

## “REGISTRO DE IMÁGENES DICOM EN EL SERVIDOR DE TELEMEDICINA UCAB Y ACCESO A LAS MISMAS VÍA INTERNET”

A. V. Yabrudy P. [alejandrayabrudy@gmail.com](mailto:alejandrayabrudy@gmail.com)

D. E. Enríquez S. [daniel7989@hotmail.com](mailto:daniel7989@hotmail.com)

Escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones

Universidad Católica Andrés Bello

Caracas, Venezuela

2013

**Resumen.-** El desarrollo tecnológico ha permitido la implementación de imágenes médicas digitales, las cuales pueden ser manipuladas y almacenadas mediante sistemas informáticos. El estándar DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicina), se caracteriza por permitir el vínculo de la información del paciente y del estudio con la imagen médica digital. A pesar de esta gran ventaja, dichas imágenes se caracterizan por poseer un gran tamaño (Mega Bytes), lo cual requiere un ancho de banda elevado para efectuar la transmisión de estudios médicos, en cortos períodos de tiempo.

El presente Trabajo Especial de Grado, aporta una solución apoyada en la compresión de imágenes, aplicando el método SPIHT (Set Partitioning in Hierarchical Trees) y la ondícula db7, basados en la Transformada Wavelet u Ondícula, con la finalidad de reducir el tamaño de las imágenes médicas en formato DICOM. La compresión mencionada, permite optimizar los tiempos de transferencia, haciendo uso de una conexión a Internet de baja velocidad.

También se elaboró una base de datos (MySQL), en la cual se registraron las imágenes médicas comprimidas, brindando una librería de imágenes en formato DICOM a estudiantes y profesores para futuras investigaciones.

Durante el proceso de compresión, se trabajó con tres ratios o relaciones de compresión (15, 20 y 25). Para determinar el ratio de compresión óptimo, que permitiera mantener la calidad de las imágenes para un correcto diagnóstico, se requirió la evaluación cualitativa de un grupo de especialistas en el área. Dicha evaluación, arrojó como resultado un ratio de 15, para imágenes de Resonancia Magnética y un ratio de 20 para imágenes de UROTAC, lo que se resume en una reducción de más de un sesenta y seis por ciento (66%) del tamaño respecto a la imagen original, permitiendo así una reducción de más de un setenta por ciento (70%) en los tiempos de transferencia. **Palabras Claves:** Imágenes Médicas, DICOM, Compresión de Imágenes, Transformada Wavelet, Base de Datos.

**Abstract.-** Technological development has enabled the implementation of digital medical images, which can be handled and stored by computer systems. The DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) standard is characterized by allowing the bond of patient information and the study with digital medical image. Despite this advantage, these images are characterized by a big size (Mega Bytes), which requires a high bandwidth to allow the transfer of medical studies in short periods of time.

This research provides a solution supported on image compression, using the method SPIHT (Set Partitioning in Hierarchical Trees) and the wavelet db7, based on Wavelet Transform, in order to reduce the size of medical images in DICOM format. The compression allows to optimize transfer times, using an Internet low speed connection.

Also a database (MySQL) was developed, where the compressed medical images were stored, providing a library of DICOM images to students and teachers for future researches.

The compression process was done with three ratios (25, 20 and 15). To determine the optimal compression ratio that would maintain the quality of the images to the correct diagnosis, was required qualitative assessment of a group of specialists in the area. This evaluation resulted in a ratio of 15, for Magnetic Resonance and a ratio of 20 to UROCAT images, which is summarized in a reduction of more than sixty six percent (66%) of the size compared to the original image, enabling a reduction of more than seventy percent (70%) at the transfer times. **Keywords:** Medical Images, DICOM, Image Compression, Wavelet Transform, Database.

## **I. Introducción**

Este Trabajo Especial de Grado plantea una solución para resolver la problemática asociada a los extensos tiempos de transmisión, mediante la implementación de un algoritmo basado en la Transformada Wavelet u Ondícula, que permita reducir los tamaños de las imágenes médicas digitales en formato DICOM, a fin de optimizar los tiempos de envío de las mismas para su registro en una base de datos, así como los tiempos de descarga a través de una conexión a Internet.

## **II. Planteamiento del Problema**

Con el tiempo, se ha observado el auge del uso de imágenes médicas digitales en centros hospitalarios, lo cual trae como consecuencia la necesidad de utilizar equipos con grandes capacidades de almacenamiento.

De igual manera, las redes de datos en Venezuela y en algunas partes del mundo presentan el problema de la velocidad de transferencia, lo cual dificulta el procesamiento, la transmisión y recepción de múltiples imágenes en un corto período de tiempo entre dos sitios remotos, por lo que han surgido diferentes métodos y tecnologías para solucionar esta problemática.

## **III. Objetivos**

### **III.1.- Objetivo General**

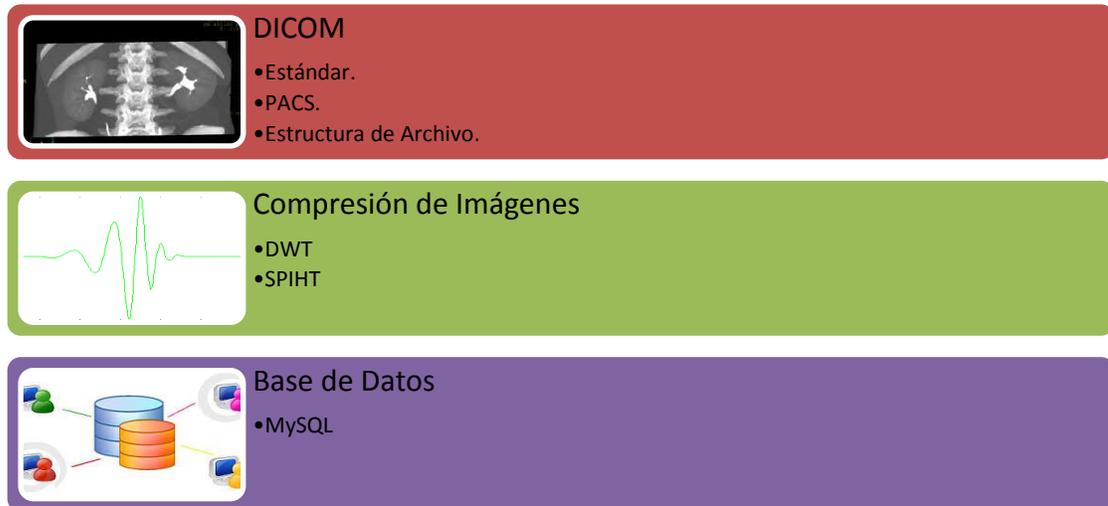
Registrar imágenes en formato DICOM en el servidor de Telemedicina UCAB y acceder a las mismas a través de una conexión a Internet.

### **III.2.- Objetivos Específicos**

- Identificar los tipos de imágenes médicas a transmitir.
- Analizar el método más eficiente para la compresión de imágenes en formato DICOM.
- Diseñar la red que permita transmitir imágenes en formato DICOM, desde un sitio remoto al servidor de Telemedicina UCAB.
- Registrar múltiples imágenes en formato DICOM en el servidor de Telemedicina de la Universidad Católica Andrés Bello.
- Acceder a las imágenes registradas mediante una conexión a Internet, evaluando los tiempos de descarga y calidad.

## IV. Marco Teórico

Las áreas fundamentales del marco teórico se pueden observar en el siguiente esquema:



**Figura 1.** Representación Gráfica de las Áreas Fundamentales [Elaboración Propia]

### IV.1.- DICOM

El estándar DICOM, ha sido acogido por diversos hospitales, consultorios y centros de imágenes a través del mundo, debido a que ha sido diseñado para asegurar la interoperabilidad de los sistemas de captura, visualización, envío, procesamiento, recuperación, consulta e impresión de imágenes médicas, es decir, permite la integración de equipos provenientes de diversos fabricantes en un sistema de comunicación y archivado de imágenes (PACS) [1].

Un PACS es una combinación de hardware y software que permite almacenar, revisar y transferir grandes volúmenes de imágenes médicas y la información asociada a ellas, tanto local como remotamente mediante el formato DICOM, para evitar así pérdidas de calidad en la imagen y brindar la integración de las imágenes digitales en un centro hospitalario a través de la interconexión de múltiples equipos médicos, sistemas de almacenamiento, bases de datos, estaciones de visualización y dispositivos de impresión. Estos sistemas operan conectados en red, a fin de ofrecer servicios en los cuales se soporta el área de radiología, tales como: visualización de imágenes de forma simultánea, edición de imágenes, grabación de voz relacionada al diagnóstico, entre otros. Los componentes básicos de hardware y software son: adquisición de imágenes médicas, red de comunicación, bases de datos, estaciones de diagnósticos y visualización, sistemas de almacenamiento [2], [3], [4].

Los principales alcances del estándar DICOM son [2]:

- Definición de las estructuras de datos para las imágenes médicas y datos asociados a las mismas.
- Servicios orientados a red entre los cuales se pueden nombrar: transmisión y búsqueda de imágenes, modalidad de integración entre un sistema PACS y un sistema de información general de un hospital tales como: HIS (Hospital Information System / Sistema de

Información Hospitalaria), RSI (Radiology Information System / Sistema de Información Radiológica).

- Formatos para intercambio entre medios de almacenamiento.

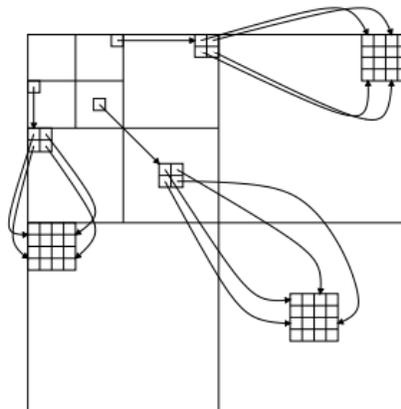
Un archivo DICOM se caracteriza por la extensión .dcm, sin embargo, esto no es exigido por el estándar, por lo cual el mejor modo para diferenciarlo es a través del HEADER (Cabecera). Un archivo DICOM está compuesto por tres partes: la primera parte se titula Meta Elements, campo que puede contener o no información respecto a la aplicación con la que debe ser ejecutado, seguidos de un prefijo DICOM que indica las siglas “DICM”, permitiendo así la identificación del archivo. El Header es el que contiene la información del paciente y del estudio realizado, los datos del equipo mediante el cual se obtuvieron las imágenes, entre otros. La última parte es la llamada Pixel Data que contiene la información de la imagen, las dimensiones del mismo dependen del tipo de estudio y dimensiones de las imágenes [5], [6].

#### IV.2.- Compresión de Imágenes

La DWT (Discrete Wavelet Transform/Transformada Discreta de Wavelet), utiliza como base funciones de soporte finito con propiedades oscilantes, que se escalan y se desplazan respecto a una función prototipo. La implementación de la DWT se basa en la utilización de un banco de filtros Pasa Bajo y Pasa Alto. Entre las principales ventajas de esta transformada destacan: permite concentrar la energía en menos coeficientes que la DCT (Discrete Cosine Transform/Transformada Discreta del Coseno) y no es indispensable dividir en bloques la imagen para aplicar la DWT, es decir, puede realizarse sobre la imagen completa [7].

El algoritmo SPIHT (Set Partitioning in Hierarchical Trees), fue desarrollado en el año 1996 por Said y Pearlman. Este algoritmo, permite la transmisión o resolución progresiva, ordenando la magnitud de los coeficientes y transmitiendo primero los bits más significativos. La popularidad de este algoritmo radica fundamentalmente en la calidad que se puede obtener (igual o mejor que el algoritmo EZW (Embedded Zerotree Wavelet)), utilizando un cuantificador escalar en lugar de un cuantificador aritmético, lo que simplifica la implementación del algoritmo [8].

SPIHT utiliza un árbol de orientación espacial (AOE), donde un coeficiente del árbol tiene 4 hijos o no tiene ninguno. La Figura 2 muestra la relación entre subbandas en los diferentes niveles.



**Figura 2.** Estructura de la Dependencia del Árbol de Orientación Espacial [8]

### **IV.3.- Base de Datos**

MySQL es un sistema de administración de base de datos con mayor implementación en los últimos tiempos, se caracteriza por ser código abierto. Está escrito en lenguaje C y C++ y una de sus principales ventajas es la interacción con lenguajes de programación tales como: PHP, Perl, Java y Python. Este sistema presenta características como [9]: facilidad de uso, multihilo, multiusuario, puede implementarse en Unix o Windows, brinda seguridad y es escalable.

## **V. Marco Metodológico**

A continuación se presenta la metodología utilizada, la cual permite estructurar de manera organizada los pasos a seguir para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

### **V.1.- Revisión y Análisis Bibliográfico**

En esta fase, se realizó una recopilación de información proveniente de diversos medios, tales como: libros, trabajos de grado y publicaciones, que permitieron elaborar la base teórica, con el fin de adquirir un amplio conocimiento de los diversos temas involucrados en esta investigación. Luego de recopilar la información necesaria para la elaboración del marco teórico, se realizó el análisis y la clasificación del contenido relevante para el desarrollo del presente Trabajo Especial de Grado.

### **V.2.- Elaboración de la Base de Datos**

Esta fase corresponde al diseño e implementación de la base de datos, de acuerdo a los requerimientos técnicos establecidos para el buen funcionamiento de la misma.

### **V.3.- Compresión de Imágenes Médicas**

Una vez analizados diversos métodos de compresión de imágenes, se seleccionó el mejor método en base a pruebas realizadas en otras investigaciones.

Con el método resultante, se procedió a realizar la compresión de las imágenes médicas, mediante un conjunto de pruebas, a fin de obtener la mejor compresión sin afectar la calidad de la imagen, lo cual es de vital importancia en el área médica.

### **V.4.- Evaluación de Imágenes DICOM**

La evaluación de la calidad de las imágenes comprimidas se realizó a través de un método cualitativo, el cual, permitió determinar la relación de compresión, a fin de mejorar notablemente los tiempos de transmisión, sin afectar la calidad necesaria para un correcto diagnóstico. Una vez obtenido el ratio óptimo se realizó la compresión de un grupo de imágenes médicas.

### **V.5.- Prueba de Transmisión y Recepción de Imágenes DICOM**

Luego de establecer la conexión entre el cliente y el servidor de Telemedicina ubicado en la Universidad Católica Andrés Bello, se realizó la transmisión de las imágenes en formato DICOM comprimidas mediante una conexión a Internet, con la finalidad de ser registradas en la base de datos. De igual manera, se realizaron las descargas de las imágenes alojadas en la base de datos ubicada en el servidor. Para la transferencia de imágenes comprimidas en formato DICOM, se evaluaron los tiempos de cargas (Upload) y descargas (Download).

## VI. Desarrollo

En la siguiente sección, se describe de manera detallada, los pasos ejecutados en cada una de las actividades necesarias, para cumplir de modo satisfactorio con los objetivos planteados al inicio de este proyecto.

### VI.1.- Elaboración de la Base de Datos

Para elaborar la base de datos fue necesario realizar la conexión con el servidor de Telemédicina ubicado en la Universidad Católica Andrés Bello. Del lado del cliente se utilizó un equipo terminal con sistema operativo Linux versión UBUNTU 12.04.

Para iniciar la comunicación fue necesario instalar en el equipo terminal del usuario el cliente VPN de CISCO (VPNC). La conexión mediante acceso remoto a la red VPN – UCAB se realizó mediante el comando *VPNC - CONNECT*, la conexión al servidor de Telemédicina se realizó mediante el comando *SSH -P y MYSQL -U usuario -P*.

La estructura de la base de datos se puede observar en la Figura 3.

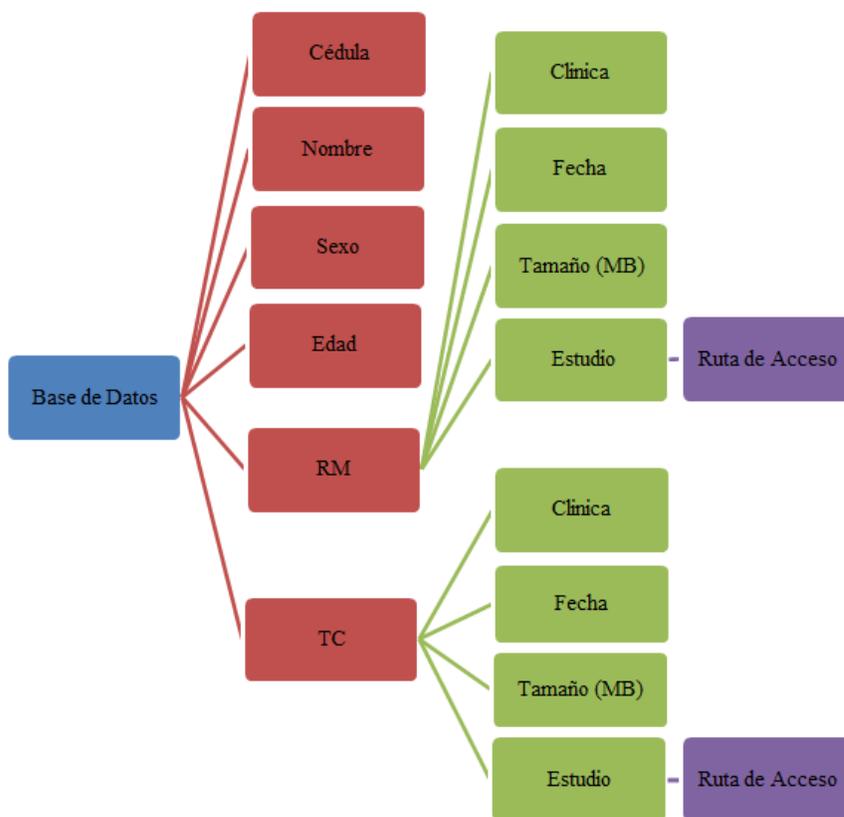


Figura 3. Diseño Base de Datos [Elaboración Propia]

## REGISTRO DE IMÁGENES DICOM EN EL SERVIDOR DE TELEMEDICINA UCAB Y ACCESO A LAS MISMAS VÍA INTERNET

Los comandos que se presentan a continuación se utilizaron para dar forma al diagrama mostrado en la parte anterior:

- Acceder a la base de datos: *USE nombre\_base\_de\_datos*
- Crear y eliminar tablas: *CREATE TABLE nombre\_de\_tabla (nombre\_columna tipo\_dato)* y *DROP TABLE nombre\_de\_tabla*
- Ver tablas existentes: *SHOW TABLES*
- Ver información de tablas: *DESC nombre\_de\_tabla*
- Insertar información en tablas: *INSERT INTO nombre\_de\_tabla (columna 1, columna2,...) VALUES ('valor1', 'valor2',...)*

### VI.2.- Compresión de Imágenes Médicas

Para llevar a cabo la selección de las imágenes a utilizar, se aplicaron dos criterios fundamentales: las imágenes no podían tener ningún tipo de compresión previa y debían estar en formato DICOM.

En la Tabla 1, se pueden observar las características de las imágenes médicas a utilizar para llevar a cabo el proceso de compresión, donde las siglas RM se refieren a imágenes de Resonancia Magnética.

Imágenes Médicas						
Modalidad	Zona de Estudio	Tamaño del Estudio (MB)	Cantidad de Imágenes	Tamaño aproximado de cada imagen (KB)	Extensión	Fecha del estudio
UROTAC	N/A	431	819	526,3	N/A	10-8-2011
RM	CEREBRO	67	127	527,6	.dcm	8-2-2013
RM	COLUMNA COMPLETA	127	279	455,2	N/A	5-6-2012

Tabla 1. Características de las Imágenes Médicas [Elaboración Propia]

Las imágenes a procesar se clasificaron de acuerdo a su tamaño y al tipo de estudio. Finalmente, se seleccionó un total de doscientas cuarenta (240) imágenes que corresponden a tres (3) estudios, sumando un total de ciento treinta y dos con once (132,11) MB.

Imágenes Médicas				
Modalidad	Zona de Estudio	Tamaño del Estudio (MB)	Cantidad de Imágenes	Extensión
UROTAC	N/A	54,43	100	N/A
RM	CEREBRO	52,68	100	.dcm
RM	COLUMNA COMPLETA	25	40	N/A

Tabla 2. Características de las Imágenes Médicas a Procesar [Elaboración Propia]

## REGISTRO DE IMÁGENES DICOM EN EL SERVIDOR DE TELEMEDICINA UCAB Y ACCESO A LAS MISMAS VÍA INTERNET

Para realizar la compresión de las imágenes se utilizaron dos herramientas propias de MATLAB, Image Processing Toolbox y Wavelet Toolbox. Haciendo uso del comando *DICOMINFO*, se realizó la lectura de la cabecera de un archivo DICOM, para conocer toda la información correspondiente a la imagen y al paciente. Dicha información se almacenó en un archivo, para posteriormente ser incorporada a la imagen descomprimida. Seguidamente, se realizó la lectura de los datos de la imagen en formato DICOM, para luego ser almacenados en una variable asignada en forma de arreglo  $M \times N$ , mediante el comando *DICOMREAD*. Luego de obtener los datos de la imagen, se procedió a realizar la compresión de la misma. Se trabajó con la instrucción “*WCOMPRESS*”, la cual, mediante la asignación de determinados parámetros, realiza el proceso de compresión y descompresión de una imagen.

El método de compresión seleccionado fue SPIHT, la ondícula utilizada fue Daubechies 7 (db 7) y los ratios de compresión utilizados fueron 15,20 y 25.

Para finalizar se utilizó el comando *DICOMWRITE*, para combinar la imagen descomprimida con la cabecera DICOM.

### VI.3.- Evaluación de Imágenes DICOM

Para conocer el ratio de compresión, que permitió percibir la información necesaria para el diagnóstico en las imágenes descomprimidas, se realizó una evaluación cualitativa. Es importante destacar que las imágenes mostradas a los especialistas fueron extraídas de la base de datos, a fin de contemplar en esta investigación, las posibles degradaciones en los procesos de transmisión y recepción.

El método utilizado para la evaluación subjetiva de las imágenes comprimidas fue DCR (Degradation Category Rating) con SP (Simultaneous Presentation). Este método plantea que las secuencias de imágenes sean presentadas en pares, donde la imagen de referencia se presenta en el primer estímulo y el segundo estímulo tiene la imagen modificada, en el caso de este Trabajo de Grado, la imagen descomprimida. La duración de este método es de 20 segundos por cada par de imágenes [10] [11].

Para obtener la calificación de la calidad de imagen se utilizó una escala determinada por cinco (5) niveles.

Nivel	Valoración de la calidad de imagen	Descripción de la valoración
5	Imperceptible	No se aprecian diferencias entre la imagen original y la imagen comprimida.
4	Perceptible pero no molesta	Se aprecian pequeñas diferencias, pero aún así sirve para diagnóstico.
3	Ligeramente molesta	Se aprecian notables diferencias, lo que dificulta el diagnóstico.
2	Molesta	Imagen no recomendada para diagnóstico.
1	Muy molesta	Imagen totalmente degradada. No sirve para diagnóstico.

**Tabla 3.** Escala de Evaluación Cualitativa [Elaboración Propia]

#### VI.4.- Pruebas de Transmisión y Recepción de Imágenes DICOM

Una vez realizada la compresión de las imágenes médicas con el ratio de compresión resultante de la evaluación cualitativa, se procedió a almacenarlas en un archivo .zip. Los archivos .zip fueron transmitidos desde el equipo cliente hacia el servidor de Telemedicina ubicado en la Universidad Católica Andrés Bello, a través de una conexión a Internet. Dicha conexión teóricamente posee las siguientes características:

- 512 Kbps en el enlace de subida.
- 1024 Kbps en el enlace de bajada.

Debido a que estos valores son teóricos, se realizó un conjunto de pruebas de velocidades desde el equipo cliente durante varios días en diversas horas, con la finalidad de determinar un promedio de las velocidades de transferencia, obteniendo como resultados:

- 410 Kbps en el enlace de subida (Upload).
- 970 Kbps en el enlace de bajada (Download).

En el siguiente esquema se observa una representación gráfica de cada uno de los pasos realizados para el desarrollo del proyecto (exceptuando la revisión bibliográfica).

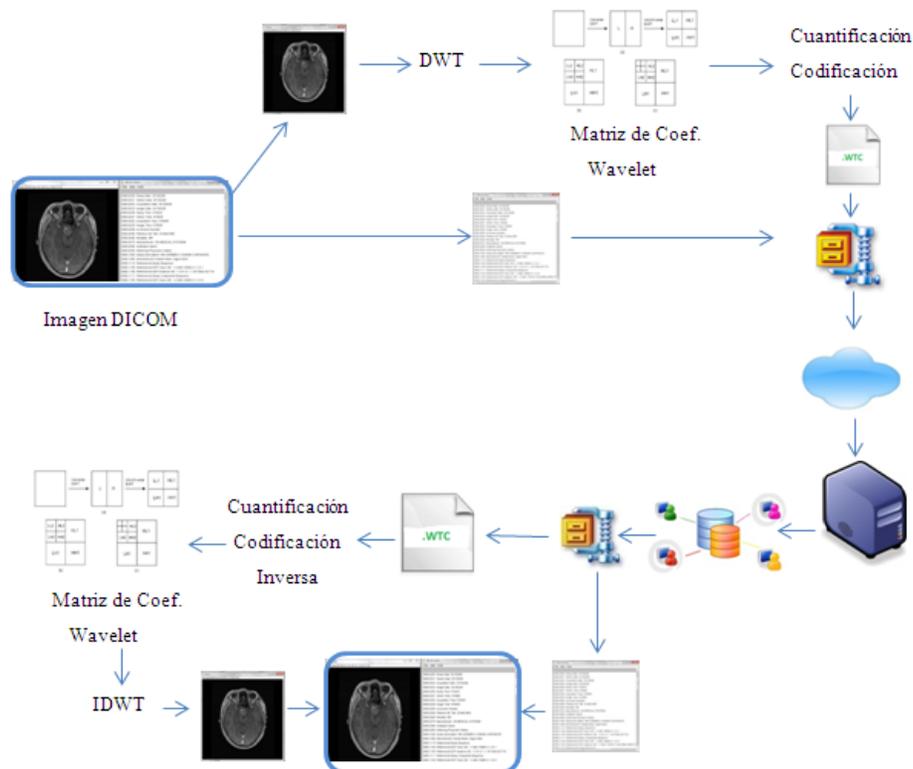


Figura 4. Esquema de Actividades [Elaboración Propia]

## VII. Resultados

Luego de efectuarse las diversas actividades, pruebas y evaluaciones pertinentes para cumplir con los objetivos propuestos, se procede a mostrar los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo de este trabajo

### VII.1.- Estructura de la Base de Datos

Una vez obtenido el acceso a MySQL, se observan las bases de datos que se encuentran disponibles. Para este Trabajo Especial de Grado se utilizó la base de datos titulada *db\_tesis20132*, la cual está compuesta por un conjunto de tablas, como lo muestran las Tablas 4, 5 y 6.

```
mysql> desc ig;
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
Cedula	int(10)	NO	PRI	NULL	
Nombre	varchar(30)	YES		NULL	
Sexo	char(1)	YES		NULL	
Edad	char(2)	YES		NULL	
RM	varchar(10)	YES		NULL	
TC	varchar(10)	YES		NULL	

6 rows in set (0.00 sec)

**Tabla 4.** Tabla Principal [Elaboración Propia]

```
mysql> desc irm;
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
Cedula	int(10)	NO	MUL	NULL	
Clinica	varchar(30)	YES		NULL	
Fecha	date	YES		NULL	
Tamano_MB	varchar(7)	YES		NULL	

**Tabla 5.** Tabla con Información Detallada Bajo Modalidad RM [Elaboración Propia]

```
mysql> desc esrm;
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
Cedula	int(10)	YES	MUL	NULL	
RM	varchar(10)	YES		NULL	
Estudio_rm	varchar(150)	YES		NULL	

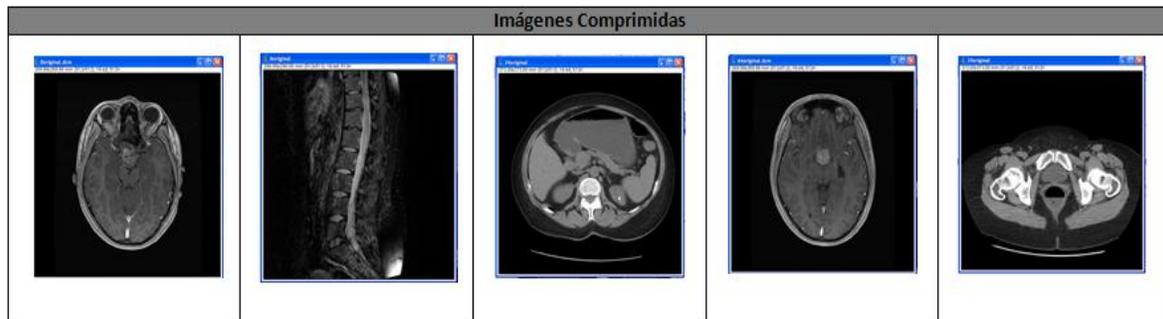
**Tabla 6.** Tabla con Links de Descarga de Estudios según la Modalidad RM [Elaboración Propia]

La Tabla 4, refleja los tipos de datos que permitieron el almacenamiento de la información de los pacientes y de los estudios de RM (Resonancia Magnética) y TC (Tomografía Computarizada). En las Tablas 5 y 6 se aprecian los tipos de datos, utilizados para representar la información detalla de cada paciente y links de descarga de los estudios, bajo la modalidad RM.

De igual modo, existen dos (2) tablas que contienen los tipos de datos que permiten representar la información detalla de cada paciente y links de descarga de los estudios bajo la modalidad TC.

## **VII.2.- Compresión de Imágenes en Formato DICOM**

Una vez seleccionados los tres (3) ratios de compresión a trabajar, se procedió a seleccionar una muestra de cinco (5) imágenes, a fin de observar posibles cambios producidos por la compresión y determinar así el ratio que permita mantener la calidad necesaria para realizar un diagnóstico acertado.



**Tabla 7.** Imágenes Comprimidas [Elaboración Propia]

## **VII.3.- Evaluación de la Calidad de Imágenes Médicas**

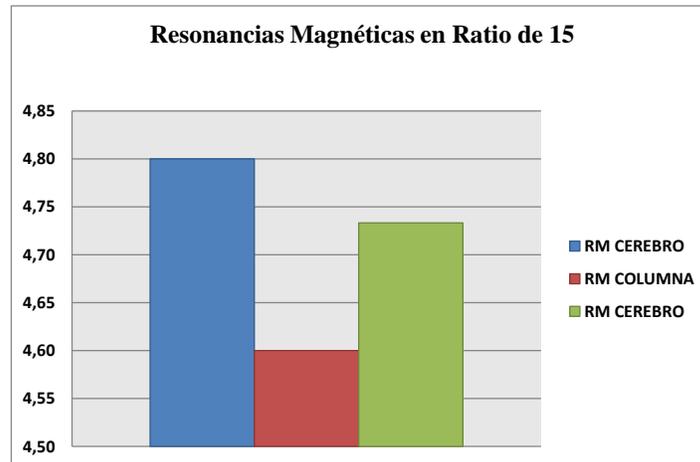
La evaluación se llevó a cabo mediante el método explicado anteriormente, donde cada imagen original se comparó de modo aleatorio con la misma imagen procesada a 3 ratios de compresión (15, 20, 25) y con la original, resultando un total de 20 imágenes a evaluar. La imagen original se anexó en la comparación para comprobar la veracidad de los resultados.

La evaluación cualitativa se llevó a cabo mediante un grupo de diecisiete (17) evaluadores (Urólogos, Físicos Médicos, Radiólogos, Ginecólogo, Cirujano, Pediatra, Médico Interno y Médico Integral).

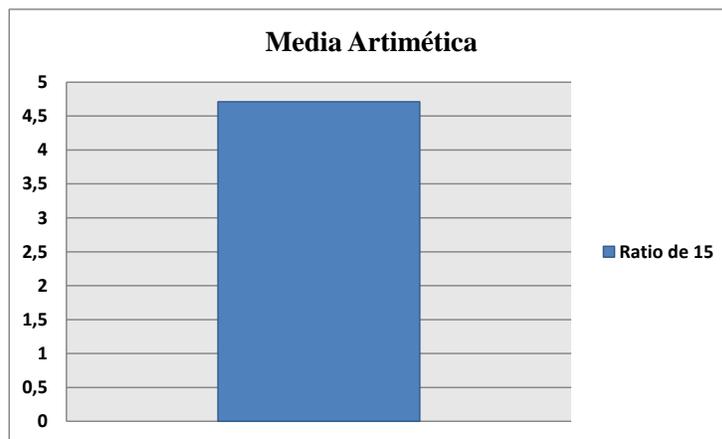
El criterio de selección para el ratio de compresión óptimo, se estableció para los valores de media entre 4 y 5, debido a que la escala de valoración utilizada establece que ambos puntajes demuestran que la imagen es apta para diagnóstico, sin presentar molestia alguna en las diferencias con respecto a la imagen original.

Para el caso de las resonancias magnéticas, utilizando un ratio de 15, se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 5. Posteriormente, se calculó la media aritmética, debido a que el tamaño de la muestra fue igual para las tres imágenes evaluadas, dando como resultado un valor de 4,71 lo que demuestra ser un ratio óptimo para la compresión de este tipo de imágenes (Ver Figura 6).

## REGISTRO DE IMÁGENES DICOM EN EL SERVIDOR DE TELEMEDICINA UCAB Y ACCESO A LAS MISMAS VÍA INTERNET



**Figura 5.** Resultados de Resonancias Magnéticas para el Ratio de 15 [Elaboración Propia]

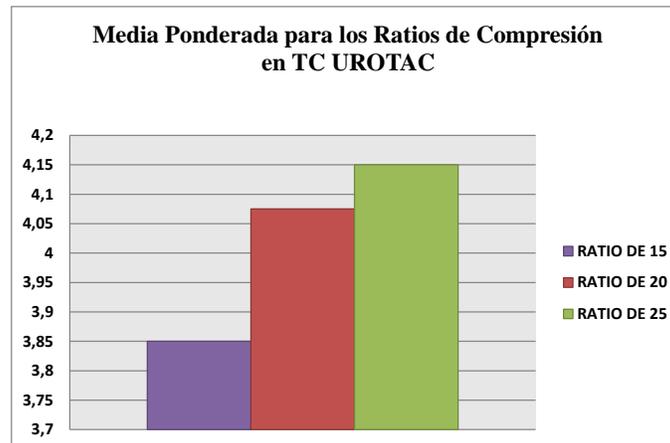


**Figura 6.** Media Aritmética para Resonancias Magnéticas en el Ratio de 15 [Elaboración Propia]

Para las TC UROTAC, se calculó la media ponderada de los tres ratios de compresión (Figura 7), debido a que el tamaño de la muestra resultó diferente en algunos casos, ya que algunos especialistas decidieron evaluar únicamente imágenes de TC UROTAC. Este procedimiento se realizó a fin de buscar el ratio óptimo para reducir el tamaño de los archivos manteniendo la calidad para el diagnóstico, dando como resultado que el ratio óptimo para TC UROTAC es de 20.

**REGISTRO DE IMÁGENES DICOM EN EL SERVIDOR DE TELEMEDICINA UCAB Y ACCESO A LAS MISMAS VÍA INTERNET**

---



**Figura 7.** Media Ponderada para UROTAC [Elaboración Propia]

Una vez conocidos los ratios de compresión óptimos, se procedió a realizar la compresión de las imágenes médicas seleccionadas (Ver Tabla 2), para seguidamente registrarlas en la base de datos y evaluar los tiempos de transmisión.

Los tiempos de procesamiento variaron de acuerdo al tipo de imagen médica, los mismos se pueden apreciar en las Tablas 8 y 9.

TIEMPOS DE PROCESAMIENTO CON COMPRESIÓN WAVELET				
Modalidad	Zona de Estudio	Cantidad de Imágenes	Tiempo de Compresión Wavelet (segundos)	Tiempo de Compresión ZIP (segundos)
UROTAC	N/A	100	187	0,82
RM	CEREBRO	100	190,48	1,115
RM	COLUMNA COMPLETA	40	119	0,41

**Tabla 8.** Tiempos de Procesamiento con Compresión Wavelet [Elaboración Propia]

TIEMPOS DE PROCESAMIENTO SIN COMPRESIÓN WAVELET			
Modalidad	Zona de Estudio	Cantidad de Imágenes	Tiempo de Compresión ZIP (segundos)
UROTAC	N/A	100	6,7
RM	CEREBRO	100	7,42
RM	COLUMNA COMPLETA	40	3,17

**Tabla 9.** Tiempos de Procesamiento sin Compresión Wavelet [Elaboración Propia]

#### VII.4.- Registro de Imágenes en la Base de Datos

A fin de observar el correcto funcionamiento de la base de datos, el grupo de doscientas cuarenta (240) imágenes (Tabla 2), se dividió entre cuatro (4) personas cuyos nombres, cédulas y edades fueron tomados de modo arbitrario. A cada una de estas personas se le asignaron cincuenta (50) imágenes excepto a una de ellas a la cual se le asignó noventa (90) imágenes, acotando que cada grupo de imagen procesada se almacenó en archivos .zip.

REGISTRO DE ARCHIVOS EN LA BASE DE DATOS						
Nombre	Estudio	Nombre Fichero Zip	Cantidad de Imágenes	Tamaño Original (MB)	Tamaño Original. zip (MB)	Tamaño Comprimido. zip (MB)
Daniel Quevedo	RM CEREBRO	A.zip	50	26,34	14,8	2,28
Ana Correa	UROTAC	B.zip	50	27,22	13	1,71
Katherine Rangel	RM COLUMNA	C.zip	40	25,00	8,57	2,91
Katherine Rangel	UROTAC	D.zip	50	27,22	12,1	3
Jhonathan Torres	RM CEREBRO	E.zip	50	26,34	14,9	2,32
<b>Total</b>			240	132,12	63,37	12,22

**Tabla 10.** Distribución de Archivos y Comparación entre sus Tamaños [Elaboración Propia]

Los resultados del registro de la distribución mencionada anteriormente, se pueden observar en las Tablas 11, 12, 13, 14 y 15.

```
mysql> select * from ig;
```

Cedula	Nombre	Sexo	Edad	RM	TC
5123469	Daniel Quevedo	m	60	Cerebro	No
8721086	Jhonathan Torres	m	50	Cerebro	No
13432925	Ana Correa	f	32	No	Urotac
20157225	Katherine Rangel	f	23	Columna	Urotac

**Tabla 11.** Información General de los Pacientes [Elaboración Propia]

```
mysql> select * from irm;
```

Cedula	Clinica	Fecha	Tamano_MB
5123469	Sanatrix	2013-02-08	2.28
8721086	Sanatrix	2013-03-06	2.32
20157225	Avila	2011-08-10	2.91

**Tabla 12.** Información de los Estudios de RM [Elaboración Propia]

## REGISTRO DE IMÁGENES DICOM EN EL SERVIDOR DE TELEMEDICINA UCAB Y ACCESO A LAS MISMAS VÍA INTERNET

```
mysql> select * from esrm;
```

Cedula	RM	Estudio_rm
5123469	Cerebro	scp -r tesis20132@200.2.15.200:~/imagenes_bd_dicom/A.zip /home/danielenrquez/Downloads
8721086	Cerebro	scp -r tesis20132@200.2.15.200:~/imagenes_bd_dicom/E.zip /home/danielenrquez/Downloads
20157225	Columna	scp -r tesis20132@200.2.15.200:~/imagenes_bd_dicom/C.zip /home/danielenrquez/Downloads

**Tabla 13.** Comando para Descarga de Archivos de RM [Elaboración Propia]

```
mysql> select * from itc;
```

Cedula	Clinica	Fecha	Tamano_MB
20157225	Santa Sofia	2011-08-10	3.00
13432925	Santa Sofia	2011-08-10	1.71

**Tabla 14.** Información de los Estudios de TC [Elaboración Propia]

```
mysql> select * from estc;
```

Cedula	TC	Estudio_tc
13432925	Urotac	scp -r tesis20132@200.2.15.200:~/imagenes_bd_dicom/B.zip /home/danielenrquez/Downloads
20157225	Urotac	scp -r tesis20132@200.2.15.200:~/imagenes_bd_dicom/D.zip /home/danielenrquez/Downloads

**Tabla 15.** Comando para Descarga de Archivos de TC [Elaboración Propia]

### VII.5.- Evaluación de Tiempos de Descarga de Imágenes Médicas

Para realizar la evaluación de los tiempos de transmisión y recepción, se utilizaron dos modalidades. La primera modalidad se refiere al envío de las 240 imágenes (Tabla 2) en un fichero .zip y la segunda modalidad se basó en el envío de modo separado tal como se observa en la Tabla 10. Ambas modalidades contemplan el envío de los archivos .zip tanto para el caso original como para el caso comprimido.

En las Figuras 8, 9, 10 y 11, se observa la representación de los promedios obtenidos en cada una de las pruebas bajo las dos modalidades.



**Figura 8.** Comparación de Tiempos de Carga de Estudio Completo [Elaboración Propia]

## REGISTRO DE IMÁGENES DICOM EN EL SERVIDOR DE TELEMEDICINA UCAB Y ACCESO A LAS MISMAS VÍA INTERNET

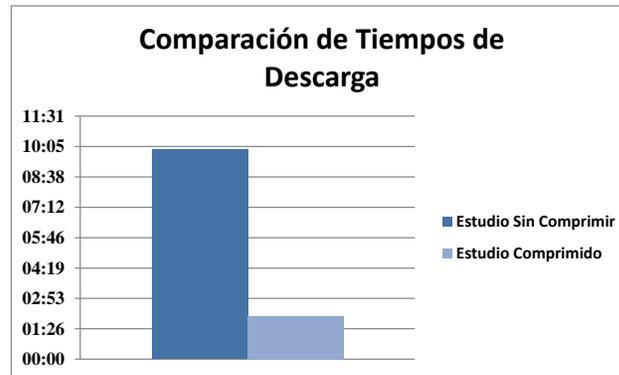


Figura 9. Comparación de Tiempos de Descarga de Estudio Completo [Elaboración Propia]

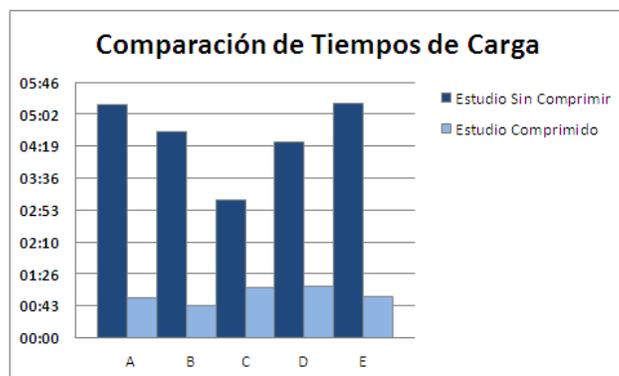


Figura 10. Comparación de Tiempos de Carga de Estudios Registrados en la Base de Datos [Elaboración Propia]

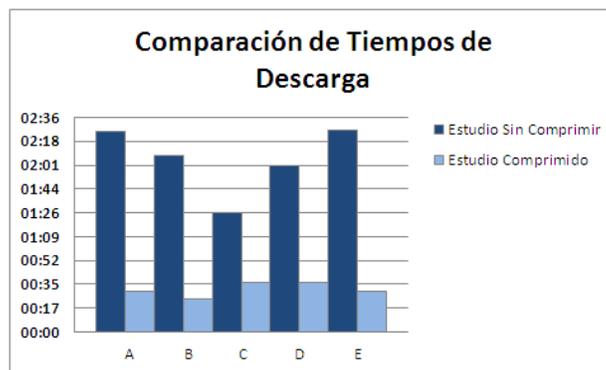


Figura 11. Comparación de Tiempos de Descarga de Estudios Registrados en la Base de Datos [Elaboración Propia]

En la Tabla 16, se muestra la extrapolación de los resultados obtenidos a estudios completos (Ver Tabla 1) con la finalidad de demostrar las ventajas relacionadas a tiempos de carga, descarga y tamaño de un estudio.

Extrapolación de Resultados				
Modalidad	Tamaño del Estudio (MB)	Tamaño del Estudio Comprimido (MB)	Tiempo de Carga (Minutos: Segundos)	Tiempo de Descarga (Minutos: Segundos)
RM Cerebro	67	5,79	02:20	01:15
RM Columna	127	20,30	07:56	04:12
UROTAC	431	38, 66	16:00	08:10

Tabla 16. Extrapolación de Resultados [Elaboración Propia]

## VIII. Conclusiones y Recomendaciones

Este Trabajo Especial de Grado, consistió en la compresión de imágenes médicas en formato DICOM mediante la Transformada Wavelet u Ondícula, para reducir el tamaño de las imágenes y disminuir así los tiempos de transmisión vía Internet, con el fin de registrarlas en una base de datos en el servidor de Telemedicina UCAB. La metodología utilizada para alcanzar el objetivo planteado, estuvo compuesta por: la identificación del método más eficiente para la compresión de las imágenes médicas, la compresión de las mismas y la transferencia de dichas imágenes para su almacenamiento en la base de datos, así como la descarga de las mismas desde un equipo terminal.

A continuación, se presentan las conclusiones obtenidas y las recomendaciones para futuros trabajos, en base a los resultados alcanzados en el presente Trabajo Especial de Grado.

### VIII.1.- Conclusiones

- El uso del método SPIHT, basado en la Transformada Wavelet u Ondícula, permite reducir notablemente el tamaño de los archivos, sin perder la calidad para diagnóstico en las imágenes médicas.
- Se demostró que el ratio de compresión óptimo para estudios de RM es de 15, mientras que para estudios de TC UROTAC resultó ser de 20.
- La compresión realizada permitió una gran reducción en los tamaños de los archivos, observando una disminución mayor a un sesenta y seis por ciento (66%), respecto al tamaño original.
- Se logró reducir en más de un setenta por ciento (70%), los tiempos de transferencia (Upload y Download) de imágenes médicas, mediante una conexión cliente – servidor haciendo uso de un software libre.
- La calidad de las imágenes obtenidas directamente del equipo médico, determinará la calidad de las imágenes producto de la compresión.

## VIII.2.- Recomendaciones

- Diseñar una aplicación con interfaz gráfica, que permita a los usuarios el registro de imágenes en la base de datos y descarga de las mismas de una manera más sencilla.
- Desarrollar una GUI (Graphical User Interface) que permita la compresión de las imágenes médicas en formato DICOM a distintos ratios.
- Determinar los ratios de compresión óptimos para imágenes de radiología y tórax óseo.

## IX. Referencias

[1] Carestream, “DICOM Standards and Their Importance in Point- of- Care CT Imaging,” 2012. [PDF]. [Online]. [Citado diciembre 2012]. Disponible: [http://www.google.co.ve/url?sa=t&rct=j&q=DICOM+\(digital+imaging+and+communications+in+medicine\)&source=web&cd=19&cad=rja&ved=0CHIQFjAIOAo&url=http%3A%2F%2Fwww.carestream.com%2FWhitepaper\\_DICOM\\_ENT-Allergy.pdf&ei=ozK1UMWIIqKA0AG4I4HQBg&usg=AFQjCNFrVWpSd1Uofz\\_QHIqgmL8eWp7aSA](http://www.google.co.ve/url?sa=t&rct=j&q=DICOM+(digital+imaging+and+communications+in+medicine)&source=web&cd=19&cad=rja&ved=0CHIQFjAIOAo&url=http%3A%2F%2Fwww.carestream.com%2FWhitepaper_DICOM_ENT-Allergy.pdf&ei=ozK1UMWIIqKA0AG4I4HQBg&usg=AFQjCNFrVWpSd1Uofz_QHIqgmL8eWp7aSA)

[2] A. Jiménez, “Sistemas PACS mínimo basado en el estándar DICOM”. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, México, D.F, julio 2006. [PDF]. [Online]. [Citado diciembre 2012]. Disponible: [http://newton.azc.uam.mx/mcc/01\\_esp/11\\_tesis/tesis/terminada/060701\\_jimenez\\_herrera\\_armando.pdf](http://newton.azc.uam.mx/mcc/01_esp/11_tesis/tesis/terminada/060701_jimenez_herrera_armando.pdf)

[3] J. P. Graffigna, “Estándares: DICOM, HL7, (IHE),” Gabinete de Tecnología Médica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. [PDF]. [Online]. [Citado diciembre 2012]. Disponible: <http://www.sais.org.ar/Portals/2/Eventos/DICOM%20IHE%20HL7v6.pdf>

[4] J. Azpiroz, M. Martínez, “Instalación y Operación de Sistemas PACS (Almacenamiento y Comunicación de Imágenes): Características Fundamentales,” Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, vol. XIX, n°.3, ISSN 0188-9532, noviembre 1998.

[5] W. Serna S., J. P. Trujillo L., J. H. Rivera P., “Descripción del estándar DICOM para un acceso confiable a la información de las imágenes médicas,” Universidad Tecnológica de Pereira, vol. 2, n° 45, pp.290-291, agosto 2010. [PDF]. [Online]. [Citado en diciembre 2012]. Disponible: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/347/109>

[6] I. Maglogiannis, C. Doukas, G. Kormentzas, T. Pliakas, “*Wavelet Based Compression with Roi Coding Support for Mobile Access to DICOM Images Over Heterogeneous Radio Networks*,” IEEE Transactions Information Technology in Biomedicine, Vol. 13, pp.458-466, julio 2009.

[7] Universidad Politécnica de Valencia, “Compresores basados en la Transformada Wavelet,” [Online]. [Citado enero 2013]. Disponible: <http://www.grc.upv.es/docencia/tdm/practicas/P4.pdf>

[8] J.P. Tello P., “Compresión de imágenes radiológicas empleando Transformada Wavelet”. Tesis, Departamento de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Computación, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, junio 2005. [PDF]. [Online]. [Citado en enero 2013]. Disponible: <http://www.bdigital.unal.edu.co/992/1/juanpablotelloportillo.2005.pdf>

[9] A. A. Pérez G., “Desarrollo de herramientas web de gestión docente”. Proyecto Fin de Carrera, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicaciones, Universidad Politécnica de Cartagena, diciembre 2007. [PDF]. [Online]. [Citado enero 2013]. Disponible: <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/179/1/pfc2475.pdf>

[10] ITU, ITU-T P.910 Subjective video quality assessment methods for multimedia applications, abril 2008. [PDF]. [Online]. [Citado agosto 2013]. Disponible: <http://www.itu.int/en/ITU-T/publications/Pages/recs.aspx>

[11] ITU, UIT-R BT.500-13 Metodología para la evaluación subjetiva de la calidad de las imágenes de televisión, enero 2012. [PDF]. [Online]. [Citado agosto 2013]. Disponible: <http://www.itu.int/pub/R-REC>