

Proyecto de ingeniería aplicada

# Diseño e implementación de un sistema de comunicación, archivo y visualización de imágenes médicas para la integración de la Red de salud Cercado

Design and implementation of a communication, archiving and visualization system for medical images for the integration of the Cercado health network

Eylen Jhuliana Mercado Ontiveros<sup>1</sup> Rodrigo Martinez Severich<sup>2</sup>

1. Estudiante de la carrera de Ingeniería Biomédica, Universidad Privada del Valle, Cochabamba, Bolivia. Correo electrónico corporativo. [moe0027325@est.univalle.edu](mailto:moe0027325@est.univalle.edu)

2. Docente del departamento de Ingeniería Biomédica, Universidad Privada del Valle, Cochabamba, Bolivia. Correo electrónico corporativo. [rmartinezs@univalle.edu](mailto:rmartinezs@univalle.edu)

## RESUMEN

El presente proyecto aborda el diseño e implementación de un sistema de comunicación, archivo y visualización de imágenes médicas para la Red de salud Cercado que está constituida por 33 establecimientos de salud. El objetivo principal es integrar la información clínica generada mejorando el flujo de trabajo, la eficiencia y calidad, mediante la adopción de tecnologías digitales en el manejo de imágenes médicas.

El sistema desarrollado integra un PACS que permite el almacenamiento y acceso centralizado de imágenes médicas, un visualizador web DICOM que facilita la visualización de imágenes médicas, desde cualquier dispositivo con conexión a Internet; y un sistema de reportes que agiliza el proceso de generación de informes médicos.

La implementación de este sistema ha demostrado ser una solución eficaz, mostrando diversos beneficios. Se ha logrado una mejora en la comunicación y colaboración entre los establecimientos de salud. Los médicos pueden acceder rápidamente a las imágenes médicas y reportes, lo que facilita la toma de decisiones clínicas y mejora la continuidad de atención. Además, se ha logrado optimizar la gestión de imágenes, disminuyendo la necesidad de almacenamiento físico, facilitando la búsqueda y recuperación de estudios anteriores. Esto ha permitido a los profesionales de salud, acceder de manera rápida y segura a la información necesaria para realizar un diagnóstico y tratamiento de los pacientes.

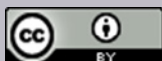
Los resultados obtenidos respaldan la adopción de tecnologías digitales en el manejo de imágenes médicas, proporcionando beneficios en términos de comunicación, colaboración, gestión de datos y seguridad de la información médica.

**Palabras clave:** DICOM, PACS, Teleradiología, Imagen médica.

**Citar como:** Mercado Ontiveros, E. J., & Martinez Severich, R. Diseño e implementación de un sistema de comunicación, archivo y visualización de imágenes médicas para la integración de la red de salud Cercado. *Journal Boliviano De Ciencias*, 20(55). 15-45 <https://doi.org/10.52428/20758944.v20i55.1029>

**Revisado:** 18/12/2023  
**Aceptado:** 16/01/2024  
**Publicado:** 30/06/2024

**Declaración:** Derechos de autor 2023 Mercado Ontiveros, E. J., & Martinez Severich, R., Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Los autores/as declaran no tener ningún conflicto de intereses en la publicación de este documento.



## ABSTRACT

This project deals with the design and implementation of a communication, archiving and visualization system of medical images for the Cercado Health Network, which is made up of 33 Health Establishments. The main objective is to integrate the clinical information generated, improving the workflow, efficiency and quality, through the adoption of digital technologies in the management of medical images.

The developed system integrates a PACS which allows the storage and centralized access of medical images, a DICOM web viewer that facilitates the visualization of medical images, from any device with an Internet connection; and an automated reporting system which streamlines the medical report generation process.

The implementation of this system has proven to be an effective solution, showing various benefits. There has been an improvement in communication and collaboration between health facilities. Physicians can quickly access medical images and reports, facilitating clinical decision-making and improving continuity of care. In addition, image management has been optimized, eliminating the need for physical storage, and facilitating the search and recovery of previous studies. This has allowed health professionals to quickly and securely access the information necessary to diagnose and treat patients.

The results obtained support the adoption of digital technologies in the management of medical images, providing benefits in terms of communication, collaboration, data management, and security of medical information.

**Keywords:** DICOM, PACS, Teleradiology, Medical imaging

## 1. INTRODUCCIÓN

Un establecimiento de salud es una infraestructura pública o privada que presta servicios de salud como ser: consulta externa, imagenología, emergencia, laboratorio, UTI, entre otros. El servicio de imagenología está conformado por sistemas que generan imágenes médicas; para el apoyo de diagnóstico por imagen, denominados modalidades tales como: Radiografía Computarizada (CR), Radiografía Digital Directa (DR), Resonancia Magnética (MRI), Tomografía Axial Computarizada (TC), Ultrasonido (US), etc. Siendo las imágenes médicas las representaciones de las diferentes estructuras anatómicas y funciones fisiológicas del cuerpo humano.

Una Red de salud está conformada por diferentes establecimientos de salud públicos, los cuales tienen como objetivo, realizar la prestación de servicios de salud integral a la población que no se encuentre cubierta por el Seguro Social de Corto Plazo; de forma gratuita, según establece la Ley 1152, emitida el 20 de febrero de 2019. Buscando la atención de salud como un conjunto articulado y continuo de acciones en promoción de la salud, prevención de la enfermedad, curación y rehabilitación.

En los últimos años con el crecimiento exponencial de la población, los sistemas de información clínica generan y almacenan grandes cantidades de información asociados al diagnóstico. Lo que llevó a la adaptación de nuevas tecnologías y

la búsqueda de herramientas y soluciones necesarias para contribuir a un mejor desarrollo en la adquisición, almacenamiento y transmisión de imágenes médicas.

Un PACS (Picture Archiving and Communication System) es un sistema que permite el archivo y comunicación de imágenes médicas, el cual es alimentado por las modalidades. El protocolo de comunicación que utilizan los sistemas PACS es el DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) que permite la interacción entre las modalidades de imagenología, estaciones de trabajo y visualizadores.

DICOM es un estándar internacional que se encarga de la comunicación, almacenamiento y transmisión de imágenes digitales en radiología. Se formó debido a la necesidad de establecer una plataforma en la que todas las especialidades de rayos X pudieran compartir información; y adoptar un lenguaje uniforme que permitiera a todas las modalidades, intercambiar imágenes médicas entre ellas. Este estándar permite establecer un formato que permita intercambiar datos con la calidad necesaria para su uso clínico.

La implementación de estos sistemas radica en la eliminación de la placa radiográfica y espacios físicos de almacenamiento y permite el acceso a las imágenes médicas desde los diferentes servicios de salud que lo requieran; dentro de un establecimiento de salud, mediante una transmisión segura de datos de los pacientes.

Hoy por hoy, es posible realizar la implementación de un PACS en una Red de salud, para la administración de la comunicación, archivo y visualización de las imágenes médicas de manera interhospitalaria, con el objetivo de integrar la información clínica generada, optimizar recursos y realizar un diagnóstico por imagen eficiente, en beneficio de la población.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1 Enfoque de investigación**

El enfoque de investigación que se llevó a cabo es cuantitativo debido a que se realizó la configuración de DICOM STORAGE de las modalidades DR y US del Hospital del Norte, DR del Hospital Cochabamba y DR del Hospital del Sud de la Red de Salud Cercado, para establecer la comunicación DICOM y envío de información al PACS; y se tuvo acceso a la visualización de las imágenes médicas almacenadas en la Base de Datos a través de la APP WEB, desde los 22 Centros de salud de Primer nivel ambulatorios que corresponden al 69.7% de los establecimientos de salud de la Red de Salud Cercado.

### **2.2 Tipo de investigación**

El tipo de investigación que se realizó fue de tipo descriptivo debido a que se mencionó las características más importantes del PACS; además, es de tipo explicativo y exploratorio porque se implementó un sistema de archivo y comunicación de imágenes médicas, en el que se indicó el desarrollo y las condiciones bajo las que se implementó. Se trabajó en el desarrollo de una solución mediante la investigación de estos temas poco tratados.

### **2.3 Métodos**

El método que se llevó a cabo fue de tipo teórico, el proyecto se basó en la investigación documental, para conocer todos los parámetros más importantes que se requieren para desarrollar el sistema.

Por otro lado, se siguió un método analítico debido a que se realizó una investigación de todas las partes integrantes, para descubrir los elementos esenciales que lo conforman y las características que debe tener el sistema para que sea funcional, eficiente y seguro.

### **2.4 Metodología del software**

Se siguió la metodología ágil Kanban; este método permite una mejor organización del flujo de trabajo y una mejor distribución de tareas, lo que permite obtener mejores resultados.

### **2.5 Técnicas**

La técnica que se implementó fue mediante la revisión documental y trabajo de campo, esta información nos aportó conocimiento, y nos ayudó al momento de realizar la implementación del sistema en los Establecimientos de Salud de la Red de Salud Cercado.

### **2.6 Población**

La población que será beneficiada es el personal de salud y pacientes que serán atendidos en los establecimientos de salud de la Red de salud Cercado, para recibir una atención segura y eficiente. Ya que se plantea diseñar un sistema con acceso a la información selectiva, una arquitectura escalable, tecnología web integrada y una interfaz de usuario consistente.

### **2.7 Fuentes**

Las fuentes tomadas en cuenta fueron primarias debido a que se recopiló información de los establecimientos de salud de la Red de salud Cercado, la Secretaría Municipal de Salud del Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba, documentos, libros y fuentes secundarias, debido a que gran información se encuentran en diferentes sitios web.

### **2.8 Ingeniería del proyecto**

El proyecto integra un sistema de comunicación, archivo y visualización de imágenes médicas para la integración de la Red de salud de Cercado. Para la realización del proyecto de investigación, se llevó a cabo una serie de procedimientos que se describirá a continuación y como se muestra en la figura No. 1. Se realizó la configuración DICOM STORAGE de las modalidades de rayos X y ultrasonido de los hospitales de segundo nivel que conforman la Red de salud de Cercado, con el objetivo de que las modalidades puedan establecer comunicación con nuestro servidor PACS. La configuración de este servicio permitió el intercambio de datos entre varios dispositivos a través de la red DICOM, otorgando la capacidad de mandar las imágenes médicas y datos relacionados para su posterior almacenamiento.

La comunicación entre las modalidades y el PACS se realizó mediante una IP pública estática configurada en un Router. Una vez realizada la recepción de las imágenes médicas en formato digital, se procedió a enviarlas a un servidor que posteriormente se integró a la base de datos denominada ImageServer.

El desarrollo de la aplicación web nos permitió extraer la información DICOM a partir de la base de datos ImageServer. Además, nos permitió la visualización de las diferentes imágenes médicas correspondientes a todos los estudios realizados en los diferentes establecimientos de salud. La aplicación web incluye un conjunto de herramientas que facilitan el procesamiento digital de imágenes, como ajuste de contraste, brillo, negativo y zoom. Estas herramientas han mejorado la capacidad del personal de salud para realizar diagnósticos más precisos. El visualizador desarrollado también incorpora una herramienta de medición que permite realizar mediciones sobre las diferentes imágenes médicas con el fin de generar y proporcionar al médico información de gran importancia para la caracterización de la anatomía de diversos órganos o partes del cuerpo humano.

Para el acceso a la aplicación web se realizó la implementación de un inicio de sesión. La aplicación cuenta con diferentes tipos de usuarios, cada uno con roles específicos. Se cuenta con tres actores principales.

- Administrador: Responsable de crear a los operadores (personal de salud) de los diferentes establecimientos de salud. Estos operadores formarán parte de diferentes servicios, como consulta externa, cirugía, emergencias, imagenología, entre otros.
- Técnico: Posee acceso al PACS y es el responsable de gestionar el almacenamiento de las imágenes médicas.
- Operador: Tiene acceso a la lista de pacientes que se realizaron los estudios en los establecimientos de salud, con la posibilidad de realizar la visualización de las imágenes médicas, las cuales también podrán ser encontradas mediante un buscador según el nombre del paciente, tipo de estudio y la fecha en la que se realizó. Además, el operador cuenta con acceso a un conjunto de herramientas que podrán ser utilizadas para un mejor diagnóstico y brindar una atención más rápida.

## DIAGRAMA DE BLOQUES

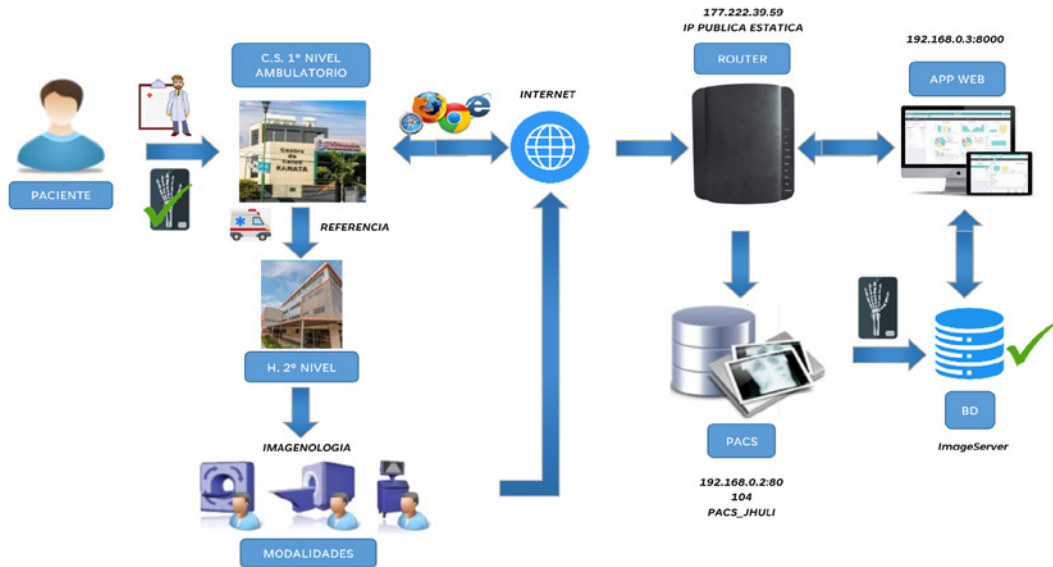


Figura N° 1. Diagrama de bloques. Fuente: Elaboración propia, 2023.

### 2.8.1 Instalación y configuración del PACS

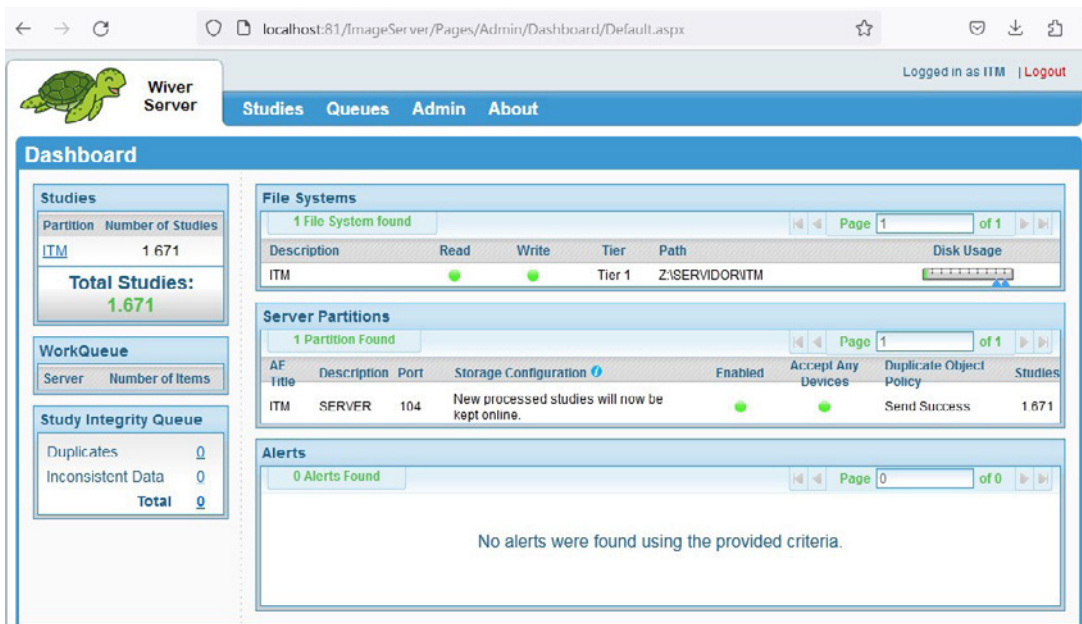
El PACS fue implementado utilizando una Aplicación Web en ASP.NET basado en el software libre Clear Canvas DICOM Sever v13.2, donde se realizaron las configuraciones de parámetros para la conexión con la instancia, dirección de almacenamiento de las imágenes DICOM y creación de la partición de almacenamiento.

Clear Canvas DICOM Server v13.2 crea un acceso directo de la APP WEB, en la cual se realizó la configuración de la Dirección URL del acceso directo a **http://localhost:81/ImageServer** y una vez ejecutado, se abre el navegador predeterminado con el Template de Log in como se muestra en la figura No. 2.



**Figura N° 2.** PACS Log in Template. Fuente: Elaboración propia, 2023.

Introduciendo las credenciales de autenticación de User ID y Password en el Template de Log in del PACS, nos permite redireccionarlos al Template del Dashboard del PACS; como se muestra en la figura N° 3, para poder realizar la configuración con las modalidades.



**Figura N° 3.** PACS Dashboard Template. Fuente: Elaboración propia, 2023.

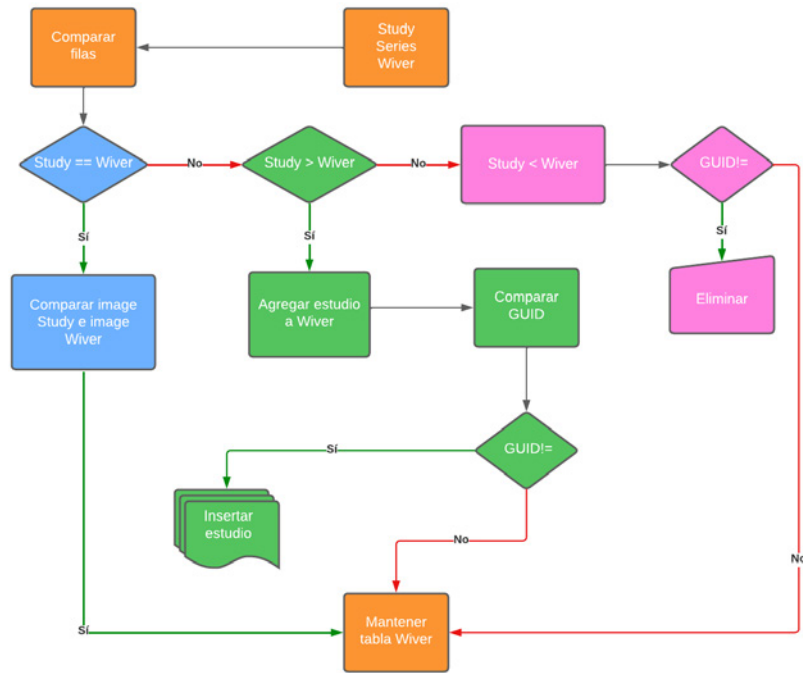
## 2.8.2 Desarrollo de la aplicación web

Una vez instalado el PACS y configurado las diferentes modalidades, se procedió al desarrollo de la APP WEB con el Framework Django en el Host; correspondiente al Viewer DICOM, bajo el lenguaje de programación de alto nivel Python.

Se llevó a cabo la creación de tablas WiverTable, AdminWiverTable, OperatorWiverTable, ServiceWiverTable, ReportTable, Study y Series en la base de datos (DB) del PACS por medio de Microsoft SQL Server Management Studio v18.12.1. Estas tablas se utilizan para la administración de las imágenes médicas, usuarios, autenticación de acceso, servicio técnico y reportes. El PACS inserta datos en la tabla Study y Series al efectuarse un Servicio de DICOM Storage entre la Modalidad y el PACS. En cada proceso de búsqueda de información, se realiza un conteo de las filas insertadas en las tablas Study y WiverTable para determinar tres posibles situaciones, como se muestra en la figura N° 4.

1. Registro de nuevo estudio:  
Si la tabla Study tiene más filas que la tabla WiverTable, significa que el PACS ha registrado un nuevo estudio. Es necesario agregar dicho estudio en la tabla WiverTable. mediante la comparación de los parámetros GUID de las tablas Study y WiverTable para identificar el registro diferencial y poder insertarlo.
2. Eliminación de estudio existente:  
Si la tabla Study tiene menos filas que la tabla WiverTable, significa que el PACS ha eliminado un estudio. Es necesario eliminarlo de la tabla WiverTable. Para ello se realizó una comparación de los parámetros GUID de las tablas Study y WiverTable para poder identificar cuál es el registro diferencial y poderlo eliminarlo.
3. Actualización de información:  
Si la tabla Study tiene igual cantidad de filas que la tabla WiverTable, significa que el PACS no ha recibido ningún estudio nuevo y tampoco ha eliminado un estudio existente. Sin embargo, cuando el PACS está insertando datos de múltiples imágenes médicas, es necesario actualizar la información correspondiente al número de Series e Imágenes en la WiverTable. Para ello se ejecutó una comparación de los parámetros GUID de ambas tablas para poder actualizar los datos de número de Series e Imágenes en la tabla WiverTable.

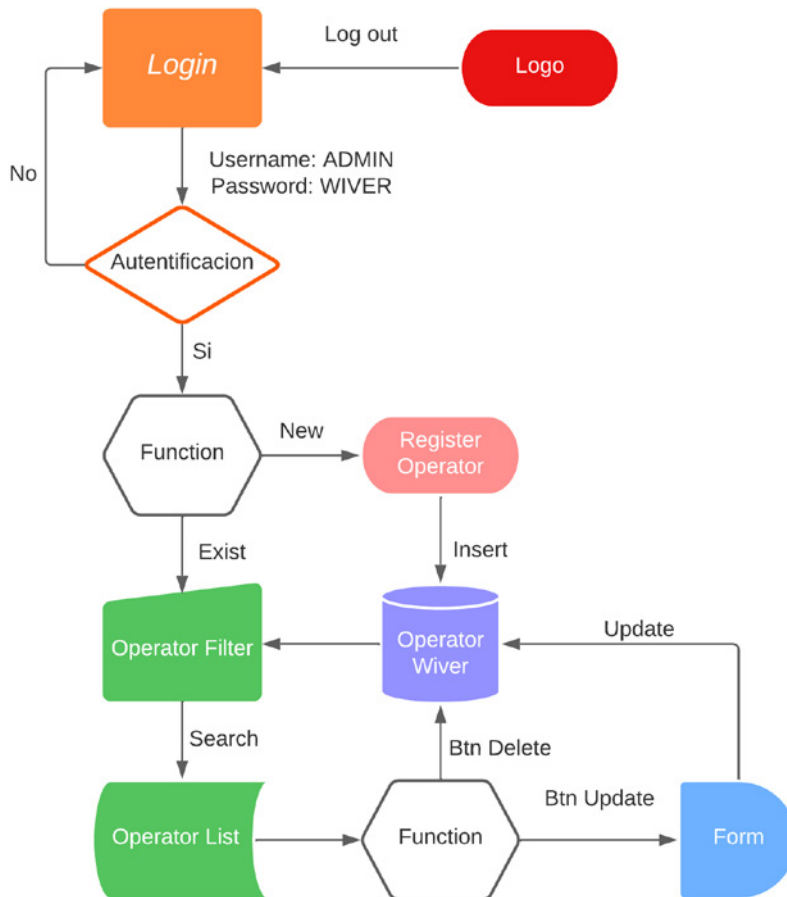




**Figura N° 4.** Diagrama de flujo WiverTable. Fuente: Elaboración propia, 2023.

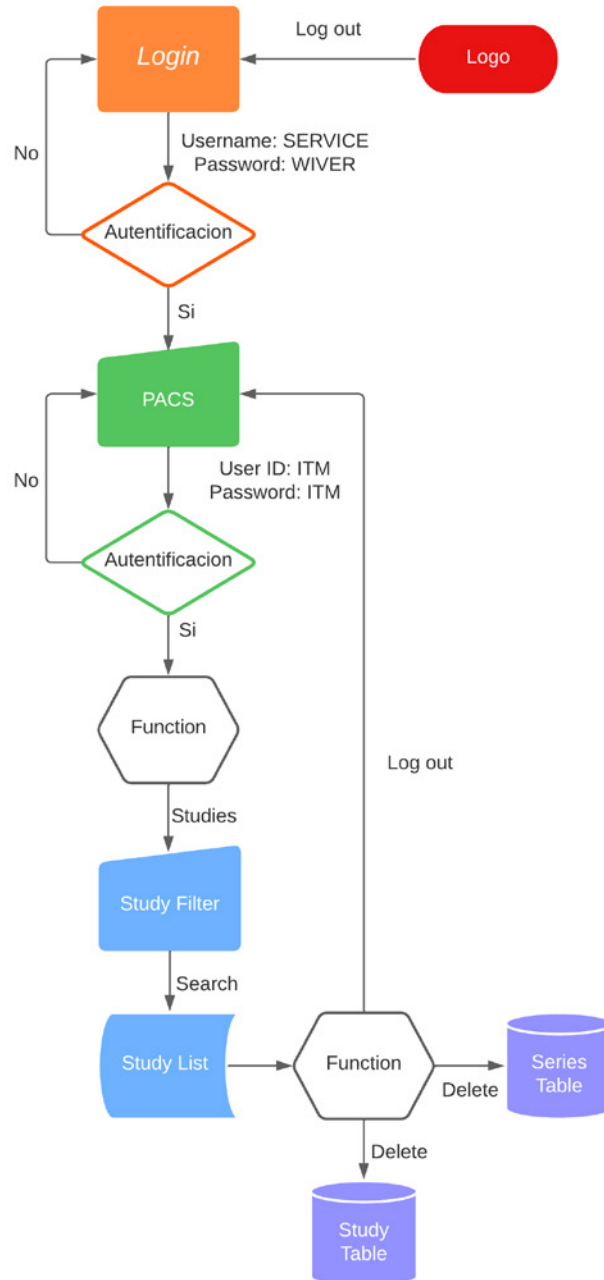
El Viewer DICOM presenta diferentes niveles de acceso como ser: Operador, Administrador y Servicio. Con la finalidad de delimitar y controlar las diferentes funciones y características que presenta la APP WEB para su correcto funcionamiento.

El usuario Administrador fue creado en la tabla AdminWiverTable y es el encargado de gestionar la creación, actualización y eliminación de usuarios Operadores (personal de salud), como se muestra en la figura N° 5.



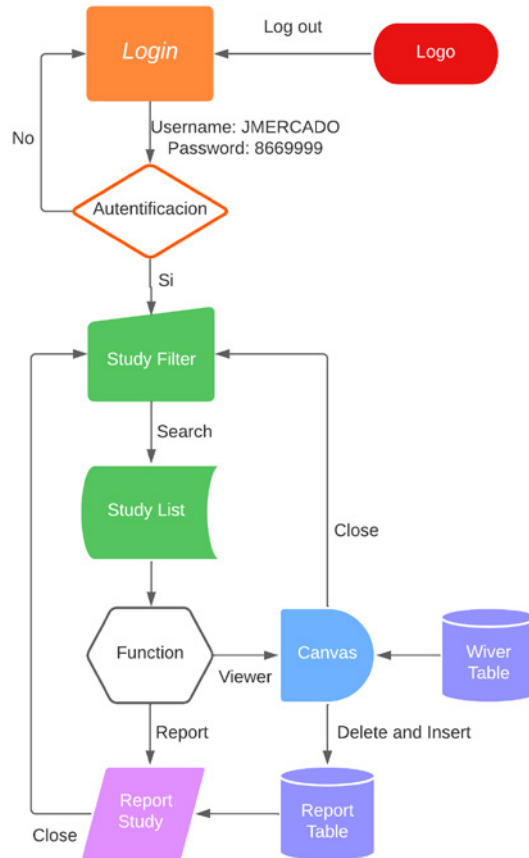
**Figura N° 5.** Diagrama de flujo AdminWiverTable. Fuente: Elaboración propia, 2023.

El usuario Servicio fue creado en la tabla ServiceWiverTable y permite acceder al PACS, como se muestra en la figura N° 6. Para ello debemos introducir las credenciales de autenticación de Username y Password en el Template de Log in. El PACS es el administrador de las imágenes médicas que permite interactuar con las modalidades bajo el protocolo de comunicación DICOM, realizar servicio DICOM y administrar la base de datos (BD) de los estudios como también nos permite administrar todos los dispositivos que se encuentran conectados al PACS.



**Figura N° 6.** Diagrama de flujo ServiceWiverTable. Fuente: Elaboración propia, 2023.

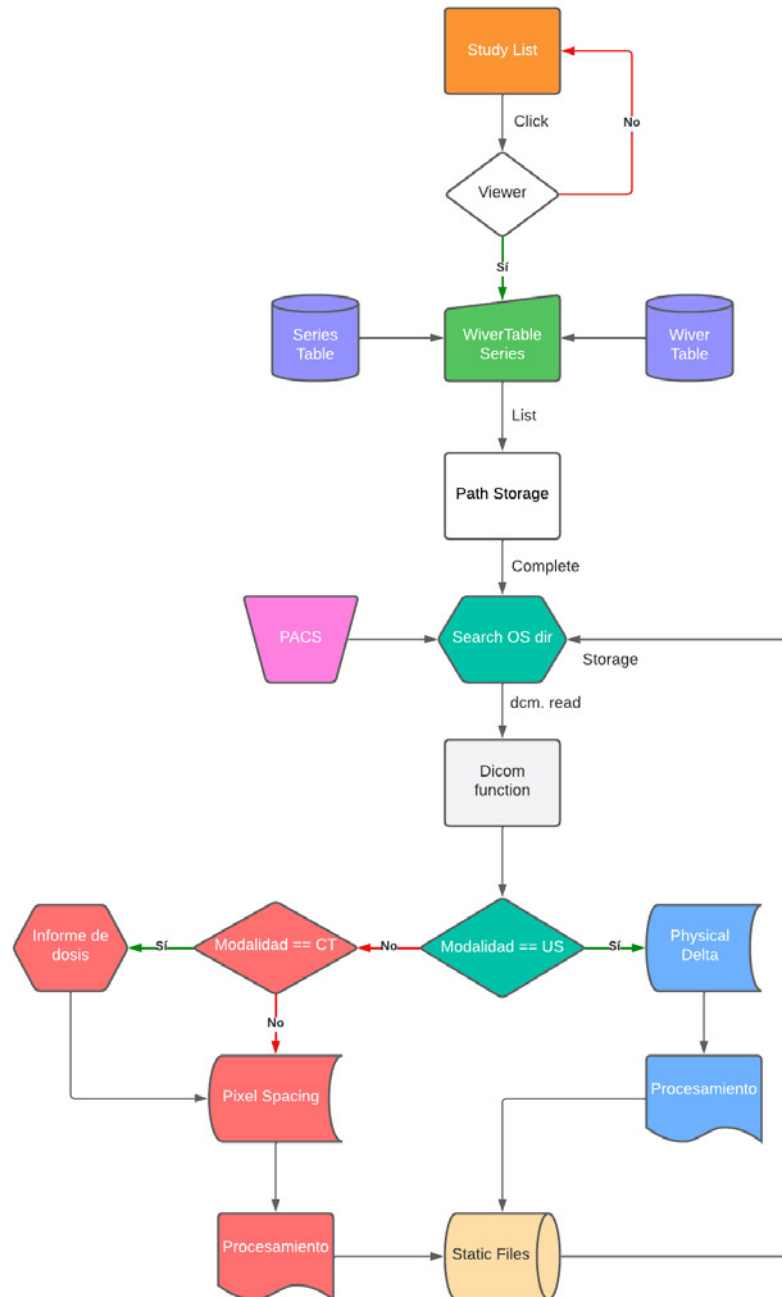
Los usuarios Operadores son almacenados en la tabla OperatorWiverTable, que corresponde al personal de Salud. Esto les permite acceder y visualizar las Imágenes Médicas DICOM de un estudio específico. Para lograrlo, es necesario ingresar las credenciales de autenticación, que consisten en un nombre de usuario (Username) y una contraseña (Password) asignados a cada Operador. Estas credenciales se introducen en el template de Log in como se muestra en la figura N° 7.



**Figura N° 7.** Diagrama de flujo OperatorWiverTable. Fuente: Elaboración propia, 2023.

Una vez hayamos iniciado sesión, se nos redireccionará a la página principal. Ingresamos al Template de filtro de búsqueda para ingresar los datos en los campos de Nombre del paciente, Fecha de estudio, Sexo y Modalidad (no es necesario llenar todos los campos, para generar la lista de estudios existentes). Si no se introduce ninguna información en los campos de filtros de búsqueda, se genera la lista total de estudios existentes. Una vez encontrado el estudio específico del que se desea visualizar las imágenes médicas damos click en el botón Viewer. Con la información de las tablas Series y wiverTable se genera una lista del Path de almacenamiento de las imágenes médicas del estudio seleccionado que se encuentran ubicados en el Sistema Operativo del Host. Cada Imagen DICOM entra

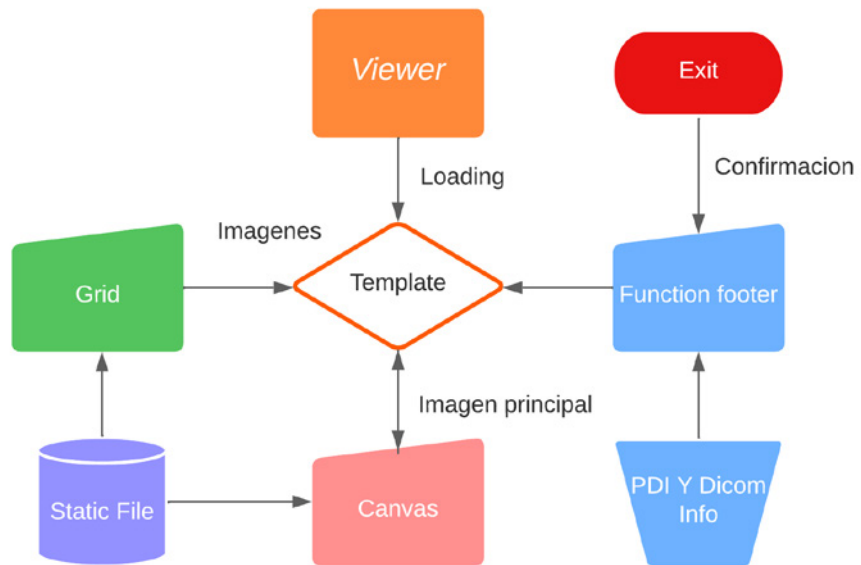
a una función de identificación de modalidad para determinar los atributos DICOM necesarios para realizar mediciones y a un procesamiento de la matriz de datos para no perder información diagnóstica al ser almacenada de manera temporal en el archivo de Static File del proyecto Django con la extensión PNG como se muestra la figura N° 8.



**Figura N° 8.** Diagrama de flujo Viewer Template. Fuente: Elaboración propia, 2023.

Se desarrolló un bucle de animación durante el tiempo de procesamiento de Imágenes DICOM del Path STORAGE y almacenamiento de imágenes PNG en el archivo Static File. El tiempo del modal está en función a la cantidad de imágenes médicas que contiene el estudio.

Una vez almacenadas las imágenes PNG pertenecientes a un estudio en Static File se direcciona al Template de visualización conformado por tres partes: el lienzo donde mostrará la Imagen Médica principal, La grilla que contiene las miniaturas de todas las imágenes médicas pertenecientes al estudio y las funciones que contiene el PDI, Información DICOM de la Imagen Médica y Salir del template de visualización como se muestra en la figura N° 9.



**Figura N° 9.** Diagrama de flujo del Path Dicom. Fuente: Elaboración propia, 2023.

### 2.8.3 Interfaz de visualización y herramientas

El Template de visualización tiene una distribución ergonómica e intuitiva y se ajusta a las dimensiones de la resolución de dispositivos móviles, pc de escritorio o portátil para el fácil manejo del operador.

En la barra de funciones contamos con la opción de visualizar la información DICOM de la Imagen Medica Principal desplegada en Canvas.

Size y PixelSpacing son atributos DICOM de las modalidades CR, DX, CT y MR, por otro lado, DFOV, Resolution y Pixel Size son parámetros calculados a partir de los atributos anteriormente mencionados.

Para poder realizar la función de medición es necesario visualizar la imagen médica con la cantidad de pixeles de filas y columna de la Imagen DICOM original, para ello debemos dar click en la imagen médica principal y seleccionamos la función de medición, posteriormente hacemos click en los puntos de inicio y final que deseamos medir para generar una recta entre los puntos seleccionados con la cuantificación de la medida.

La información de la recta de medición es calculada a partir de los parámetros Size y Pixel Spacing de cada Imagen Medica. En la ecuación 1 y 2 podemos realizar el cálculo para hallar las dimensiones del campo de visión a partir de los parámetros anteriormente mencionados. Podemos realizar el cálculo con el siguiente ejemplo del DICOM Info de una imagen medica almacenada:

$$DFOV_x = SIZE\ column \times Pixel\ Spacing\ x \quad (1)$$

$$DFOV_y = SIZE\ row \times Pixel\ Spacing\ y \quad (2)$$

$$DFOV_x = 2336px \times 0.15 \frac{mm}{px}$$

$$DFOV_x = 350.4\ mm = 35.04\ cm$$

$$DFOV_y = 2836px \times 0.15 \frac{mm}{px}$$

$$DFOV_y = 425.4\ mm = 42.54\ cm$$

Una vez realizado el cálculo de las dimensiones de campo de visión, hallamos la resolución de la imagen a partir de las siguientes ecuaciones:

$$RES\ x = \frac{SIZE\ columns}{DFOV\ x} \quad (3)$$

$$RES\ y = \frac{SIZE\ row}{DFOV\ y} \quad (4)$$

$$RES\ x = \frac{2336\ px}{350.4\ mm}$$

$$RES\ x = 6.67\ \frac{px}{mm}$$

$$RES\ y = \frac{2836\ px}{425.4\ mm}$$

$$RES\ y = 6.67\ \frac{px}{mm}$$

$$RES = 6.67\ \frac{px}{mm}$$

Finalmente, reemplazamos los valores anteriormente hallados en la ecuación de la recta (5).

$$RECTA = \frac{\sqrt{((Xf-Xo)^2 + (Yf-Yo)^2)}}{RES} \quad (5)$$

Para poder realizar la función de zoom es necesario visualizar la imagen médica con la cantidad de pixeles de filas y columna de la Imagen DICOM original, para ello debemos dar click en la imagen medica principal y seleccionamos la función de zoom, posteriormente hacemos click en la estructura que deseamos visualizar con mayor detalle para generar una caja de magnificación.

Para poder realizar la función de negativo debemos seleccionar la función de negativo y se ajustaran los pixeles de la Imagen Medica principal, mediante la siguiente ecuación matricial (6).

$$\begin{aligned} R\ pixel\ [i] &= 255 - R\ pixel[i] \\ G\ pixel\ [i] &= 255 - G\ pixel[i] \\ B\ pixel\ [i] &= 255 - B\ pixel[i] \end{aligned} \quad (6)$$

Para poder realizar la función de ajuste de contraste y brillo debemos desplazar la slider correspondiente a cada función donde los valores serán almacenados en dos variables Factor (7) y Factor2 (8), correspondientes al contraste y brillo. Ambos valores serán aplicados en la ecuación matricial (9), el cual ajustara los pixeles de la Imagen Médica principal.



$$Factor = \frac{(259 \times (SLIDER\ contrast + 255))}{(255 \times (259 - SLIDER\ contrast))} \quad (7)$$

$$Factor2 = SLIDER\ shine \quad (8)$$

$$R\ pixel\ [i] = Factor2 + (Factor \times (R\ pixel[i] - 128) + 128)$$

$$G\ pixel\ [i] = Factor2 + (Factor \times (G\ pixel[i] - 128) + 128) \quad (9)$$

$$B\ pixel\ [i] = Factor2 + (Factor \times (B\ pixel[i] - 128) + 128)$$

Para poder realizar la restauración de los valores de la matriz de pixeles debemos seleccionar la función BACK y se ajustarán los pixeles de la Imagen Médica principal a los valores de la Imagen Médica DICOM original.

Para poder salir del Template de visualización debemos seleccionar la función EXIT y se despliega un modal de confirmación para regresar al Template de búsqueda de estudio. Al ejecutar esta función se eliminar todas las Imágenes PNG que fueron almacenadas de manera temporal en Static File.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Requisitos de acceso

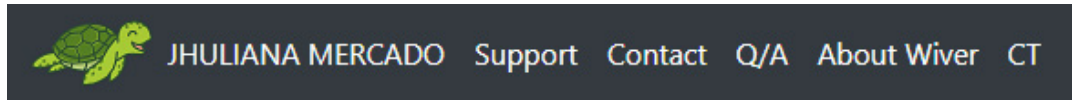
Para acceder al sistema Wiver se requiere una conexión a internet y un navegador web compatible a través de la URL: <https://www.mywiver.com>, los usuarios recibirán credenciales de inicio de sesión por parte del administrador del sistema, como se muestra en la figura N° 10.



**Figura N° 10.** Wiver Log in. Fuente: Elaboración propia, 2023.

### 3.2 Barra de navegación y panel de control

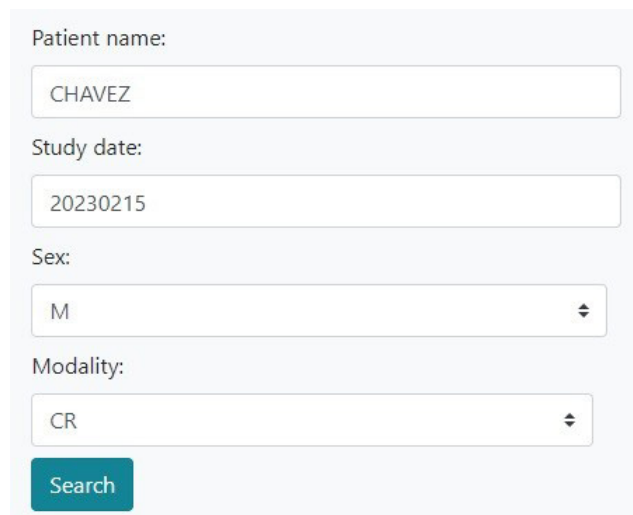
La barra de navegación se encuentra en la parte superior de la pantalla, como se muestra en la figura N° 11 y contiene enlaces rápidos a información acerca del sistema, soporte, contactos y Q/A. Se utilizan estos enlaces para acceder a las áreas de interés con facilidad.



**Figura N° 11.** Diagrama de flujo del Path Dicom. Fuente: Elaboración propia, 2023.

Una vez iniciado sesión, se desplegará la plantilla del panel de control. Donde, es posible acceder a la lista de imágenes de todos los pacientes además de funciones propias del sistema, como la búsqueda de pacientes, visualización de imágenes y la visualización de reportes.

Mediante las opciones de búsqueda a través del nombre del paciente, fecha de estudio, sexo y/o modalidad es posible localizar estudios específicos, como se muestra en las figuras N° 12 y 13.



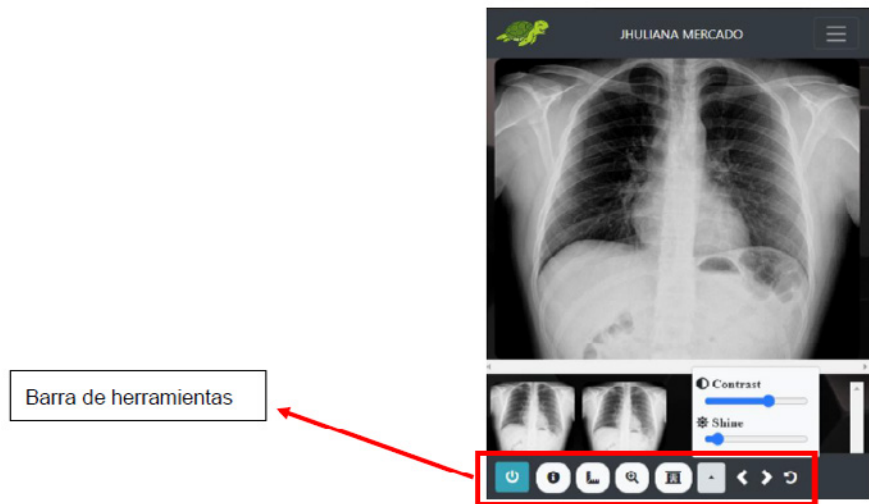
**Figura N° 12.** Filtro de estudios. Fuente: Elaboración propia, 2023.

N°	Patient Name	Study Date	Sex	Modality	Studies	Viewer	Report	QRCode
1	ADRIAN ^CHAVEZ	20230215	M	CR	2			
2	CHAVEZ GONZALEZ ^MARCO	20230308		DX	1			
3	CHAVEZ ^CHACON ^, ^MARCELA	20230310	F	CR	1			
4	callao ^milenska ^chavez	20210210	F	US	9			
5	MAMANI ^CHAVEZ ^ENRIQUE ^JAFET	20230316	M	CR	3			
6	MONTANO ^CHAVEZ, ^JAIME	20230317	M	CR	2			
7	FLORES ^CHAVEZ ^MARIA	20230410	F	CR	4			
8	APURI ^CHAVEZ, ^HECTOR ^RAZael	20230413	M	CR	1			

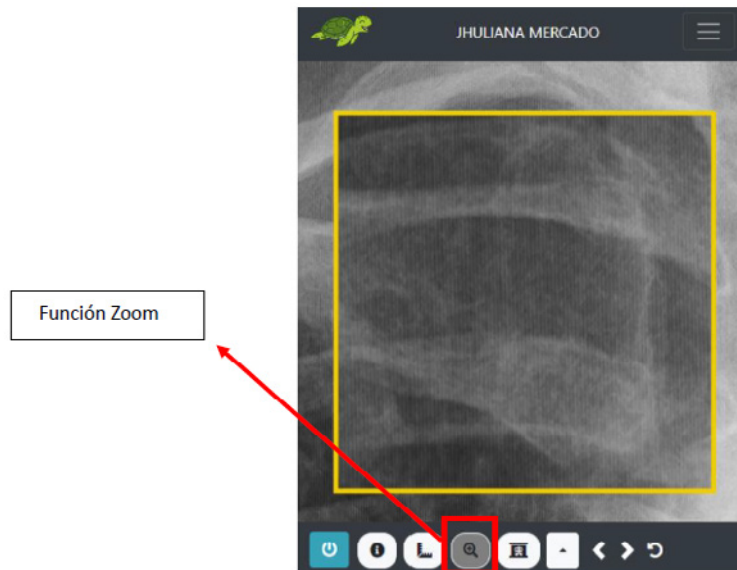
**Figura N° 13.** Lista de estudios. Fuente: Elaboración propia, 2023.

### 3.3 Herramientas de visualización

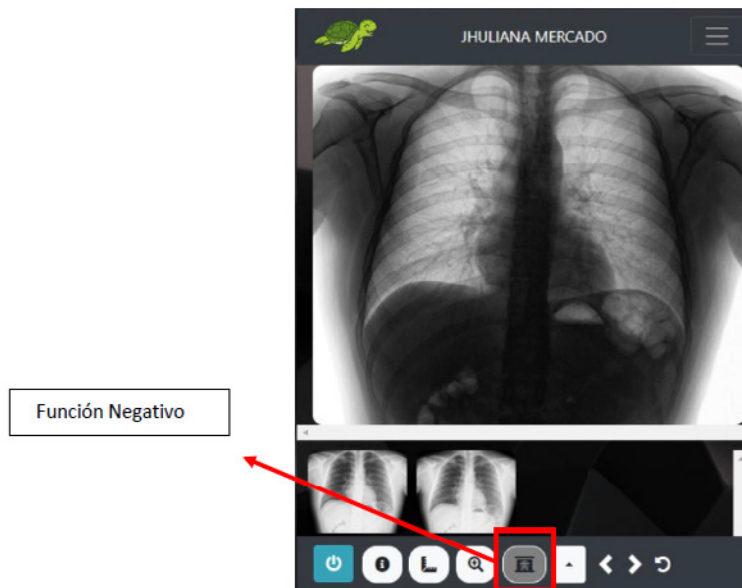
Dentro de la interfaz de visualización de imágenes, se encuentran herramientas para ajustar la apariencia de las imágenes, tal como se ilustra en la figura N° 14. Se cuenta con la herramienta de zoom para examinar con mejor detalle, como se observa en la figura N° 15, así como ajustes de contraste y brillo para mejorar la visualización de estructuras específicas. Además, la función de negativo (inversión de colores), presentada en la figura N° 16, posibilita resaltar patologías o características en la imagen médica, ofreciendo así un conjunto de herramientas para una evaluación detallada y precisa.



**Figura N° 14.** Barra de herramientas. Fuente: Elaboración propia, 2023.

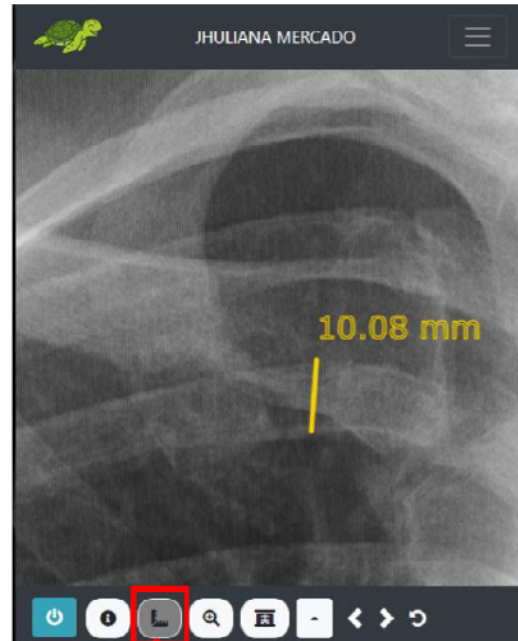


**Figura N° 15.** Función Zoom. Fuente: Elaboración propia, 2023.



**Figura N° 16.** Función negativa. Fuente: Elaboración propia, 2023.

En la plantilla de visualización de imágenes, se dispone de una herramienta dedicada a la medición de estructuras, evidenciada en la figura N° 17. Para llevar a cabo la medición es necesario aplicar un zoom para examinar detenidamente las estructuras y, posteriormente realizar la medición. El procedimiento implica efectuar un click inicial sobre la estructura que se desea medir, seguido de otro click en el punto donde se desea finalizar la medición.



Herramienta de medición

**Figura N° 17.** Herramienta de medición. Fuente: Elaboración propia, 2023.

### 3.4 Herramientas de información DICOM

Dentro de la plantilla de visualización de imágenes, se encuentra la herramienta para la visualización de información DICOM en las imágenes, como se muestra en la figura N° 18. La información incluye el nombre de la institución donde se realizó el estudio, marca del equipo, nombre del paciente, fecha del estudio, modalidad e información propia de la imagen.

## DICOM INFO

ITEM	DICOM
Institution	HOSPITAL DEL NORTE
Manufacturer	FUJIFILM Corporation
Patient Name	ADRIAN^CHAVEZ
Study Date	20230215
Modality	CR
Size	2836 x 2336 px
Pixel Spacing	0.1500 x 0.1500 mm/px
DFOV	42.54 x 35.04 cm
Resolution	6.67 , 6.67 px/mm
Pixel Size	150.00 , 150.00 um

Close

**Figura N° 18.** Dicom Info Fuente: Elaboración propia, 2023.

### 3.5 Gestión de reportes

Dentro de la sección de generación de informes, es posible crear informes médicos detallados para documentar las observaciones y diagnósticos. Las plantillas de informes predefinidas agilizan el proceso de generación de informes. Permite realizar reportes mediante comando de voz, haciendo click en el botón del micrófono. Al momento de crear un reporte, el mismo será almacenado en forma de documento con los datos más importantes como nombres del paciente, fecha del estudio, descripción, fecha de realización del reporte y finalmente el nombre del médico que realizó el reporte, como se muestra en la figura N° 19.



**Figura N° 19.** Reporte. Fuente: Elaboración propia, 2023.

### 3.6 Seguridad y privacidad

El acceso al sistema PACS está regulado por políticas de seguridad. Solo los usuarios autorizados tienen acceso y deben utilizar sus credenciales de inicio de sesión de manera segura.

El sistema PACS cumple con las regulaciones de protección de datos, como la Ley de Portabilidad y Responsabilidad de Seguros de Salud (HIPAA) y el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR).

## 4. DISCUSIÓN, DESARROLLO Y ANÁLISIS

### 4.1 Discusión

#### 4.1.1 Evaluación del PACS

En la tabla N° 1, se muestran las diferencias más significativas entre un hospital que cuenta con un PACS y otro que no lo tiene. El PACS proporciona beneficios importantes como se mencionó anteriormente, permite el acceso remoto a imágenes, visualización digital, la facilidad de compartir y buscar imágenes y la interoperabilidad con otros sistemas. Estas características mejoran la eficiencia, la colaboración y la seguridad en la gestión de imágenes y datos médicos. En contraste, se observó que un hospital que no cuenta con un servidor PACS depende de métodos tradicionales de almacenamiento y gestión de imágenes, lo que da como resultado procesos más lentos, mayor uso de espacio físico y menor acceso a la información clínica.

**Tabla N° 1. Hospitales con PACS vs sin PACS.**

Características	Hospital con PACS	Hospital sin PACS
<b>Almacenamiento de imágenes</b>	Centralizado y digitalizado en el servidor PACS	Dependiente de archivos físicos y almacenamiento local
<b>Acceso remoto a imágenes</b>	Posible acceso desde cualquier ubicación con conexión a internet	Acceso limitado a imágenes físicas y ubicación del archivo
<b>Visualización de imágenes</b>	Visualización en estaciones de trabajo o dispositivos electrónicos (computadoras portátiles, tablets, etc.)	Limitada a imágenes impresas o radiografías tradicionales
<b>Compartir imágenes</b>	Posibilidad de compartir imágenes fácilmente	Difícil de compartir imágenes físicas y coordinar envío
<b>Informes y documentación</b>	Generación y almacenamiento digital de informes	Documentación en papel y archivos físicos
<b>Búsqueda y recuperación</b>	Búsqueda rápida y precisa de imágenes y casos clínicos	Búsqueda manual y dependiente de registros en papel
<b>Colaboración y consulta</b>	Facilidad para colaborar y consultar con otros médicos	Dificultad para la colaboración remota y consulta de especialistas
<b>Seguridad y respaldo de datos</b>	Mayor seguridad y respaldo de imágenes y datos médicos	Riesgo de pérdida o daño de imágenes y archivos médicos

Fuente: Elaboración propia, 2023.

#### 4.1.2 Evaluación del visualizador desarrollado

En la tabla N° 2 podemos resaltar los beneficios del visualizador web desarrollado en comparación con los visualizadores de escritorio. El visualizador web ofrece acceso desde cualquier ubicación sin necesidad de instalaciones y actualizaciones locales, permite una fácil integración en el entorno de TI existente, promueve la colaboración remota y se actualiza de manera automática en el servidor, además es altamente escalable y compatible con diferentes plataformas como se puede observar en el presente proyecto.

Por otro lado, el visualizador de escritorio DICOM requiere de una instalación manual en cada dispositivo limitando su uso. Esta limitado a los dispositivos donde se ha instalado el software y su capacidad está sujeta a los recursos y licencias disponibles en esos dispositivos.

La integración del visualizador desarrollado fue acertada en todos los establecimientos de salud que conforman la Red de Salud de Cercado. Debido a que uno de los problemas recurrentes era los conflictos que existían entre el visualizador y otros sistemas que estaban instalados en los equipos como por ejemplo el SOAPS. Dada la presencia de estos problemas el personal del servicio técnico del hospital recurría a solucionar continuamente estos problemas. Sin embargo, al implementar el sistema desarrollado no se presentaron estos conflictos debido a la implementación de tecnologías web.



**Tabla N° 2.** Viewer DICOM web vs escritorio.

Beneficio	Visualizador Wiver	Visualizador de escritorio DICOM
<b>Acceso desde cualquier ubicación</b>	Accesible desde cualquier dispositivo con conexión web	Limitado a dispositivos en los que esté instalado el software
<b>No requiere instalación ni actualizaciones</b>	Se accede a través del navegador web sin instalar	Requiere instalación y actualizaciones en cada dispositivo
<b>Fácil integración en el entorno de TI</b>	Puede integrarse con otros sistemas diferentes	Requiere configuración y compatibilidad de TI
<b>Colaboración y consulta remota</b>	Permite compartir y colaborar en tiempo real	Limitado a dispositivos en los que está instalado el software
<b>Actualizaciones y mejoras automáticas</b>	Las actualizaciones se implementan en el servidor web	Requiere actualizaciones manuales en cada dispositivo
<b>Mayor escalabilidad y flexibilidad</b>	Puede manejar múltiples usuarios y ampliarse fácilmente	Limitado a la capacidad del dispositivo y licencia adquiridas
<b>Compatibilidad multiplataforma</b>	Funciona en diferentes sistemas operativos y dispositivos	Limitado a dispositivos y sistemas operativos hola compatibles
<b>Ahorro de recursos y espacio</b>	No requiere recursos locales ni espacio de almacenamiento	Requiere recursos locales y almacenamiento en cada dispositivo
<b>Actualización y visualización en tiempo real</b>	Las imágenes se actualizan y visualizan en tiempo real	Depende del rendimiento del dispositivo y la conexión de red
<b>Mayor escalabilidad y flexibilidad</b>	Puede manejar múltiples usuarios y ampliarse fácilmente	Limitado a la capacidad del dispositivo y licencia adquiridas

Fuente: Elaboración propia, 2023.

#### 4.1.3 Evaluación del sistema de reportes

La elección de un sistema de reporte automático con reconocimiento de voz fue acertada en los diferentes establecimientos de salud debido a sus beneficios y mejoras en el flujo de trabajo.

En la tabla N° 3 se destaca las diferencias entre un sistema automático de reportes con reconocimiento de voz y un reporte hecho de manera convencional cómo se realizaba en la Red de Salud de Cercado. El sistema de reporte automático con reconocimiento de voz ofrece eficiencia, ahorro de tiempo al generar reportes y reducir errores de transcripción. Además, mejora la productividad y el flujo de trabajo del médico, facilita la búsqueda y el acceso rápido a informes anteriores.

Por otro lado, el reporte convencional requiere de tiempo para escribir y el informe este sujeto a errores humanos, además la transcripción requiere de tiempo adicional para su realización. También se observó que este método presenta demoras en la disponibilidad de los informes debido a que depende de la búsqueda en archivos físicos.

**Tabla N° 3.** Reporte Wiver vs reporte tradicional.

<b>Característica</b>	<b>Sistema de reporte automático</b>	<b>Reporte hecho de manera convencional</b>
<b>Eficiencia y ahorro de tiempo</b>	Genera informes de manera rápida y automatizada	Requiere tiempo para escribir y transcribir el informe
<b>Precisión y reducción de errores</b>	Minimiza errores de transcripción y mejora la precisión	Sujeto a errores humanos en la escritura y transcripción
<b>Velocidad de generación de informes</b>	Genera informes en tiempo real o en poco tiempo	Puedes requerir tiempo adicional para finalizar y revisar informes
<b>Productividad y flujo de trabajo</b>	Permite el médico centrarse en la atención al paciente	Requiere tiempo y esfuerzo adicional para redactar el informe
<b>Acceso y búsqueda rápida de informes</b>	Permite buscar y acceder fácilmente a informes anteriores	Requiere búsqueda en archivos físicos o sistemas de almacenamiento
<b>Personalización y plantillas de informes</b>	Permite personalizar plantillas y formatos de informes	Limitado a las plantillas y formatos establecidos
<b>Integración con sistemas de gestión de salud</b>	Puede integrarse fácilmente a otros sistemas de gestión médica	Requiere inserción manual de información en los sistemas
<b>Disponibilidad de datos en tiempo real</b>	Permite el acceso inmediato a los informes en tiempo real	Puede haber demoras en la disponibilidad de informes
<b>Colaboración y capacidad de compartir reportes</b>	Facilita la colaboración y el intercambio de reportes con otros	Requiere copiar y distribuir reportes físicamente
<b>Almacenamiento y respaldo de informes</b>	Almacenamiento de informes de forma electrónica y ofrece respaldo	Dependiente de almacenamiento físico y medidas de respaldo

Fuente: Elaboración propia, 2023.

#### **4.1.4 Análisis económico**

Es importante destacar que los costos varían dependiendo de las necesidades específicas de cada Establecimiento de Salud, así como de los sistemas PACS y visualizadores DICOM.

En la tabla N° 4 se proporciona una visión general de los aspectos económicos que podrían tenerse en cuenta al evaluar la implementación del sistema desarrollado en comparación con la ausencia de este.

**Tabla N° 4.** Wiver vs sistema tradicional.

<b>Tabla 4. Análisis Económico. Aspecto económico</b>	<b>Hospital con el sistema Wiver</b>	<b>Hospital sin PACS ni visualizador Dicom</b>
<b>Costos iniciales</b>	Mayor inversión inicial en la adquisición e instalación del sistema y visualizador DICOM	Menor inversión inicial ya que no cuenta con un sistema PACS y visualizador DICOM
<b>Mantenimiento y actualizaciones</b>	Costos de mantenimiento y actualizaciones periódicas del sistema	Menor costo de mantenimiento y actualización, ya que no se cuenta con el sistema
<b>Espacio físico y almacenamiento</b>	Menor necesidad de espacio físico para almacenar imágenes médicas reducción de costos de almacenamiento	Requiere espacio físico y costos adicionales para almacenar y archivos físicos y películas radiográficas
<b>Eficiencia operativa y productividad</b>	Mejora la eficiencia y productividad en la gestión de imágenes médicas, lo que puede resultar en ahorro de costos a largo plazo	Posible disminución de la eficiencia y productividad debido a la dependencia de métodos tradicionales lo que puede resultar en costos adicionales a largo plazo
<b>Costos de impresión y distribución</b>	Menor necesidad de imprimir y distribuir imágenes médicas en formatos físicos	Mayor necesidad de imprimir y distribuir imágenes médicas en formatos físicos lo que implica costos adicionales de impresión y distribución
<b>Colaboración y consulta remota</b>	Posibilidad de colaboración y consulta remota lo que puede reducir costos de desplazamiento y consultas adicionales	Limitada colaboración y consulta remota lo que puede resultar en costos adicionales de desplazamiento y consultas presenciales.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

#### 4.1.5 Análisis de resultados

El sistema implementado trajo muchos beneficios para el personal de salud y pacientes en general que conforman la Red de Salud de Cercado, a continuación, se mencionará los principales beneficios de la implementación del sistema.

**Interoperabilidad:** El sistema implementado ha posibilitado el intercambio de información no solo entre las diferentes áreas dentro de un hospital, sino también entre los diferentes hospitales que integran la Red de Salud de Cercado. Esto les ha permitido compartir los estudios de imagenología, tanto de las modalidades de rayos X como de ultrasonido, desde los hospitales de segundo nivel hacia todos los establecimientos de salud de primer nivel que lo requieran. Además, ha facilitado el intercambio de reportes y ha promovido la colaboración entre médicos especialistas para la evaluación de diagnósticos más precisos.

**Comunicación y colaboración:** El PACS permite el acceso rápido y seguro de las imágenes médicas desde cualquier ubicación. Esto facilita la colaboración y

el intercambio de información entre los diferentes establecimientos de salud y especialistas, lo que da como resultado una atención eficiente y coordinada con los pacientes.

**Almacenamiento y gestión de imágenes:** La implementación de funcionalidad de archivo y gestión jugó un rol importante en el proyecto. La capacidad de almacenar, realizar búsquedas avanzadas, facilitó la revisión, el análisis y la interpretación de las imágenes. La gestión de las imágenes médicas centralizó el almacenamiento de imágenes en un repositorio digital seguro. Con el objetivo de disminuir la necesidad de archivos físicos y películas radiográficas, reduciendo el riesgo de daño o deterioro de las imágenes médicas. Además, garantizó la disponibilidad e integridad a lo largo del tiempo.

**Visualización y herramientas de diagnóstico:** El viewer DICOM desarrollado posibilita la visualización de imágenes médicas provenientes de diversas modalidades, tales como mamografías, tomografías computarizadas, resonancias magnéticas y ecografías. Con el objetivo de facilitar un diagnóstico más preciso, se han incorporado herramientas de procesamiento digital de imágenes, incluyendo ajuste de contraste, brillo y herramientas de medición. Estas herramientas permitieron al personal de salud llevar a cabo sus tareas de manera eficiente y efectiva.

**Generación de informes:** La generación de informes mejoró el flujo de trabajo gracias a la automatización y la integración de plantillas, los médicos fueron capaces de generar y entregar informes basados en las imágenes digitales, mediante herramientas de reconocimiento de voz y automatización de flujo de trabajo, con el fin de mejorar la eficiencia.

Logramos presentar un método de reporte directo que reemplace los procesos tradicionales en el que los especialistas escribían los reportes de manera manual y en algunos casos a computadora, describiendo sus hallazgos, observaciones y conclusiones.

## 5. CONCLUSIONES

El funcionamiento operativo de los servicios de imagenología de cada Establecimiento de Salud que conforma la Red de Salud del Cercado está limitado a la transferencia de imágenes médicas a través de placas radiográficas y papel térmico, generando la necesidad de recursos operativos recurrentes, mayor probabilidad de error en el diagnóstico por imagen y búsqueda de información ineficiente. Siendo el Hospital del Norte, Hospital Cochabamba y Hospital del Sud los Establecimientos de Salud que se consideraron para la implementación del presente proyecto de investigación por su mayor capacidad resolutoria de problemas de salud dentro de la Red de Salud del Cercado.

El Hospital del Norte registra un promedio mensual de 1045 estudios Rx y 1200 estudios US, el Hospital del Sud registra un promedio mensual de 700 estudios Rx y el Hospital Cochabamba registra un promedio mensual de 1020 estudios Rx, conforme a los registros mensuales realizados por los Establecimientos de Salud en el software SIAF (Sistema Integrado de Administración Financiera).

El administrador de imágenes médicas fue implementado en el software libre Clear Canvas Dicom Sever v13.2 como el PACS (Picture Archiving and Communication System) del sistema en conjunto con la creación de la Instancia en Microsoft SQL Server para contener la Data Base (DB) ImageServer y la instalación de un Solid State Disk (SSD) de 1 TB externo como Hard Drive Disk (HDD) para el almacenamiento de las Imágenes Médicas.

Se configuraron en las modalidades del equipo de Rx estacionario (CR) y ecógrafo portátil (US) del Hospital del Norte, equipo de Rx estacionario (DR) del Hospital Cochabamba y equipo de Rx estacionario (DR) del Hospital del Sud, los parámetros del PACS como ser la IP pública estática, AE\_TITLE y Puerto con la finalidad de realizar los servicios DICOM HANDSHAKE para la verificación de comunicación y DICOM STORAGE para el envío y almacenamiento de Imágenes Médicas.

La App Web del Viewer Dicom denominado **WIVER** fue desarrollado en Python 3.11.0 con el Framework Django 2.2.28 con acceso a través de la URL: **www.mywiver.com**, que cuenta con niveles de acceso de usuarios: Service, Admin y Operator.

La implementación del sistema Wiver se realizó durante un periodo de prueba de 6 meses, teniendo un acceso a más de 8000 (Ocho mil) estudios de diagnóstico por imagen, correspondiente a más de 500000 (Quinientos mil) Imágenes Médicas, donde se evidenció la optimización del flujo de trabajo del servicio de Imagenología y la integración de los Establecimientos de Salud seleccionados en el presente proyecto de investigación de la Red de Salud del Cercado permitiendo a los operadores las siguientes ventajas tecnológicas:

- Búsqueda digital filtrada de información por nombre del paciente, fecha de estudio y/o modalidad.
- Visualización de imágenes médicas de la Red de Salud del Cercado.
- Acceso a la información de las características de calidad de la imagen médica.
- Mediciones.
- Procesamiento Digital de Imagen (PDI).
- Generación de reportes por comando de voz.
- Flexibilidad de acceso al sistema a través de diferentes dispositivos (desktops, laptops, smartphones y/o tablets).

## 6. AGRADECIMIENTOS

A la empresa Ingeniería y Tecnología Médica (ITM) por brindar el acceso y la oportunidad de implementar el presente proyecto de investigación en los establecimientos de Salud de la Red de Salud Cercado y al personal de salud de los servicios de Imagenología por su predisposición en la utilización de herramientas tecnológicas para el beneficio de la sociedad en general.

## 7. REFERENCIAS

- Amaro Calderón, S. D., & Valverde Rebaza, J. C. (2007). Metodologías ágiles.
- Arora, D., & Mehta, Y. (2014). Use of picture archiving and communication system for imaging of radiological films in cardiac surgical intensive care unit. *Journal of anaesthesiology, clinical pharmacology*, 30(3), 447.
- Azpiroz Lechan, J. Martínez Martínez, M. Instalación y operación de Sistemas PACS (Almacenamiento y Comunicación de Imágenes): características fundamentales *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica* • Vol XIX • No.3 • ISSN 0188-9532 • noviembre 1998
- Bordils, F., & Chavarria, M. (2004). *Monográfico: Radiología Digital 54 Almacenamiento y transmisión de imágenes. PACS*. [http://www.conganat.org/SEIS/is/is45/IS45\\_54.pdf](http://www.conganat.org/SEIS/is/is45/IS45_54.pdf)
- DICOM File Format. (2023). Nema.org. [https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/chtml/part10/chapter\\_7.html](https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/chtml/part10/chapter_7.html)
- General Python FAQ — Python 3.10.4 documentation*. (2022). Python.org. <https://docs.python.org/3/faq/general.html#what-is-python>
- Honeyman, J. C., Frost, M. M., Huda, W., Loeffler, W., Ott, M., & Staab, E. V. (1994). Picture archiving and communications systems (PACS). *Current problems in diagnostic radiology*, 23(4), 101–158. [https://doi.org/10.1016/0363-0188\(94\)90004-3](https://doi.org/10.1016/0363-0188(94)90004-3)
- Maida, E. G., & Pacienza, J. (2015). Metodologías de desarrollo de software.
- Mendel, J. B., & Schweitzer, A. L. (2015). PACS for the developing world. *Journal of Global Radiology*, 1(2).
- Ministerio de Salud y Deportes. (2022). Minsalud.gob.bo. [https://estadisticas.minsalud.gob.bo/Reportes\\_Dinamicos/Estructura\\_2022.aspx](https://estadisticas.minsalud.gob.bo/Reportes_Dinamicos/Estructura_2022.aspx)
- PS3.1 DICOM PS3.1 2022a -Introduction and Overview*. (2022). <https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/pdf/part01.pdf>
- PS3.2 DICOM PS3.2 2022c -Conformance*. (2022). <https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/pdf/part02.pdf>
- PS3.3 DICOM PS3.3 2023a -Information Object Definitions*. (2022). <https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/pdf/part03.pdf>
- PS3.4 DICOM PS3.4 2022c -Service Class Specifications*. (2022). <https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/pdf/part04.pdf>
- PS3.5 DICOM PS3.5 2023c -Data Structures and Encoding*. (2023). <https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/pdf/part05.pdf>
- PS3.6 DICOM PS3.6 2023c -Data Dictionary*. (2023). <https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/pdf/part06.pdf>

---

PS3.8 DICOM PS3.8 2023c - Network Communication Support for Message Exchange. (2023). <https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/pdf/part08.pdf>

Ramos, P. (2018). Styde Limited. Styde.net; Styde.net. <https://styde.net/que-es-y-para-que-sirve-sql/>

Servidor Web - Concepto, usos y características. (2013). Concepto. <https://concepto.de/servidor-web/#ixzz7PdsbXxp3>

Silveira, P. (2021). ¿Qué es SQL? Alura; Alura Latam. <https://www.aluracursos.com/blog/que-es-sql>

Sommerville, I. (2005). *Ingeniería del software*. Pearson educación.

*The web framework for perfectionists with deadlines | Django*. (2022). Djangoproject.com. <https://www.djangoproject.com/>