionar de mejor manera los recursos y, por ende, mejorar el servicio a los pacientes.

También se logró obtener un panorama de la disponibilidad de las tecnologías en Argentina, gracias a la consulta e investigación de las empresas que proveen estas soluciones en el país, logrando discernir qué empresas pueden llegar a brindar los servicios como se propone en este trabajo. Además, se pudo contrastar cada propuesta a nivel técnico, y se logró comparar con lo propuesto en este trabajo como solución a la problemática real de los cuatro Hospitales elegidos con lo existente en el Mercado y se llegó a la conclusión de que efectivamente es un proyecto real, que puede ser ejecutado y que existen proveedores que pueden llevarlo a cabo.

En conclusión, se logró proponer un proyecto real y tangible para la implementación de estos sistemas, que el fin último es que puedan mejorar la experiencia y el trabajo a los Profesionales de la Salud, para que puedan brindar una mejor atención a los pacientes. Además de lograr una mayor eficiencia en los procesos, un mejor flujo de trabajo y de información, ahorros indirectos para las Instituciones, lograr llegar a entornos hospitalarios más ecológicos, brindar una mejor y rápida atención a los pacientes y, por último, comenzar la revolución digital de los Hospitales, ya que este es sólo el primer paso de la tendencia a la e-Health.

Referencias

- [1] J. Wang e Y. Liu, *PACS and Digital Medicine*. CRC Press, 2011.
- [2] CENETEC, «Sistemas para archivo y comunicación de imágenes (PACS),» inf. téc., 2009.
- [3] R. V. Dandu, «Storage media for computers in radiology,» *Indian Radiology Imaging*, 2008.
- [4] K. Wagner, F. Wickham Lee y J. P. Glaser, *Health Care Information Systems*. Jossey Bass, 2013.
- [5] E. Martinez Morelli y J. E. Eterovic, *Infraestructura de los Sistemas de Información para la Salud*. Hospital Italiano de Buenos Aires, 2018.
- [6] MSCABA, «Promedio de paciente-día en los Hospitales del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires por especialidad según Hospital,» inf. téc., 2017.
- [7] FDA, *Medical Imaging*, <https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/radiation-emitting-products-and-procedures/medical-imaging>, [Consultado: 22-May-2023], 2018.
- [8] OMS, *Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección*, <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures#:~:text=Cuando%20las%20dosis%20de%20radiaci%C3%B3n,plazo%20tales%20como%20el%20c%C3%A1ncer.>, [Consultado: 22-May-2023], 2016.
- [9] Market Research Report, *Medical Imaging Market Size, Share & COVID-19 impact analysis*, <https://www.fortunebusinessinsights.com/u-s-medical-devices-market-107009>, [Consultado: 22-May-2023], 2022.
- [10] F. C. Mugarra González, «La Radiología Digital: Adquisición de Imágenes,» *Universidad de Valencia*,
- [11] Cátedra de Informática Médica ITBA, *Sistemas de Salud en el Mundo*, 2021.
- [12] OMS, *Los países están gastando más en salud, pero las personas siguen pagando demasiado de sus bolsillos*, <https://www.who.int/es/news/item/20-02-2019-countries->

- are-spending-more-on-health-but-people-are-still-paying-too-much-out-of-their-own-pockets#:~:text=Un%20nuevo%20informe%20de%20la,4%25%20en%20los%20pa%C3%ADses%20de, [Consultado: 22-May-2023], 2019.
- [13] Ministerio de Salud y Desarrollo Social, «Análisis de la Situación de Salud de la República Argentina,» inf. téc., 2018.
- [14] MSCABA, *Salud*, <https://buenosaires.gob.ar/salud>, [Consultado: 22-May-2023].
- [15] MSCABA, *Establecimientos- Hospitales y Centros de Salud*, <https://buenosaires.gob.ar/establecimientos-hospitales-y-centros-de-salud>, [Consultado: 22-May-2023].
- [16] Ministerio de Salud de la Nación, *Resolución 900-E/2017*, <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-900-2017-277042>, [Consultado: 22-May-2023], 2017.
- [17] Ministerio de Salud de la Nación, «Resultados del Censo Nacional de Mamógrafos,» inf. téc., 2018.
- [18] Dirección General de Estadísticas y Censos del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, «Buenos Aires en Números - Número 8,» inf. téc., 2021.
- [19] Deloitte, «National E-Health and Information Principal Committee. National E-Health Strategy,» inf. téc., 2008.
- [20] C. Diaz de León, «Salud electrónica (e-Salud): un marco conceptual de implementación en servicios de salud,» *Gaceta Médica de México*, 2021.
- [21] Committee on Quality of Health Care in America, Institute of Medicine, *Crossing the Quality Chasm: A new health system for the 21st Century*. 2001.
- [22] J. L. Whitten y L. D. Bentley, *Systems Analysis and Design Methods*. McGraw-Hill, 2007.
- [23] H. K. Huang, *PACS and Imaging Informatics: Basic Principles and Applications*. Wiley-Blackwell, 2001.
- [24] T. Benson y G. Grieve, *Principles of Health Interoperability SNOMED CT, HL7, FHIR*. Springer, 2016.
- [25] M. Mantri y S. Raran, «DICOM Integration Libraries for Medical Image Interoperability: A Technical Review,» *IEEE-Reviews in Biomedical Engineering*, 2020.
- [26] IMAGE Information Systems, *K-PACS*, <https://image-systems.biz/products/free-dicom-pacs-tools/k-pacs/>, [Consultado: 22-May-2023].
- [27] Entrevistas con empresas que comercializan PACS y RIS, L. Vartabedian, ed., 2022.

- [28] Poder Legislativo Nacional, *Ley 26.529: Derechos del Paciente, Historia Clínica y Consentimiento Informado*, <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/160000-164999/160432/norma.htm>, [Consultado: 22-May-2023], 2009.
- [29] A. M. Duguet y C. Byk, *Los datos de salud y su regulación ético-legal: Experiencia en Francia y Argentina*, Observatorio de Salud de la Facultad de Derecho de la Universidad de Buenos Aires, 2022.
- [30] J. Blanco y G. Miranda, *Imaging Health Record: Estándares y arquitectura*, 2022.

APÉNDICES

Apéndice A

Documentos

A continuación se encuentran los documentos utilizados en el proyecto, que son Relevamiento de información de los Hospitales y Estudio de mercado-proveedores.

Por otra parte, se adjunta también el documento de Consentimiento de uso de datos, para la firma del paciente luego de la implementación del proyecto y la comparativa de las propuestas de los proveedores de los sistemas PACS y RIS.

Relevamiento de información del Hospital

- Servicio de Diagnóstico por Imágenes:

Nombre y apellido persona entrevistada:

Cargo persona entrevistada:

1. Modalidades de imágenes ofrecidas en el Hospital.
2. Equipamiento médico, números.

Modalidad	Cantidad	Antigüedad mayor a 10 años	¿Tiene licencia DICOM?	Comentarios
Rayos X DR				
Rodantes				
TAC				
RMN				
Ultrasonido				
Mamografía				
Angiografía				
Cámara gamma				
Escáner CR				
Impresora húmeda				
Impresora seca				

3. Cantidad de estudio por mes (en promedio) por modalidad.
4. Cantidad de médicos que informan y dónde.
5. Estado general de las computadoras del Servicio.
6. ¿Cuántas estaciones de trabajo tienen? ¿Operativas?
7. Flujo de trabajo actual.
8. ¿Tienen PACS? ¿Cuál? ¿Nivel de satisfacción?
9. Objetivos del Servicio, ¿más estudios, más tecnología, más investigación?
10. ¿Cuáles serían, dentro de los objetivos a cubrir, los mínimos imprescindibles?

- Informática médica:

Nombre y apellido persona entrevistada:

Cargo persona entrevistada:

1. Descripción del datacenter: estado, ubicación, espacio disponible.
2. ¿El Hospital se encuentra completamente cableado con fibra óptica?
3. Los trabajadores de este Servicio, ¿cuentan con conocimiento de los sistemas de RIS y PACS?
4. ¿Tienen los recursos humanos para sumar esta tecnología?

Análisis de mercado - Proveedores

1. ¿Qué tipos de soluciones PACS ofrecen?
2. ¿Arquitectura? ¿Nube?
3. ¿Es escalable?
4. ¿Ofrecen una interoperabilidad PACS+RIS?
5. ¿Se podrían integrar los sistemas al SIGEHOS?
6. ¿Se puede migrar los datos e imágenes que ya se tienen en un PACS de otro proveedor?
7. ¿Cuentan con portal paciente?
8. ¿Tienen la opción de visualizador web para estaciones de visualización, es decir, zero-footprint?
9. ¿Cómo se cobra el servicio? Por estudio subido, por modalidad, por equipo a incluir, alquiler, comodato, etc.
10. Cómo resguardan la seguridad de los datos de los pacientes.

Resumen propuesta por hospital:

- **Servidor PACS:** (redundante – alta disponibilidad)
 - Tipo: rackeable
 - Disponibilidad: Tier 2
 - Configuración: cluster
 - Ejemplo comercial: Dell PoweEdge R740
- **Servidor RIS:** (redundante – alta disponibilidad)
 - Tipo: rackeable
 - Disponibilidad: Tier 2
 - Configuración: cluster
 - Ejemplo comercial: Dell PoweEdge R740
- **Unidad de almacenamiento:**
 - Capacidad por storage: depende del Hospital (entre 5TB y 18TB)
 - Arquitectura: RAID 5
 - Organización: 3 Tier:
 - Tier 1: rápido y continuo acceso (discos estado sólido)
 - Tier 2: consulta poco frecuente (discos ópticos)
 - Tier 3: poco accesible (cinta)
 - Ejemplo comercial: DELL PowerStore 500T
- **UPS para todo el hardware**
- **Workstations:**
 - Diagnóstica: Tomografía, Radiología y Mamografía
 - CPU:
 - Procesador entre 6 y 8 núcleos
 - Placa de video
 - Licencia Windows
 - Ejemplo comercial: DELL Precision T7600
 - Monitor de escritorio: 20 pulgadas
 - Monitor grado médico:
 - Tomografía: 1.2 - 2MP
 - Mamografía: 3 - 5 MP
 - Periféricos: mouse, teclado
 - Visualización: en cualquier servicio del Hospital
 - CPU:
 - Procesador i5
 - Almacenamiento 256GB
 - RAM 4GB
 - Licencia Windows
 - Monitor de escritorio: 20 pulgadas y Ultra HD
 - Periféricos: mouse, teclado
 - Administrativa: admisión Servicio Dxl
 - CPU:
 - Procesador i5
 - Almacenamiento 256GB

- RAM 4GB
 - Licencia Windows
 - Monitor de escritorio: 20 pulgadas
 - Periféricos: mouse, teclado, impresora
- **Software:**
 - RIS:
 - Entre 75.000 y 180.000 estudios por año según Hospital, para la Base de Datos.
 - Gestión de los datos relativos a las prestaciones y a los informes de los pacientes.
 - Gestión de flujo de trabajo, utilizando DICOM worklists.
 - Integración con PACS y (a futuro) SIGEHOS y HCE.
 - Gestión de la integridad de la estructura de bases de datos para el indexado de las imágenes médicas, modalidades e interacciones.
 - Posibilidad de informar y anexar dicho informe a la imagen médica almacenada en el PACS.
 - Posibilidad de crear estadísticas y dashboards a partir de la información recolectada.
 - PACS:
 - Gestión y almacenamiento (sin pérdida) de las imágenes DICOM producidas por los equipos médicos conectados al mismo. Tanto a corto plazo como a largo plazo, según los Tiers expuestos anteriormente.
 - Visualizador web para las computadoras que se encuentran en los diferentes servicios dentro del Hospital, sin necesidad de que sea una workstation, con el sistema zero-footprint (el procesamiento no debe depender de la computadora, sino del servidor).
 - Portal paciente para que los pacientes puedan acceder a sus imágenes médicas sin necesidad de llevarse la placa impresa.
 - Workstations diagnósticas: medición, segmentación, registro y visualización de imágenes médicas.
 - Zoom continuo, paneo y desplazamiento.
 - Modificación del Histograma.
 - Cambio de contraste.
 - Localización de región de interés (ROI, region of interest).
 - Ángulo de Cobb.
 - Medición de distancias y volúmenes.
 - Fusión para registrar imágenes de diferentes fuentes, por ejemplo para hacer un seguimiento de una región por una patología como un tumor.
 - Reconstrucción 3D para tomografías con renderización de superficies.
 - Reconstrucción multiplanar
- **Otros:**
 - Puesta en marcha
 - Insumos para la puesta en marcha (cables, adaptadores, etc.)
 - Capacitación
 - Mantenimiento anual

Consentimiento de uso de datos

Buenos Aires, de de 20...

1. Presto conformidad para que los estudios actuales y futuros que me realice en esta Institución puedan ser consultados por mí y/o el personal médico solicitante mediante un acceso exclusivo y confidencial a éstos a través del portal web del Hospital.

SÍ ☐ NO ☐

2. Asimismo, autorizo a la Institución a utilizar la información clínica y las imágenes médicas con fines académicos, docentes y científicos en forma anónima y confidencial sin revelar mis datos personales, los cuales serán resguardados según la Ley 25.326 de "Protección de datos personales".

SÍ ☐ NO ☐

Sé que puedo revocar libremente las autorizaciones en cualquier momento. Cabe aclarar que la falta de autorización no afectará la prestación del servicio o realización del estudio.

DATOS DEL PACIENTE

Firma:

Aclaración:

DNI:

Email:

Tel:

DATOS DEL FIRMANTE (si el paciente necesitara ser representado)

Firma:

Aclaración:

DNI:

Email:

Tel:

Carácter del firmante (padre/madre, tutor, representante legal, otros):

Apéndice B

Tablas auxiliares

Comparativa propuestas de proveedores

	Especificaciones técnicas	PHILIPS	TECNOIMAGEN	AGIMED
RIS	Worklists de trabajo	☒	☒	☒
	Gestión de documentos	☒	☒	☒
	Integración con PACS y SIGEHOS	☒	☒	☒
	Informes estructurados	☒	☒	☒
	Estadísticas y dashboards	☒	☒	☒
	Servidor	☒	☒	☒
	Independiente	☒	☒	☒
PACS	150.000 estudios por año	☒	☒	☒
	Almacenamiento en diferentes niveles	☒	☒	☒
	Herramientas de diagnóstico y visualización	☒	☒	☒
	Visualizador web	☒	☒	☒
	Portal paciente	☒	☒	☒
	Servidor x2	☒	(x1) ☒	☒
	Storage	☒	☒	☒
	Base de datos única integrada	☒	☒	☒
	DICOM y otros tipos de imágenes médicas	☒	☒	☒
Workstation diagnóstico/visualización	CPU	☒	☒	☒
	Monitor grado médico acorde a especialidad	☒	☒	☒
	Monitor de escritorio	☒	☒	☒
	Periféricos	☒	☒	☒
Mano de obra	Puesta en marcha	☒	☒	☒
	Capacitación	☒	☒	☒
	Mantenimiento x 1 año	☒	☒	☒
Extra	Posibilidad de integración a nivel regional	☒	☒	☒

Storage por modalidad por Hospital

Fernandez			
Modalidad	Cantidad [estudios/año]	Factor de seguridad (20%) [estudios/año]	Total storage por año [MB]
TAC	19200	23040	5299200
US	52800	63360	633600
MAMO	0	0	0
RX	79200	95040	2851200
MN	600	720	1440
Seriografo	600	720	14400
TOTAL estudios	152400	182880	
		TOTAL MB	8799840
		TOTAL GB	8800

Santojanni			
Modalidad	Cantidad [estudios/año]	Factor de seguridad (20%) estudios/año	Total storage por año [MB]
TAC	14400	17280	3974400
US	15000	18000	180000
MAMO	3600	4320	1296000
RX	30000	36000	1080000
MN	0	0	0
Seriografo	300	360	7200
TOTAL estudios	63300	75960	
		TOTAL MB	6537600
		TOTAL GB	6538

Argerich			
Modalidad	Cantidad [estudios/año]	Factor de seguridad (20%) estudios/año	Total storage por año [MB]
TAC	14400	17280	3974400
US	10800	12960	129600
MAMO	3600	4320	1296000
RX	96000	115200	3456000
MN	500	600	1200
Seriografo	600	720	14400
TOTAL estudios	125900	151080	
		TOTAL MB	8871600
		TOTAL GB	8872

Gutiérrez			
Modalidad	Cantidad [estudios/año]	Factor de seguridad (20%) estudios/año	Total storage por año [MB]
TAC			
US	24000	28800	288000
RX	60000	72000	2160000
MN	500	600	1200
Seriografo	1680	2016	40320
TOTAL estudios	86180	103416	
		TOTAL MB	2489520
		TOTAL GB	2490

Info aux	
Modalidad	Tamaño x mod [MB]
TAC	230
US	10
MAMO	300
RX	30
MN	2
Seriografia	20

Figura B.2: Estimación storage por modalidad por Hospital