

CIS0930TK03

MediCom: Herramienta de Telemedicina para el análisis de imágenes e inform

25 de enero de 2011

Ana María González Urueta, Diana Carolina Ramírez Osorio

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA DE SISTEMAS
BOGOTÁ, D.C.

2010

CIS0930TK03

MediCom: Herramienta de Telemedicina para el análisis de imágenes e información compartidas

Autoras: Ana María González Urueta, Diana Carolina Ramírez Osorio

MEMORIA DEL TRABAJO DE GRADO REALIZADO PARA CUMPLIR UNO DE LOS REQUISITOS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO DE SISTEMAS

Director:

Ing. Leonardo Flórez Valencia

Jurados del Trabajo de Grado:

Ing. Alvaro Sebastián Miranda Forero

Dra. Martha Zequera Díaz

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
BOGOTÁ, D.C.
Diciembre 6, 2010.**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Rector Magnífico

Joaquín Emilio Sánchez García S.J.

Decano Académico Facultad de Ingeniería

Ingeniero Francisco Javier Rebolledo Muñoz

Decano del Medio Universitario Facultad de Ingeniería

Padre Sergio Bernal Restrepo S.J.

Director de la Carrera de Ingeniería de Sistemas

Ingeniero Luis Carlos Díaz Chaparro

Director Departamento de Ingeniería de Sistemas

Ingeniero Cesar Julio Bustacara

Artículo 23 de la Resolución No. 1 de Junio de 1946 *“La Universidad no se hace responsable de los conceptos emitidos por sus alumnos en sus proyectos de grado. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y la moral católica y porque no contengan ataques o polémicas puramente personales. Antes bien, que se vean en ellos el anhelo de buscar la verdad y la Justicia”*

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Ing. Leonardo Flórez por confiar en nosotras para la realización de este proyecto y de la misma manera por su gran colaboración, compromiso y apoyo durante el desarrollo del mismo. También a todos nuestros compañeros, profesores, amigos y otras personas que nos ayudaron a desarrollar y culminar el proyecto con éxito.

Primero que todo, quiero agradecer a Anni por siempre estar pendiente hasta de los más mínimos detalles, su paciencia, apoyo y confianza depositada en mi durante la realización de este proyecto. A mis padres por su apoyo, confianza y dedicación por darme la oportunidad de llegar hasta acá y querer siempre darme lo mejor. A mi hermana por su cariño y por dejarme entrar en su vida de adolescente. A mis amigos por compartir conmigo momentos difíciles y celebrar hasta las más pequeñas alegrías. A mi familia porque a pesar de los momentos difíciles permanecemos en contacto apoyándonos unos a otros. A Sebas, gracias porque siempre estas ahí para mi con tus palabras, amor, confianza y paciencia. Me haces muy feliz, eres mi gran apoyo y sin ti no hubiera sido lo mismo.

Diana Carolina Ramírez Osorio

A Dianis, porque sé que tuvo que soportar mi genio y mi rigidez, por su paciencia y su gran apoyo para que esto saliera adelante. A mi mamá y mi hermana, porque sin su constante apoyo e incondicionalidad no hubiera podido llegar hasta acá. A mi papá, porque a pesar de las circunstancias siempre ha estado ahí para nosotras. Los adoro. A mis amigos y a mi familia en general, porque me dieron la fuerza en mis momentos más débiles y porque nunca dejaron de creer en mi. Tienen un lugar especial en mi vida. Finalmente, a Harold, porque sus palabras y acciones se convirtieron en fuerza y ganas para querer salir adelante. Te amo.

Ana María González Urueta

Abstract

In Colombia, Telemedicine is a field that has been barely explored, and thus is linked to certain aspects of the country as the organization of the health network, the literacy of the entire Colombian community and investment in technology. Some people have been developing some projects, but it is notable that they are still few for the needs of the community. In addition, the country lacks sufficient trained personnel for a system of this type to be implemented, and thus carry out multiple options for patients and staff responsibility for preventive medicine.

Importantly, there are countless ways of making use of Telemedicine. From accommodate a room with the necessary technological devices for medical purposes, to the use of software tools that take advantage of video conferencing and / or instant messaging, bringing two or more people involved in the health field. However, the biggest problem found from this is that in Colombia there isn't a tool that integrates features such as video conferencing, database of patients, image management, among others, to ensure the integrity and security of medical information transmitted.

Given this, a collaborative tool in a computer system that supports Telemedicine should be especially useful to assist in the process of learning, collaboration, and overall, the needs of a human interaction. Thus arose the need to formulate a medium-sized project as MediCom, to contribute solving these problems, and to leverage and contribute to the currently knowledge that the medical community has about the subject and also, to develop projects to support in this context, technologically speaking.

Resumen

En Colombia, la Telemedicina es un campo que ha sido poco explorado, y por ende se encuentra ligado a ciertos aspectos del país como la organización de la red de salud, la alfabetización de toda la comunidad colombiana y la inversión en tecnología. Se han venido desarrollando algunos proyectos, pero es notable que siguen siendo pocos para la necesidad de la comunidad. Además, el país no cuenta con el suficiente personal capacitado para que un sistema de este tipo pueda ser implementado, y así llevar a cabo múltiples opciones de responsabilidad de pacientes y trabajos de medicina preventiva.

Es importante resaltar que existen innumerables maneras de darle uso a la Telemedicina. Desde acomodar una habitación con los dispositivos tecnológicos necesarios para un fin médico, hasta la utilización de herramientas de software que aprovechen la videoconferencia y/o la mensajería instantánea, acercando a dos o más personas involucradas en el campo de la salud. No obstante, el mayor problema encontrado a partir de lo anterior es que no existe una herramienta en Colombia que integre funcionalidades como la videoconferencia, base de datos de pacientes, gestión de imágenes, entre otros, que aseguren la integridad y seguridad de la información médica que se transmite.

Dado lo anterior, una herramienta colaborativa dentro de un sistema informático que apoya la Telemedicina debe ser especialmente útil para ayudar en el proceso de aprendizaje, colaboración, y en términos generales, a las necesidades de interacción de un ser humano. Fue así que surgió la necesidad de formular un proyecto de mediano alcance como MediCom, para contribuir a la solución de dichos problemas, además de aprovechar y contribuir con el conocimiento que actualmente se tiene acerca del tema y que así mismo, permita desarrollar proyectos con soporte en este contexto, tecnológicamente hablando.

Resumen Ejecutivo

Para empezar, este documento está organizado de manera que se pueda ver y entender desde un punto de vista tanto técnico como estructural, el proceso de desarrollo del trabajo de grado denominado “*MediCom: Herramienta de Telemedicina para el Análisis de Imágenes e Información Compartidas*”. Es así como se presentan tres partes fundamentales: el marco contextual (ver capítulo 2 *Marco Contextual*), que muestra la primera fase de la metodología escogida y donde se definen conceptos básicos para el entendimiento y posterior análisis de la solución; el marco teórico (ver capítulo 3 *Marco Teórico*) o visión informática, que presenta la segunda fase de la metodología y cuenta con el análisis y diseño de la herramienta apoyándose en la primera fase; por otro lado, el marco lógico (ver capítulo 6 *Marco Lógico*) o descripción del proceso, que presenta datos puntuales de descripción del análisis y resultados obtenidos de las diferentes pruebas realizadas, además de contener los resultados del proceso de desarrollo de la herramienta; y, finalmente, se presentan las conclusiones (ver capítulo 7 *Conclusiones*), en donde se presenta el análisis final y los distintos resultados finales obtenidos del desarrollo de MediCom.

De esta manera, MediCom es un proyecto en donde su principal objetivo consiste en el desarrollo de un prototipo de una herramienta de apoyo a la medicina, o más conocida como una “Herramienta de Telemedicina” que da soporte a varios procesos importantes dentro de este campo: visualización de imágenes médicas, envío y recepción segura de las mismas e interacción compartida (o Telecolaboración), para facilitar y agilizar el proceso de diagnóstico de los resultados en imágenes de pacientes, trayendo como consecuencia una mayor cobertura y mejor servicio para la población, además de desarrollo tecnológico y científico del país.

Para la realización, se hizo un estudio sobre algunos conceptos y herramientas como el estándar DICOM (software que implementará este estándar), software de visualización de imágenes científicas, herramientas colaborativas, herramientas de mensajería instantánea, frameworks, entre muchos otros, que permitió el entendimiento tanto teórico y conceptual como práctico y aplicativo para la integración y posterior desarrollo de MediCom. Las herramientas escogidas son: ImageJ, herramienta de visualización de imágenes médicas que permite ver imágenes de tipo DICOM, entre otras; JGroups, framework de colaboración multicast que permite, en este contexto, la transmisión de eventos e interacciones a participantes de un grupo virtual; DCM4Che, librería escrita en Java que implementa el protocolo DICOM para la transmisión de imágenes médicas, particularmente; y finalmente, Qnext, herramienta de mensajería instantánea que da la funcionalidad de videoconferencia, entre muchas otras opciones.

A partir de la integración de estas, surgen muchos cuestionamientos técnicos y aprendizajes en todo sentido que finalmente llevan a conclusiones que, por falta de experiencia y conocimiento, nunca se esperaban obtener. Sin embargo, sin ser esto algo malo, se finaliza el proyecto dejando puertas abiertas al desarrollo tecnológico en otras áreas como la medicina y, específicamente, hacia la Telemedicina, que, en países como Colombia, son proyectos que podrían llegar a tener un impacto social y tecnológico realmente alto, entre muchos otros beneficios.

Índice general

| | |
|---|-----------|
| 1. Introducción | 15 |
| 2. Marco Contextual | 17 |
| 2.1. ¿Qué es Telemedicina? | 17 |
| 2.2. Telemedicina en Colombia | 19 |
| 2.3. Justificación | 20 |
| 3. Marco Teórico o Visión Informática | 23 |
| 3.1. Estándar de gestión de imágenes médicas: DICOM | 23 |
| 3.1.1. ¿Qué es DICOM? | 24 |
| 3.1.2. Características | 25 |
| 3.1.3. Partes de DICOM | 26 |
| 3.1.4. Niveles de Información | 28 |
| 3.1.5. Servicios proporcionados | 29 |
| 3.1.6. Comunicación | 30 |
| 3.2. Imágenes médicas DICOM | 32 |
| 3.2.1. Definición de Objeto de Información (IOD) | 32 |
| 3.2.2. Tipos de Imágenes | 34 |
| 3.2.3. Instancias imagen | 36 |
| 3.2.4. Relaciones e indentificación | 36 |
| 3.2.5. Clasificación de los datos de imagen | 38 |
| 3.2.6. Imagen Secundaria de la Captura | 40 |
| 3.2.7. Procesamiento de imágenes | 40 |
| 3.2.8. Aplicación de los Datos de las Imágenes | 41 |
| 3.2.9. Seguridad en DICOM | 42 |
| 3.3. Telemedicina y Herramientas Colaborativas | 43 |
| 3.3.1. Telecolaboración | 44 |
| 3.3.2. Software Colaborativo | 44 |
| 3.3.3. Herramientas colaborativas y visualización de imágenes médicas | 45 |
| 4. Descripción General | 47 |
| 4.1. Oportunidad ó Problemática | 47 |
| 4.2. Descripción del contexto | 48 |
| 4.3. Formulación | 48 |
| 4.4. Objetivo general | 49 |
| 4.5. Objetivos Específicos | 49 |
| 4.6. Impacto Esperado | 49 |
| 4.6.1. Beneficios y beneficiarios de MediCom | 50 |

| | |
|---|------------|
| 5. Descripción del Proyecto | 53 |
| 5.1. Visión global | 53 |
| 5.2. Herramientas relacionadas con MediCom | 53 |
| 5.2.1. EU-TeleInvivo | 53 |
| 5.2.2. SDSC_NetV [13] | 54 |
| 5.2.3. Shastra | 56 |
| 5.2.4. TeleMed | 57 |
| 5.2.5. SonART | 58 |
| 5.3. Caracterización de MediCom | 59 |
| 5.4. MediCom como Herramienta de Telemedicina | 61 |
| 6. Marco Lógico o Descripción del Proceso | 63 |
| 6.1. Metodología RUP | 63 |
| 6.2. Incepción | 63 |
| 6.2.1. Investigación de Toolkits DICOM para gestión de imágenes médicas | 64 |
| 6.2.2. Investigación de Toolkits y Herramientas colaborativas | 64 |
| 6.2.3. Toolkits y Visualizadores de imágenes médicas | 64 |
| 6.2.4. Herramientas de videoconferencia y mensajería instantánea | 65 |
| 6.3. Elaboración | 69 |
| 6.3.1. Identificación y análisis de casos de uso | 69 |
| 6.3.2. Levantamiento de requerimientos | 69 |
| 6.3.3. Paratipo | 71 |
| 6.3.4. Diseño del Sistema | 71 |
| 6.3.5. Análisis ponderado de caracterización de las herramientas | 74 |
| 6.3.5.1. Priorización de Características | 77 |
| 6.3.6. Herramientas Escogidas | 79 |
| 6.4. Construcción | 81 |
| 6.5. Dificultades técnicas encontradas & Restricciones | 82 |
| 7. Conclusiones | 85 |
| A. Visión del Sistema | 91 |
| B. Especificación de Requerimientos | 93 |
| C. Documentación Diagramas | 95 |
| D. Herramientas Investigadas para la obtención de MediCom | 97 |
| E. Manual | 99 |
| F. Glosario | 101 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| 3.1. Adquisición de imagen y su modelo de información [14] | 24 |
| 3.2. Modelo General de DICOM[38] | 25 |
| 3.3. Partes de DICOM [6] | 26 |
| 3.4. Descripción de la posición espacial de las partes individuales [6] | 28 |
| 3.5. Clasificación de la información de la imagen [26] | 29 |
| 3.6. Definición de objeto compartido con Media Service Class [26] | 30 |
| 3.7. Dominio de la aplicación de DICOM | 31 |
| 3.8. Modelo del mundo real y Modelo Entidad-Relación. Tomado de: [7] | 33 |
| 3.9. Ejemplo de un IOD compuesto. Tomado de: [2] | 34 |
| 3.10. Modelo de información de una imagen compuesta DICOM. Tomado por: [2] | 37 |
| 3.11. Clases SOP de almacenamiento de estándares. Tomado de: [7] | 38 |
| 3.12. Pasos del proceso y tipos de datos de la imagen. Tomado de: [6] | 41 |
| 3.13. Ciclo de vida de la información de una Image SOP Instance. Tomado de: [6] | 42 |
| 3.14. Telecolaboración [23] | 44 |
| 3.15. A simple collaborative visualization system in which an image product is viewed by multiple participants [19] | 45 |
| | |
| 5.1. Compartir interacciones, TeleInVivo | 54 |
| 5.2. TeleInVivo | 55 |
| 5.3. <i>Overview of the SDSC_NetV software architecture: (a) the researcher is validated and the SMM render broker assigns an available and appropriate ACM and RSM to work with the UIM; (b) the UIM connects to an ACM and RSM on a particular rendering resource for job processing.[13]</i> | 55 |
| 5.4. Interfaz | 56 |
| 5.5. Interfaz TeleMed | 57 |
| 5.6. SonART Interfaz | 58 |
| 5.7. Captura principal de MediCom | 61 |
| 5.8. Captura con imagen abierta | 62 |
| 5.9. Captura de interacción con la imagen | 62 |
| | |
| 6.1. Casos de Uso | 70 |
| 6.2. Paratipo MediCom | 72 |
| 6.3. Diagrama de Componentes | 73 |
| 6.5. Diagrama de Colaboración de Activación | 73 |
| 6.4. Diagrama de Colaboración para Compartir Eventos | 74 |
| 6.6. Diagrama de Flujo “Recibir Imagen” | 75 |
| 6.7. Diagrama de Flujo “Enviar Imagen” | 76 |

Índice de cuadros

| | |
|--|----|
| 5.1. Caracterización de MediCom | 60 |
| 6.1. Cuadro Comparativo Toolkits DICOM | 65 |
| 6.2. Cuadro comparativo de Toolkits Colaborativas | 66 |
| 6.3. Caracterización de Toolkits y Visualizadores de imágenes médicas | 67 |
| 6.4. Cuadro Comparativo herramientas videoconferencia y mensajería instantánea | 68 |
| 6.5. Ponderación de Toolkits DICOM | 77 |
| 6.6. Ponderación de Toolkits y Visualizadores de Imágenes Médicas | 78 |
| 6.7. Ponderación de Toolkits Colaborativas | 78 |
| 6.8. Ponderación de Herramientas de Videoconferencia y Mensajería Instantánea | 79 |
| 6.9. Resultados Ponderación Toolkits DICOM | 79 |
| 6.10. Resultados Ponderación Visualizadores de Imágenes Médicas | 80 |
| 6.11. Resultados Ponderación Toolkits Colaborativas | 80 |
| 6.12. Resultados Ponderación Herramientas de Videoconferencia y Mensajería Instantánea | 80 |

Capítulo 1

Introducción

El diagnóstico por imágenes constituye uno de los elementos más importantes en la práctica clínica y científica de la medicina moderna. Un alto porcentaje de la información médica se representa en imágenes digitales y análogas producidas en diversas modalidades, como tomografía computarizada (TC), resonancia magnética (RM), radiografía computarizada (RC), exámenes de medicina nuclear (SPECT, PET) y ultrasonido entre otras. A su vez, se almacenan con frecuencia en formatos estándares como DICOM y se utilizan en diversas disciplinas médicas como radiología, oncología, odontología, dermatología y veterinaria.[35]

Por otro lado, los sistemas tradicionales de gestión de imágenes médicas tales como los sistemas de visualización y de archivo y comunicación, están basados en estaciones de trabajo especializadas y sistemas de arquitectura cerrada. [6] Es por esta razón que dichas tecnologías están siendo exploradas para la distribución eficiente y rentable de imágenes médicas, teniendo en cuenta su papel en la reorganización y diseño de los sistemas de sanidad que constantemente se encuentran renovando el centro de la imagen digital y adquisición de éstas para su aplicación en el post-tratamiento y gestión de datos de imagen.

Actualmente se ha iniciado la construcción de diferentes herramientas que permitan compartir y colaborar con dichas imágenes, intentando integrar distintas funcionalidades que presten cada vez mejores servicios a los usuarios en las distintas áreas de la medicina donde una de sus actividades principales sea el uso de imágenes médicas; y así obtener nuevos cambios los cuales se centrarán en la colección, archivado, indexado, comunicación y gestión de los datos de imágenes multimedia para una mejor rentabilidad en educación médica, investigación clínica y diagnóstico. [6]

Como se hizo explícito con anterioridad, para facilitar la creciente manipulación de imágenes médicas y para que dichos sistemas funcionen eficientemente fue necesario implantar un estándar para el formato de archivos y para las instancias de comunicación, teniendo en cuenta el tipo de información implicada. Hoy en día, el modelo más difundido y globalmente aceptado es DICOM. DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) es el estándar para el intercambio de imágenes médicas, el cual se divide en varias partes que proveen medios para la expansión y actualización, así como también para posibilitar el desarrollo simplificado de cualquier tipo de imagen médica. Así mismo, suministra medios por los que los usuarios de equipamiento de imagen pueden intercambiar información entre distintos dispositivos.

Cabe resaltar que la utilización de dicha norma no garantiza el cumplimiento a cabalidad de todos los objetivos que se intentan lograr en cualquier sistema de gestión de imágenes. Sin embargo, es necesario aclarar que los sistemas o dispositivos no necesitan conformar todas las directivas del estándar, sino solamente

aquellas características y funciones que requiere para su funcionamiento. La norma separa cada "entidad" en objetos de información y cada "función" en clases de servicio, con lo que resulta admisible implementar sólo la funcionalidad requerida. [7]

En otras ocasiones, el compartir de estos estudios es algunas veces una tarea necesaria para que el médico pueda informar a otros especialistas y de igual forma reciba retroalimentación, proceso que requiere tiempo del personal lo que genera tiempos perdidos entre la adquisición y el análisis, además de los costos de traslado de personal, entre otros. Estimando estas situaciones, se pretende acelerar o facilitar ciertos procesos los cuales pueden ser resueltos simplemente con el uso de sistema que permita el envío de datos, la colaboración sobre estos, la comunicación mediante mensajería instantánea y/o videoconferencia.

El fomento del uso de las tecnologías de información en el área de la medicina ha aumentado considerablemente la cantidad de iniciativas que desean suplir dichas necesidades y de igual forma contribuir al avance de éstas no sólo en Colombia, sino también en otros países a nivel mundial, siendo estas premisas las principales finalidades que apoyaron el desarrollo de esta idea para trasformarla en trabajo de grado, el cual tiene como objetivo principal proporcionar a los médicos especialistas fácil acceso a imágenes médicas y una eficiente gestión y un rápido manejo de dichos archivos médicos desde cualquier sitio.

En otras palabras, se busca incursionar en esta área y modernizar las diversas actividades que se llevan a cabo en los servicios de diagnóstico, tales como marcaciones, mediciones, etc. que se pueden realizar sobre las imágenes, teniendo en cuenta puntos de vista de varios especialistas manteniendo una comunicación en tiempo real, mediante el uso de funcionalidades de telecolaboración, con el fin de mejorar el proceso de diagnóstico de pacientes, tratamientos terapéuticos, planificación quirúrgica y reconocimiento y muestreo de enfermedades.

Para alcanzar los objetivos propuestos, se debió primero indagar en cuanto a lo que el término de Telemedicina se refiere y la acogida que ésta ha tenido en Colombia, siendo el país al cual se quiere impulsar tecnológicamente mediante la introducción de dichas iniciativas. Seguido a esto, se incluye una completa investigación acerca del estándar DICOM, imágenes médicas que manejan éste formato y la Telemedicina en relación a las herramientas de telecolaboración, como temáticas fundamentalmente útiles para el desarrollo del proyecto. De esta manera, se inicia con la descripción general del trabajo de grado, mostrando la problemática a solucionar y los objetivos trazados, así como también el impacto que tendría este tras su finalización. Seguido a esto, se muestra la descripción del proyecto, luego de su realización, especificando a qué se llegó y algunas de las herramientas en que se basó el grupo de trabajo para la obtención de ésta. Finalmente, se encuentra una completa descripción de qué y cómo se llevó a cabo todo el proceso, que mediante la elección y uso de librerías y herramientas de software libre proporcionan una solución al desarrollo en algunas de las etapas fijadas en la metodología seleccionada. Es así como se encuentra la distribución del presente documento.

Capítulo 2

Marco Contextual

2.1. ¿Qué es Telemedicina?

Si bien la Telemedicina puede tener más de una definición realizada por uno u otro experto, vale la pena rescatar la dada por [21] que se acerca a una definición general del concepto: *“sistema integral y completo de suministro de atención en salud y educación a distancia, posibilitado a través de los sistemas de información y de comunicación, como tal, está basada en la comunicación entre personas separadas geográficamente y debe cumplir ciertos estándares que aseguren el establecimiento de un buen consejo médico, opinión, diagnóstico o recomendación de tratamiento sin la presencia física del sujeto examinado”*.

La Telemedicina, entonces, se puede entender como la prestación de servicios médicos a distancia, mediante el uso de tecnologías de información y comunicación, teniendo como objetivo la mejora de los procesos tanto en calidad como en eficiencia y efectividad y de esta manera ofreciendo integridad y seguridad a los datos transmitidos.

Ahora bien, se conoce como su principal objetivo el suministro de servicios, los cuales son destinados a conservar el bienestar de la sociedad y/o mejorar su estado de salud general. Como servicio abarca no sólo una prestación asistencial a los pacientes, sino que además busca facilitar los procesos administrativos. De esta forma, los posibles usuarios de un sistema de este tipo pueden ser tanto los profesionales (personal médico, de enfermería, administrativos, entre otros) como los pacientes y ciudadanos en general que lo necesiten.

En relación al aspecto tecnológico, la esencia de un sistema de Telemedicina es la de proveer de servicios multimedia en red para asistencia en el área de la salud, implicando la transferencia de audio, vídeo, imágenes fijas, gráficos, datos y textos entre lugares que se encuentran distantes y de esta manera comunicar a los pacientes con los médicos, a los especialistas entre ellos y a estos con las instituciones, para dar mejora a factores tales como diagnóstico, tratamiento, consulta, y educación continua.

Es así, como los proyectos “telemédicos” deben buscar satisfacer el interés de los usuarios con servicios de alto nivel haciendo uso de los medios que ofrece la tecnología, como lo son hoy en día las TIC, las cuales posibilitan una profunda interacción entre el sistemas de salud y los ciudadanos que adicionalmente mejora la asistencia sanitaria.

Por consiguiente, al momento de realizar un proyecto de este tipo, existen ciertos factores que influyen y deben ser considerados, tales como:

- Avances tecnológicos tales como la fibra óptica, la telefonía digital, los sistemas de compresión de vídeo, la telefonía móvil, el gran desarrollo de Internet, el despliegue y la mejora de acceso a servicios de telecomunicaciones de banda ancha
- Aparición de diferentes situaciones médicas como el envejecimiento de la población y el consiguiente incremento de las enfermedades crónicas, o como la aparición de nuevos grupos de interés como el de la población militar.
- Amplia disponibilidad actual de los computadores personales, lo cual constituye un hecho de gran importancia. Cada vez más y más gente (incluidas las instituciones y centros de salud) tiene acceso y utilizan los computadores personales.
- El creciente empleo de la videoconferencia en el mundo de los negocios ha estimulado la aplicación de esta tecnología en proyectos telemédicos, apoyando la comunicación en tiempo real.[25].

Existen otros factores, además del tecnológico y científico, que condicionan de una forma u otra el éxito de la Telemedicina. Las telecomunicaciones y el computador no solo sirven para adquirir y transmitir los datos sino que es necesario convertirlos en información y conocimiento para la acción. Entonces, se pueden resumir los factores nombrados en tres categorías:

- Factor humano
- Factor tecnológico
- Factor organizativo

Esto significa que se requiere del desarrollo de una cultura que posibilite la comunicación y colaboración entre muchas personas que utilicen desde el teléfono hasta medios avanzados de comunicación tales como Internet, videoconferencia, control remoto, las herramientas de trabajo en grupo, así como otras tecnologías de las telecomunicaciones y la informática [?].

Así como las experiencias en aplicación y desarrollo de proyectos que actualmente se encuentran en este campo han tenido influencia en algunas de las necesidades existentes de la sociedad como brindar servicios a pacientes que tienen limitaciones de acceso a servicios sanitarios dado a su ubicación en zonas rurales, o la oportunidad de favorecer la implantación de la Telemedicina en el área sanitaria dando cabida al área tecnológica mediante la disponibilidad de las infraestructuras de comunicación y la disposición de las entidades de salud para aceptar los cambios organizativos que se derivan de la introducción de nuevas tecnologías [36].

Se expone en este proyecto cómo MediCom es una herramienta representativa de la Telemedicina y la telecolaboración, y puede llegar a tener gran importancia para procesos como la realización rápida de diagnósticos médicos sobre imágenes médicas, y opiniones de distintos profesionales sobre las mismas, teniendo un impacto directo sobre la comunidad profesional e indirecto sobre la población restante.

2.2. Telemedicina en Colombia

En Colombia, del 100 % de médicos que se gradúan o se han graduado en los últimos años, un 61.5 % son especialistas en algún área particular. No obstante, en ciudades como Barranquilla, Medellín, Cali y Bogotá, entre otras, es donde se enfocan la mayor concentración de especialistas dejando de lado zonas prioritarias como el Amazonas, Casanare, Caquetá, Guaviare, Guainía, Vichada y Vaupés, en donde se ven las más altas tasas de morbilidad del país. Una solución que propone la OMS es que *“buena parte de la carga de morbilidad se puede prevenir o curar con tecnologías conocidas y asequibles. El problema radica en hacer llegar personal capacitado, medicamentos, vacunas e información – a tiempo, de manera fiable y en cantidades suficientes, sostenidas y asequibles – a las personas que los necesitan”* [32].

En relación a esto, hoy en día existen más de 700 proyectos de Telemedicina a nivel mundial [40]. Colombia, por su parte, ha ido dando paso a los diferentes sistemas de aplicación de la Telemedicina y Telesalud en diferentes tipos de proyectos, pero de manera pausada. Ejemplos de ello se reflejan en proyectos como la Red de Telemedicina San Andrés- Leticia, liderado por la Universidad Nacional de Colombia, el Instituto Tecnológico de Electrónica y Telecomunicaciones (ITEC), en asociación con Colciencias; o en el proyecto de la Universidad del Cauca el cual implementó una red de Telemedicina, realizando su respectiva prueba piloto en un área específica dentro del mismo departamento[33]. Sin embargo, siguen siendo pocas las zonas del país en las cuales se hayan o se estén realizando proyectos de esta misma índole.

Ahora bien, desde el 2006 el estado colombiano ha realizado varias resoluciones con respecto al manejo de la Telemedicina para su promoción dentro del país, desde la resolución 1448 del 2006 que permite el uso de la Telemedicina con diferentes condiciones, hasta el acuerdo más actual realizado en el 2009 en donde se aprueba el uso masivo de la Telemedicina, lo que demuestra el interés por parte del gobierno en que esta haga parte de los procedimientos de diagnóstico sobre todo el territorio colombiano[40].

En particular, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones ha realizado un plan llamado el “Plan TIC” que pretende *“mejorar el acceso a la educación, la salud, la justicia y el gobierno en línea; y así mismo para impulsar la competitividad empresarial, la investigación, el desarrollo y la innovación. Además, para determinar los marcos regulatorios y normativos que se requieren para que el acceso y uso masivo de las TIC en Colombia sea una realidad.”*[27], en donde se enfocarán en 7 ejes principales dentro de los cuales se encuentra la salud, aplicando de distintas formas la tecnología como el uso de la Telemedicina, e-learning para profesionales de la salud, legislación, entre otros.

Así pues, es relevante conocer si en general los profesionales colombianos se encuentran realmente listos para hacer uso de este tipo de tecnologías en las distintas áreas de la salud. José Valenzuela, Subdirector de la División de Educación/Centro de Telesalud de la Fundación Santa Fé de Bogotá, realizó un estudio en el que la población fueron 1200 profesionales del sector entre los que se encontraban estudiantes, enfermeras, médicos, auxiliares de enfermería, entre otros. Los resultados arrojaron los siguientes resultados: el acceso a Internet de los encuestados fue del 97.6 %, lo cual resalta que existe un alto interés e incorporación del uso del Internet a sus vidas cotidianas. Además, la mayoría de ellos se mostró realmente interesado en hacer uso de tecnologías dentro de su práctica y, por último, el 98 % cuenta con móviles, de los cuales 80 % está interesado en su uso a aplicaciones dirigidas a la salud[40].

En definitiva, estos resultados muestran que existe un alto grado de interés por parte de los profesionales hacia las tecnologías de información y su implementación en áreas de la salud, lo que permite que las distintas investigaciones y proyectos realizados al respecto tengan una gran acogida, y con suerte, puedan ser utilizados

en las organizaciones de la salud a través del país.

2.3. Justificación

La Telemedicina es un término mundialmente usado para describir las diferentes maneras en que se usa la tecnología para, de manera remota, comunicar a las personas en el campo de la salud, sea entre especialistas o entre el médico y el paciente [11].

Es fundamental entender que la Telemedicina no es un producto; mas bien consiste en un conjunto de procesos asociados a un sistema que demanda ambientes altamente integrados y robustos, con personas capaces de trabajar en ellos.

Si se habla de Telemedicina como tecnología aplicada a realización de procedimientos complejos como cirugía a distancia, donde además de un sistema de comunicación se necesitan otro tipo de sistemas como los de visualización y robótica para poder llevarse a cabo, unos de los primeros contras serán los costos de implementación y la tecnología de punta necesitada, lo que en sí mismo, tiene un precio muy elevado y su impacto social en nuestro contexto no es muy notorio. Sin embargo, si se apunta a la aplicación de la Telemedicina como un medio para acercar poblaciones lejanas del perímetro urbano y apoyar los procesos de generación de diagnóstico de distintos profesionales médicos, el alcance y enfoque es totalmente distinto. En este caso, la prioridad es el aprovechamiento y potenciamiento de las tecnologías que ya existen, haciendo uso de la infraestructura de comunicaciones que se ofrece en nuestro país[15].

En Colombia, la Telemedicina es un campo que ha sido poco explorado, y por ende se encuentra ligado a ciertos aspectos del país como la organización de la red de salud, la alfabetización de toda la comunidad colombiana y la inversión en tecnología [3]. Se han venido desarrollando algunos proyectos, pero es notable que siguen siendo pocos para la necesidad de la comunidad. Es por esto que el desarrollo de un sistema como este se encuentra sujeto al aprovechamiento de recursos humanos en los campos de la medicina, las telecomunicaciones y además el aprovechamiento de la plataforma de comunicaciones con que se cuenta actualmente. Sin embargo, el país no cuenta con el suficiente personal capacitado para que este sistema pueda ser implementado, y así llevar a cabo múltiples opciones de responsabilidad de pacientes y trabajos de medicina preventiva[3][34].

De esta manera, se presentan algunos lineamientos para el desarrollo de proyectos de Telemedicina en el país, con el fin de dar a conocer los intereses propios de participar en la solución de problemas que acechan a la sociedad colombiana, teniendo en cuenta que el sector de la salud normalmente es uno de los más afectados [34].

Sin embargo, es importante resaltar que existen innumerables maneras de darle uso a la Telemedicina. Desde acomodar una habitación con los dispositivos tecnológicos necesarios para un fin médico, hasta la utilización de herramientas de software que aprovechen la videoconferencia y/o la mensajería instantánea, acercando a dos o más personas involucradas en el campo de la salud [3]. No obstante, el mayor problema encontrado a partir de lo anterior es que no existe una herramienta en Colombia que integre funcionalidades como la videoconferencia, base de datos de pacientes, gestión de imágenes, entre otros, que aseguren la integridad y seguridad de la información médica que se transmite.

Dado lo anterior, una herramienta colaborativa dentro de un sistema informático que apoya la Teleme-

dicina debe ser especialmente útil para ayudar en el proceso de aprendizaje, colaboración, y en términos generales, a las necesidades de interacción de un ser humano. En medicina existe gran cantidad de herramientas informáticas que apoyan la Telesalud, que al igual que en otras ramas de especialización profesional, buscan mayor organización de su información y el intercambio de ideas, sin importar la locación.

Para dichos problemas, se han creado varias soluciones informáticas tanto web como stand-alone, que pueden llegar a tener de una a varias tecnologías integradas. Por ejemplo, *“la mensajería instantánea permite la comunicación y la colaboración en vivo y en tiempo real, y puede integrarse con las aplicaciones y los procesos empresariales existentes para colaborar en un contexto con la tarea que esté siendo llevada a cabo. Las herramientas basadas en comunidades dan a los miembros del equipo acceso instantáneo y seguro al contenido compartido y a la experiencia – tanto con las personas que se encuentran cerca como con personas ubicadas alrededor del mundo. Las nuevas capacidades de computación social de Web 2.0, tales como tagging, filtrado colaborativo para las búsquedas, wikis y blogs, ayudan a que las personas compartan sus conocimientos y hagan que las organizaciones los encuentren y utilicen más fácilmente”*, dice un artículo de IBM, en [18].

Fue así que surgió la necesidad de formular un proyecto de mediano alcance para contribuir a la solución de dichos problemas, además de aprovechar y contribuir con el conocimiento que actualmente se tiene acerca del tema y que así mismo, permita desarrollar proyectos con soporte en este contexto, tecnológicamente hablando.

Capítulo 3

Marco Teórico o Visión Informática

Actualmente, está creciendo el número de desarrollos tecnológicos tanto en el mundo como en Colombia, con el fin de facilitar muchos de los procesos que el ser humano realiza en su cotidianidad. La ingeniería de Sistemas, como una de las profesiones más cercanas al área de la tecnología, tiene variados campos de acción y así mismo contribuye a la sociedad mediante la innovación y creación de herramientas para diferentes áreas tales como medicina, la cual ha adquirido una mejora en algunos de sus procedimientos gracias a esta.

En contraste, dichos desarrollos han venido influenciando de tal forma que su incidencia ha transformado radicalmente una gran diversidad de áreas, siendo la práctica de la medicina un claro ejemplo de esto. El sector de la salud demanda cada vez más una mejor prestación de servicios con mayor precisión en el diagnóstico y una respuesta ágil y oportuna al paciente. Para dicho efecto, el avance de las telecomunicaciones y nuevas tecnologías de la informática representan una importante alternativa en el manejo de la información y su implementación puede provocar importantes cambios, tanto en la gestión hospitalaria como en la introducción de nuevos esquemas de atención en un área conocida como la Telemedicina [39].

De esta manera, surgió así la necesidad de formular proyectos de gran alcance para la solución de dichos problemas y que además lograran soportar la demanda de atención de este sector, teniendo como propósito ampliar la cobertura de servicios a lo largo del país, y así garantizar que dichas soluciones pueden contribuir a suplir dificultades. En respuesta a esto nació la idea de MediCom, como herramienta que busca suplir algunas de estas necesidades en el sector de la salud colombiana.

3.1. Estándar de gestión de imágenes médicas: DICOM

Para el manejo de las imágenes médicas existen varios estándares o protocolos informáticos, que permiten una gestión más fácil de las mismas, estandariza el formato y forma de acceso y a más información que solo la imagen (información relativa al paciente, al tipo de imagen, etc.), permite el acceso y distribución de las imágenes en sistemas abiertos, y por último, reduce costos y gastos en papel especial. En particular, los estándares permiten que los sistemas puedan comunicarse entre sí de forma sencilla, efectiva y segura.

Los estándares más reconocidos en este ámbito son DICOM y HL7. En este caso, el enfoque estará dado a DICOM, dado que MediCom es desarrollado en base a este protocolo de comunicación.

3.1.1. ¿Qué es DICOM?

DICOM es el estándar que, como dicen sus siglas, se enfoca en la Imagen Digital y Comunicaciones en Medicina, y describe detalladamente la forma de dar formato e intercambiar imágenes e información médicas entre diferentes dispositivos[38].

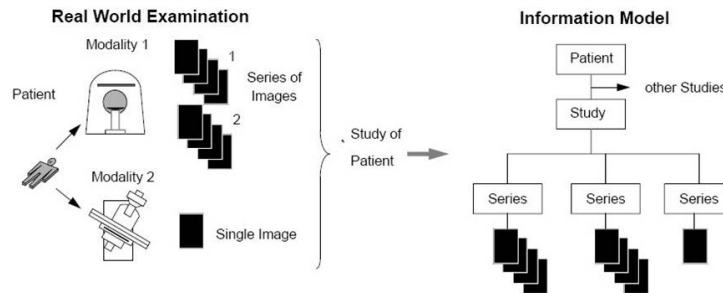


Figura 3.1: Adquisición de imagen y su modelo de información [14]

A consecuencia de que en la época de 1970 se introdujo el uso de imágenes diagnósticas generadas por varias y distintas modalidades (entre las que se encuentran la tomografía computada), además de la utilización masiva de computadores que cogió fuerza por los mismos años, la Escuela Americana de Radiología (ACR, siglas en inglés) y la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) se dieron cuenta de la necesidad emergente de crear un estándar que permitiera manejar la transferencia de imágenes e información asociada entre dispositivos fabricados por distintos fabricantes, puesto que estos dispositivos producían una variedad de formatos de imágenes, todos distintos uno del otro. En consecuencia, se formó un comité que desarrollaría un estándar que:

- Permitiera la comunicación de información de imágenes digitales, a pesar del fabricante del dispositivo que las generara.
- Facilitara la creación y consulta a sistemas diagnósticos por diferentes dispositivos y en diversos lugares locales o remotos.
- Ofreciera mayor flexibilidad a los sistemas de almacenamiento y comunicación de imágenes.

Finalmente, el estándar fue especificado y ha venido siendo modificado a través de los años desde 1992, año en que fue oficialmente aprobado, hasta las modificaciones que se le han realizado para su mejora en el 2008[38, 4].

Los principales objetivos que plantea DICOM son:

- Dirigir la semántica de Comandos y datos asociados.
- Dirigir la semántica de servicios de archivos, formatos de archivos y directorios de información necesaria para la comunicación fuera de línea.

- Especificar explícitamente la definición de la conformación de los requerimientos de la implementación del estándar.
- Facilitar la operación en ambientes de red.
- Estructurar la acomodación de la introducción de nuevos servicios, así como facilitar el apoyo para futuras aplicaciones de imágenes médicas.
- Hacer uso de estándares internacionales existentes donde se puedan aplicar, y así conformar una guía documentada para los estándares internacionales.

Este estándar facilita la interoperabilidad de sistemas que pretenden la conformidad en un ambiente multifabricante, pero no garantiza la interoperabilidad en sí mismo. Por otro lado, este ha sido desarrollado con un énfasis en imágenes médicas como las vistas en radiología, cardiología y disciplinas relacionadas; sin embargo, también puede ser aplicado en un amplio rango de información relacionada con imágenes intercambiadas en ambientes clínicos o médicos [4].

La Figura 3.2 presenta el modelo general de comunicación del estándar el cual se expande entre comunicaciones de red conectadas y los medios de almacenamiento de intercambio no conectados [4]:

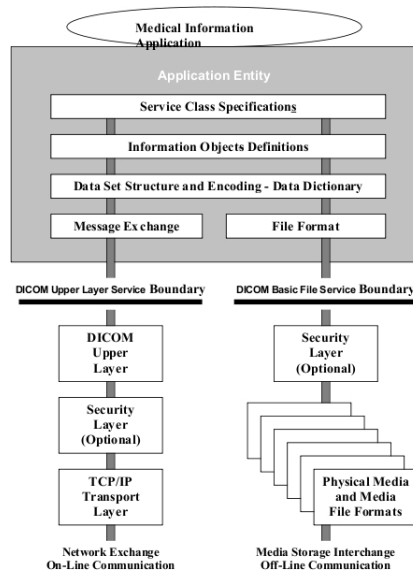


Figura 3.2: Modelo General de DICOM[38]

3.1.2. Características

Las características que deben ser resaltadas y que se han definido en el estándar por [4] son:

- Intercambiabilidad de objetos en redes de comunicación y en medios de almacenamiento a través de protocolos y servicios, manteniendo independencia de la red y del almacenamiento.

- Especificación de diferentes niveles de compatibilidad.
- Información explícita de Objetos a través de estructuras de datos, que facilitan su manipulación como entidades autocontenidas.
- Identidad de objetos en forma única.
- Flexibilidad al definir nuevos servicios.
- Interoperabilidad entre servicios y aplicaciones a través de una configuración definida por el estándar, manteniendo una comunicación eficiente entre el usuario de servicios y el proveedor de los mismos.

3.1.3. Partes de DICOM

DICOM divide las especificaciones de los distintos servicios, en partes. Estas se hicieron para que las partes puedan expandirse sin tener que rehacer el estándar entero. En la Figura 3.3 se muestra un diagrama que pauta cómo se relacionan dichas partes.

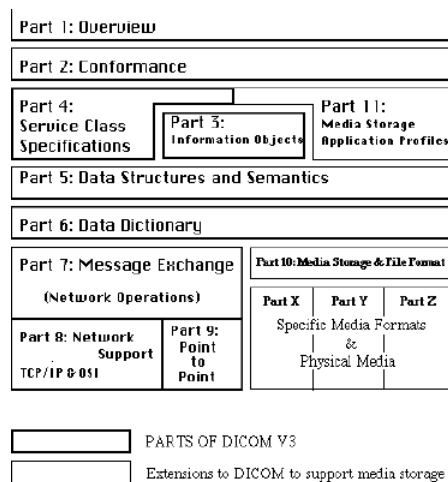


Figura 3.3: Partes de DICOM [6]

1. Introducción y resumen. Es el documento que provee una descripción del estándar. Provee una descripción de los principios de diseño, define muchos de los plazos, y da una descripción breve de toda la otra parte.
2. Conformidad (conformance). Es la definición de conformidad con DICOM, y lo que esto significa. Más que proveer una lista específica de ítem que cada tipo de implementación tiene que seguir para ser conforme, DICOM ofrece un número de bloques (p. ej. , las clases SOP) y requiere que fabricantes describan de forma concreta como sus productos conforman a DICOM. Este proceso construye una declaración de conformidad, y los usuarios tendrán acceso a estos desde los fabricantes.

3. Definición de objetos de información (Information Object Definitions). Define las características de los objetos usados en el protocolo.
4. Especificaciones de las clases de servicio (Services class Specification). Los servicios pueden ser tomados de como actúan las operaciones sobre los objetos de información.
5. Estructura de datos y codificación (Data Structure and encoding). La función principal de esta parte puede ser entendida como la definición del "idioma" que dos de dispositivos usarán para "hablar" uno con el otro. La mecánica del lenguaje es definida por el protocolo de intercambio de mensaje (parte 7), y la materia a tratar es definida por el servicio y objetos de información las clases (separa 3 y 4). La sintaxis de transferencia es un conjunto de reglas de codificación que es negociada por dos aplicaciones de comunicación para que ellos puedan comprenderse con exactitud el uno al otro. Para asegurar la más amplia interoperabilidad entre dispositivos conformes a DICOM, o comunicación con dispositivos de capacidad limitada, DICOM provee una sintaxis de transferencia por defecto.
6. Diccionario de datos (Data Dictionary). Es el listado completo de todos los elementos de datos junto con sus nombres numéricos (o etiqueta), sus nombres de texto, su representación (texto, número de coma flotante, etc.), su contenido -por uno o más ítems - (la multiplicidad de valor), y los valores que están permitidos para esos elementos, puesto que a veces se restringen a contener sólo ciertos valores.
7. Intercambio de mensajes(Message Exchange). Define lo que necesita la aplicación de software para relacionarse a través de comunicaciones de DICOM.
8. Soporte de Comunicación de Red para intercambio de mensajes(Network Communication Support for Message Exchange). Actualmente, TCP/IP y protocolos ISO—OSI son soportados, pero la naturaleza del servicio superior de capa definido en esta parte es tal que se debe ser posible expandir a otros protocolos con relativa facilidad.
9. Almacenado de los medios y formato del archivo para el intercambio de los datos(Media Storage and File Format for Data Interchange).
10. Media Storage Application Profiles.
11. Funciones del almacenaje y formatos de los medios para el intercambio de los datos (Storage Functions and Media Formats for Data Interchange).
12. Grayscale Standard Display Function
13. Perfiles de administración del sistema y seguridad(Security and System Management Profiles)
14. Content Mapping Resource.
15. Explanatory Information.
16. Acceso Web a los objetos persistentes de DICOM (Web Access to DICOM Persistent Objects) .

Tomado de [38] y [6].

3.1.4. Niveles de Información

El modelo de información de imagen DICOM es un modelo que representa la información de una forma estructurada. Para este modelo existen 4 niveles: paciente, estudio, serie e imagen.

Contiene la identificación e información que pertenece al paciente. Este nivel es el más alto debido a que puede existir más de un estudio. Sin embargo, es normal usar el nivel del estudio para recoger la información manejada por varios sistemas para una única respuesta a este estudio.

Es el nivel más importante en el modelo de información. Un **estudio** es el resultado de una contestación a un cierto tipo de examen médico. En él, la información de identificación se guarda y puede contener referencias a información relacionada al mismo estudio. En general, una respuesta puede envolver procedimientos de diferentes máquinas. Esto da lugar a una serie de una o más imágenes, dependiendo del protocolo definido por el examen realizado. Todos los datos son recogidos juntos en el mismo estudio principal. Un paciente puede tener muchos estudios como resultado de haberse realizados otros anteriormente. Después del nivel de estudio todas las imágenes se recogen y almacenan.

Identifica el tipo de dispositivo que crea las imágenes, la fecha y hora de creación de la serie y los detalles del tipo de examen realizado y del equipo usado. Las **series** son una colección de imágenes que provienen de una único dispositivo. La forma en que las imágenes están agrupadas en series depende del uso médico que se les va a dar. Otro criterio para agrupar imágenes puede ser tomar los datos de una parte específica del cuerpo, hecho durante un estudio completo. Ver Figura 3.4.

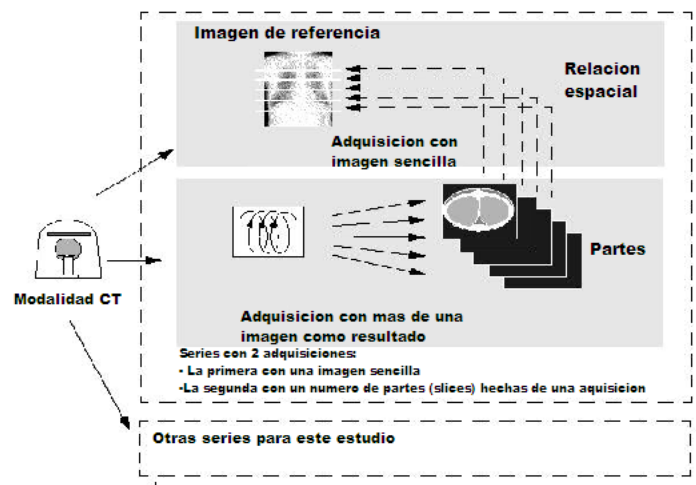


Figura 3.4: Descripción de la posición espacial de las partes individuales [6]

Es el nivel más bajo del modelo de información. Cada imagen contiene la información de adquisición y posicionamiento al igual que los datos propios de la imagen. Dependiendo del tipo de aparato, el nivel de imagen contiene datos para una sólo imagen, dos imágenes o una colección de imágenes tomadas en un corto espacio de tiempo (multiframe)[26]. En la Figura 3.5 se describe claramente la clasificación de la información de la imagen, representada en este nivel.

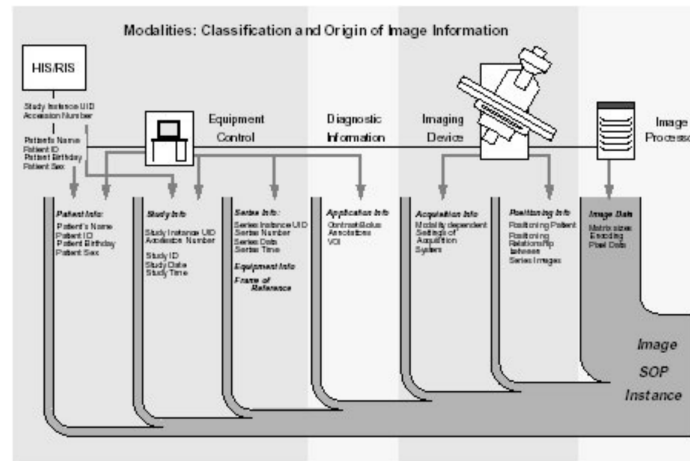


Figura 3.5: Clasificación de la información de la imagen [26]

3.1.5. Servicios proporcionados

Estos servicios son de gran importancia para la definición de transmisión de imágenes médicas digitales en MediCom, puesto que cada uno de ellos proporciona una funcionalidad distinta para suplir un propósito específico. Los servicios dentro de DICOM son vistos como Clases de Servicios (SC) Los usados dentro de MediCom fueron Storage y Storage Commitment.

1. Image Storage Service Classes: contiene clases relativas a los datos de la imagen. Los datos de imagen son siempre encapsulados en un IOD compuesto y utilizando los servicios compuestos (*ver Apéndice Glosario*). Las Clases de Servicio de este grupo son:
 - Storage Service Class o clase de Almacenado.
 - Query/Retrieve Service Class o clase de Consulta/Recuperación.
 - Study Contents Notification
2. Management Service Classes: la administración se realiza utilizando una mezcla de IODs normalizados con servicios normalizados y una clase Query que maneja información en sentido opuesto.

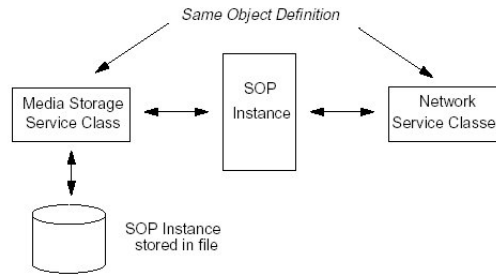


Figura 3.6: Definición de objeto compartido con Media Service Class [26]

- Detached Patient Management.
- Detached Study Management.
- Detached Result Management.
- Basic Worklist Management.
- Print Management.

3. Media Storage Service Class: se definen un set de servicios que permiten el intercambio de datos usando Media Storage. Media es usado por dos razones (*ver Figura 3.6*):

- Las imágenes son almacenadas en Media para el intercambio entre dos procesos sin la especificación sobre el tratamiento, solamente la transferencia de la o información.
- Las imágenes son almacenadas para mostrarlas como Sesiones de Película. El proceso de recepción debe manejar la información de la Gestión de la Impresión en Media, y mantener sobre ésta la información del estado del progreso del trabajo de impresión.

4. Verification Service Class: es utilizada para chequear si una asociación puede establecerse entre dos procesos e intercambiar o una instrucción sin ningún dato (C-ECHO), donde ningún IOD está involucrado. Esta proyectado para propósitos de chequeo en nivel de conectividad.

Tomado de [26].

3.1.6. Comunicación

La esencia del estándar DICOM es que prescribe un conjunto de reglas uniformes y bien definidas para la comunicación de imágenes digitales, definiendo la comunicación como el intercambio de datos e información [20]. Dado que DICOM actúa como una aplicación distribuida, es importante considerar la manera en cómo

se conectan sus componentes entre sí. Para este caso, los componentes definidos son las **Entidades de Aplicación** (ver *Apéndice Glosario*).

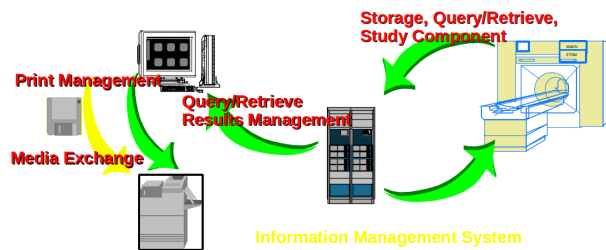


Figura 3.7: Dominio de la aplicación de DICOM

Para que la negociación de la comunicación entre Entidades de Aplicación DICOM se dé como se muestra en la Figura 3.7, se siguen los siguientes pasos:

1. Establecimiento de la conexión entre dos Entidades de Aplicación.
2. Establecimiento de la asociación entre dos Entidades de Aplicación.
3. Procesamiento de una solicitud de un SCU por un SCP.
4. Liberación de la Asociación.
5. La conexión se cierra.

Primero, la conexión entre dos entidades de aplicación se establece. Luego de esto, la asociación es establecida. La **asociación** no es otra cosa que el proceso de **hand shaking** entre dos Entidades de Aplicación. En este punto, las entidades intercambian sus capacidades y se ponen de acuerdo sobre ciertos parámetros requeridos para la comunicación. Después de establecer la asociación entre entidades, las peticiones de servicios serán procesadas. Después de esta, la asociación es soltada y la comunicación es cerrada [20].

Refiriéndose al capítulo 8 de la especificación del estándar DICOM con respecto a la comunicación, a continuación se puntualizan algunos puntos importantes a tener en cuenta [30]:

- DICOM utiliza el modelo de capas para representar conexiones virtuales entre diferentes plataformas de cómputo, utilizando protocolos de comunicación.
- Para establecer una conexión virtual, los dispositivos que pretenden comunicarse deben utilizar los mismos protocolos en cada capa.
- DICOM agrega la posibilidad de conexión en red utilizando como base los protocolos TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) y los propuestos por ISO/OSI (International Standards Organization/Open Systems Interconnection).
- Se aprovechan los protocolos definidos en las capas inferiores tanto de TCP/IP como de ISO/OSI y define los protocolos necesarios en las capas superiores para soportar la comunicación entre aplicaciones en forma eficiente.

- En el caso de ISO/OSI, aprovecha los servicios de las primeras 6 capas. Para el caso de TCP/IP, especifica un protocolo de capa superior DUL (DUL: DICOM Upper Layer). Para ambos casos se definen un protocolo para aplicaciones DICOM, que permite la portabilidad entre ambos ambientes sin afectar las aplicaciones ya realizadas. [38]
- Una vez creado un ambiente de redes TCP/IP, las aplicaciones apropiadamente configuradas pueden intercambiar mensajes para establecer asociaciones y para implementar los servicios DICOM.

El modelo de comunicación se muestra en la Figura 3.3, del modelo general de comunicación.

3.2. Imágenes médicas DICOM

Las imágenes médicas se han convertido en un instrumento fundamental en el área de la salud, debido a que los médicos y especialistas, gracias a los grandes avances en las técnicas de adquisición, procesamiento y visualización, y a las múltiples líneas de aplicación de éstas pueden, por un lado, prevenir y diagnosticar distintas patologías, mejorando también el tratamiento a aplicar, y por otro, simular y planificar las intervenciones quirúrgicas; de esta manera se puede decir que esta información representada en forma de imágenes es un instrumento elemental en el diagnóstico como medio de explorar internamente los órganos del ser humano.

Para empezar, se define una imagen médica como *“aquella que procede del conjunto de técnicas y procesos usados para crear imágenes del cuerpo humano, o partes de él, con propósitos clínicos, esto es, procedimientos médicos que buscan revelar, diagnosticar o examinar enfermedades, o bien con propósitos científicos médicos, tales como el estudio de la anatomía física y metabólica”*, según [37].

En otras palabras, una imagen es una representación espacial de la distribución de las propiedades físicas del cuerpo humano y su interior, de acuerdo a su estructura anatómica y fisiológica, y es por esta razón que el procesado digital de imágenes médicas constituye, por tanto, una de las áreas de generación de conocimiento fundamentales en Medicina. De igual forma, existen diferentes modalidades de imagen médica, las cuales corresponden a las diferentes energías empleadas y a las condiciones de adquisición. Cada una de éstas tiene aplicaciones específicas en el campo del diagnóstico.

Es así, que se podría llegar a decir que cualquier proyecto basado en la utilización de imágenes médicas, deberá tener en cuenta tanto principios como protocolos de adquisición de imágenes, como por ejemplo DICOM, de acuerdo a los servicios que prestará la aplicación, como en el caso de MediCom.

3.2.1. Definición de Objeto de Información (IOD)

El estándar DICOM cuenta con las Clases de Servicio como la descripción de la información y operaciones. Así mismo, éstas están combinadas con las Clases SOP (SOP Class) y cada definición de éstas contiene una única Definición de Objeto de Información (IOD). Para lograr la transmisión de imágenes, el estándar DICOM define cierto número de tipos de clases de imágenes SOP, las cuales dependen del aparato médico que crea los datos de las imágenes. Cada tipo tiene su propio IOD para añadir información específica del aparato a la instancia de la imagen SOP. Todas estas instancias de las imágenes SOP comparten un mínimo juego

de información que permite a una aplicación visualizadora manejar las imágenes independientemente de su tipo. Una clase de imagen SOP está disponible para encapsular las imágenes que no están disponibles en el formato digital y son capturadas en formato de película o de video. [6]

DICOM define estos objetos IOD, como representaciones abstractas de ciertas entidades del mundo real del campo médico tales como un paciente, una imagen, entre otras, que así mismo son aplicables para la comunicación de información médica. Según la parte 3 del estándar, cada uno de estos tiene sus atributos entre los que se han definido las relaciones correspondientes. De igual forma, dicho estándar utiliza un modelo de entidad-relación con el fin de indentificar y especificar las relaciones en su modelo, como se logra ver a continuación en la Figura 3.8:

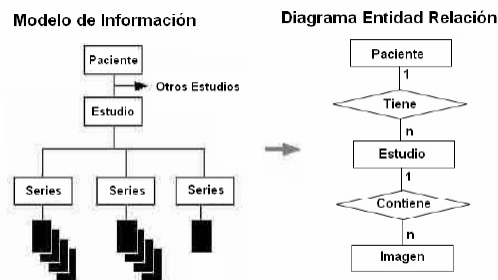


Figura 3.8: Modelo del mundo real y Modelo Entidad-Relación. Tomado de: [7]

En contraste, un IOD es la parte información de una clase SOP, por lo que cada objeto de estos puede ser combinado con uno o varios servicios y dependiendo del contexto definido por las clases de servicio, existen los objetos compuestos que pueden corresponder a varias entidades del mundo real y los objetos simples o normalizados que corresponden a una única entidad, y a su vez cada uno de los IOD Compuestos están conformado por varios IOD Normalizados. Por consiguiente, podríamos decir que las clases de servicio que implementan funciones de administración, usan IODs normalizadas, mientras que aquellas que realizan procesos más complejos como el flujo de datos correspondientes a imágenes, usan IODs compuestas. En general, el estándar DICOM considera a las imágenes médicas como objetos de información compuestos. [12, 2]

En la Figura 3.9 se puede ver un ejemplo de todos los atributos que conforman un IOD compuesto. Los atributos son los entes de información básica en DICOM, por lo tanto para cada uno de estos se deben definir las siguientes características:

- Nombre de Atributo único (Entendible por el humano)
- Etiqueta de Atributo única (Entendida por los sistemas de información)
- Descripción del Atributo (Semántica)
- Representación (Sintaxis)
- Multiplicidad Clasificación: 1, 1C, 2, 2C o 3 (Dependiendo de la clase de SOP, Clase de Servicio, Rol, etc.).

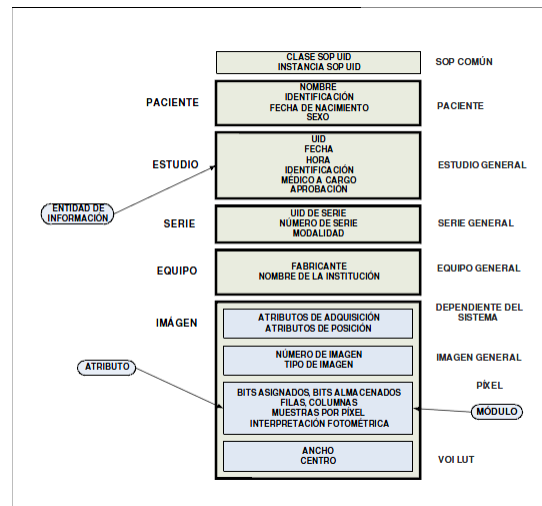


Figura 3.9: Ejemplo de un IOD compuesto. Tomado de: [2]

3.2.2. Tipos de Imágenes

El estándar DICOM establece varios tipos de Clases SOP de Imagen, cada tipo contiene su propio IOD, el cual es el encargado de agregar información específica a una instancia de imagen SOP.

Las instancias de las clases de las imágenes SOP, tienen un conjunto básico y común de atributos siendo estos los mínimos requeridos, consisten en:

- Atributos identificadores: UID de clase SOP, UID de la instancia del estudio, UID de la instancia de la serie y UID de la instancia de la imagen (UID de la instancia SOP). (*ver sección 3.2.4 Relaciones e identificación*)
- Tipo de aparato y/o modalidad
- Descripción de la matriz de píxeles: muestra por píxel, filas, columnas.
- Valor de interpretación del píxel: interpretación fotométrica.
- Codificación de los píxeles: bits asignados, bits almacenados, bit alto, representación de píxel, configuración plana.
- Matriz de píxeles: datos de píxel.

Este mínimo conjunto de atributos permite mostrar los datos de píxel y proporciona la identificación en el nivel de sistema para el caso de la instancia SOP y también para ir la adicionando al modelo de información,

ya que a medida que se va añadiendo más información al menos para los tres primeros niveles de éste, se facilita el entendimiento de la instancia SOP.

Los atributos que identifican la instancia SOP para las personas y permiten que la imagen sea visualizada con los correctos ajustes de ventana son:

- **Nivel de paciente:** nombre, ID, fecha de nacimiento, sexo.
- **Nivel de estudio:** fecha del estudio, hora, nombre del médico, ID del estudio, número de acceso.
- **Nivel de serie:** número de serie, fabricante, nombre de la institución.
- **Nivel de imagen:** número de imagen, tipo de imagen.
- **Configuración de presentación:** ancho de ventana, centro de ventana.

Los atributos listados arriba son en la mayoría de los casos atributos del tipo 2 (deben ser suministrados, pero pueden faltar) o del tipo 3 (opcionales). Para más información acerca de éstos ver *sección 3.1.4 Niveles de Información*.

El formato genérico descrito con anterioridad es utilizado en cada una de las definiciones de una clase SOP en general, sin embargo, esto depende del tipo de modalidad, lo cual se prolonga de acuerdo a la información entregada acerca de la adquisición. El número de imágenes especializadas se incrementa cada vez más debido al crecimiento de nuevas modalidades. A continuación se muestran algunos de los tipos especializados que poseen una definición de clase SOP:

- **Radiografía computada IOD (Computed Radiography IOD):** usada por los sistemas radiográficos tradicionales que trabajan con fósforo, el cual brilla al leerse con sistemas como PCR (*ver Apéndice Glosario*). Las imágenes creadas por esta modalidad no contienen información adicional acerca de la adquisición y posicionamiento, en muchos casos no existe relación temporal o espacial con otras imágenes.
- **Tomografía computada IOD (Computed Tomography IOD):** para escáneres CT, para los cuales el posicionamiento es importante, para montones de imágenes, para crear vistas tridimensionales.
- **Resonancia magnética IOD (Magnetic Resonance IOD):** para sistemas MR, para los cuales también se da información adicional sobre el protocolo de adquisición, a parte de la misma información que para escáneres CT.
- **Medicina nuclear IOD (Nuclear Medicine IOD):** para cámaras que usan isótopos radiactivos, los cuales contienen imágenes de especial formato para este tipo de aparatos. Las imágenes son en formato multiframe.
- **Ultrasonidos IOD (Ultrasound IOD):** para este tipo de equipos que contienen detalles sobre la posición y la adquisición de la imagen, las cuales pueden ser en color y se puede usar el multiframe.

- **Angiografía con rayos-X IOD (X-Ray Angiographic IOD):** para sistemas digitales cardiológico y basculares. Este formato puede capturar una cadena en multiframe o imágenes simples. Este tipo requiere de la información acerca del posicionamiento del equipo y de la adquisición para permitir el procesamiento de los datos de la imagen.
- **Radiofluoroscopia de rayos-X IOD (X-Ray Radiofluoroscopic IOD):** para sistemas como sistemas angiográficos.

Para cada uno de los IODs, se detalla una lista de módulos donde la utilización de algunos de estos depende de condiciones o capacidades de algunos sistemas. Estos contienen atributos de acuerdo al IOD, por ejemplo, para un IOD genérico a veces tanto los módulos como los atributos se redefinen.

3.2.3. Instancias imagen

Se llama instancia de un objeto de información a aquellos objetos que contienen información real asignada a los atributos que se definen en la especificación de cada IOD como una clase. Las clases SOP contienen, como ya se dijo, una definición de objeto (IOD) y además los servicios que serán aplicados a este. En el manejo de los datos de las imágenes, como lo detallado en DICOM, se encuentra limitado sólo por la transferencia y por el medio de almacenamiento. Por esta razón se utilizan términos de almacenamiento de clase e instancia SOP para referirse al proceso de los datos de la imagen.

De acuerdo a la Figura 3.4 de la descripción de la posición espacial de las partes individuales (*ver sección 3.1.4 Niveles de Información*), cada uno de los bloques de esta representación del modelo de información de una imagen, representa una entidad de información de un IOD compuesto. Cada instancia de imagen SOP contiene información estructurada de acuerdo al modelo de información establecido por el estándar DICOM.

Cada instancia de imagen SOP, sin importar que sea simple o multiframe, es una instancia compuesta que contiene el árbol completo de información del modelo de éste, pues en el caso que existan varias imágenes en una misma serie, éstas pertenecen tanto al mismo paciente como al mismo estudio, y así mismo habrán muchas series que pertenezcan al mismo paciente y estudio. En cada estructura, toda la información relacionada con la imágenes está disponible.

Este formato facilita el intercambio y manejo de información, especialmente en cuanto al proceso de almacenamiento, sin embargo incrementa la carga de datos cuando se transfiere un estudio completo. En este caso, las entidades de información del paciente y del estudio, tienen diversas instancias en una colección de instancias SOP. En contraste, las instancias normalizadas SOP utilizan referencias a otras entidades, haciendo uso de un protocolo más eficiente, pero solicitando un manejo más complejo.

3.2.4. Relaciones e indentificación

Cuando se obtiene un grupo de instancias de Imagen SOP, que tienen relación entre ellas incluso siendo creadas desde diferentes aparatos, es fundamental ser capaz de caracterizar las entidades de información en diferentes niveles. Para esto son importantes dos aspectos:

- Todas las modalidades deben tener un mapa consistente de cómo pasar de unos datos de imagen a una instancia SOP.
- Las entidades de información individuales deben contener la identificación suficiente de realizar un correcto marcado de las entidades de información equivalente en otras instancias SOP.

Un aspecto requiere que los datos generados por los diversos aparatos sean ordenados en series que tengan una relación como la descrita en el nivel de serie (ver 3.1.4 Niveles de Información). En los niveles de serie e imagen, la secuencia de imágenes dentro de una secuencia debe ser identificada en un aparato.

De igual forma, las distintas entidades de información sobre el nivel de serie deberían contener datos perteneciente al estudio y al paciente, los cuales puedan ser comparables con la información de otros dispositivos en caso que sea necesario.

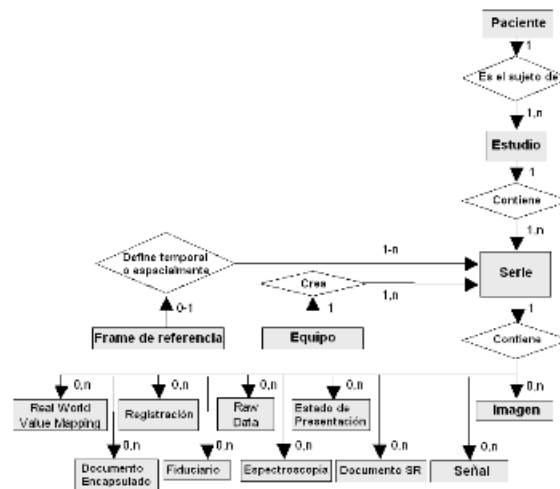


Figura 3.10: Modelo de información de una imagen compuesta DICOM. Tomado por: [2]

La identificación de las imágenes es necesaria dado el caso que se necesite almacenarlos, donde se necesitaría establecer un acuerdo y así reconocer la información de la entidad, y así mismo, ser utilizada para lograr acceder a los datos desde otros sistemas.

Por esta razón el estándar DICOM, posee un mecanismo que se ha definido para estas identificaciones, los cuales son llamados UIDs. Cada una de las entidades en el modelo de información tiene su propia UID, excepto para la entidad de información del paciente, para el cual se define un ID. En otras palabras, cada clase SOP tiene un UID que la distingue de las demás clases. En la siguiente figura podemos observar algunos de los UID de algunas clases:

| Nombre de la Clase SOP | UID de la Clase SOP | Especificación de la IOD (definido en PS 3.3) |
|---|-------------------------------|---|
| Computed Radiography Image Storage | 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.1 | |
| Digital X-Ray Image Storage - For Presentation | 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.1.1 | DX IOD (see B.5.1.1) |
| Digital X-Ray Image Storage - For Processing | 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.1.1.1 | DX IOD (see B.5.1.1) |
| Digital Mammography Image Storage - For Presentation | 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.1.2 | Digital Mammography IOD (see B.5.1.2) |
| Digital Mammography Image Storage - For Processing | 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.1.2.1 | Digital Mammography IOD (see B.5.1.2) |
| Digital Intra-oral X-Ray Image Storage - For Presentation | 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.1.3 | Digital Intra-oral X-Ray IOD (see B.5.1.3) |
| Digital Intra-oral X-Ray Image Storage - For Processing | 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.1.3.1 | Digital Intra-oral X-Ray IOD (see B.5.1.3) |
| CT Image Storage | 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2 | |
| Enhanced CT Image Storage | 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2.1 | Enhanced CT Image (see B.5.1.7) |
| Ultrasound Multi-frame Image Storage | 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.3.1 | |
| MR Image Storage | 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.4 | |
| • | • | • |
| • | • | • |

Figura 3.11: Clases SOP de almacenamiento de estándares. Tomado de: [7]

Esta identificación se lleva a cabo a nivel de estudio. En la mayoría de los casos, el UID identifica la entidad de estudio de la instancia de éste, que pertenece a un estudio perteneciente al resultado del examen del mundo real. De igual forma, estos UID deben poder ser identificados por otros sistemas que estén involucrados, incluso cuando no sea para el manejo de imágenes médicas.

3.2.5. Clasificación de los datos de imagen

El modelo de información define una organización jerárquica de las entidades de información con el fin de aclarar como la información es agrupada dentro de los diferentes niveles dentro de una instancia de imagen SOP. A continuación se muestra la clasificación de la información dentro de la instancia de acuerdo a sus funciones en ésta.

Contiene información acerca del paciente al que se le realizó el estudio. En esta se registran ciertos atributos tales como: nombre del paciente, ID del paciente, fecha de nacimiento, entre otros. Así mismo, existen otros atributos que logran identificar al paciente como una persona o simplemente, dan más detalles sobre su condición. Para permitir la identificación del paciente y/o revisión de un estudio, el dispositivo médico tiene que incluir esos atributos en las instancias SOP creadas.

La información del estudio es suministrada por dos fuentes. Por un lado, será proporcionada por un sistema como un RIS (Sistema de Información Radiológico) y por otro lado, el aparato médico adicionará información sobre el paciente en el momento en que el estudio se realiza. Otra información suministrada al aparato médico son los nombres de los médicos solicitantes o la lectura de las imágenes e información del paciente como la edad, el peso, la ocupación, entre otros. La información incluida localmente por el dispositivo médico identifica el estudio proporcionando un valor para el atributo ID del estudio y la fecha y hora actual del estudio.

Es completamente generada por el aparato médico. Consiste de un UID de la instancia de la serie que solamente reconoce la serie en los datos de la imagen y una serie en la zona usada, con un ID el cual puede ser utilizado para hacer una secuencia con series en un estudio.

Adicionalmente, se proporcionan más detalles sobre la forma en que las series son realizadas, así como también la parte de la información del equipo que contiene datos generales sobre el sistema tal como la localización, la identificación del tipo y la serie, etc. Por consiguiente, estos datos pueden ser compartidos por series pertenecientes al mismo estudio y realizados mediante el mismo aparato médico.

Se refiere a los atributos que brinda información sobre la imagen contenida en la instancia SOP, como por ejemplo, texto añadido como comentario, detalles tales como contraste, terapia y dispositivos usados durante el reconocimiento médico. Otro grupo describe la parte del cuerpo examinada haciendo uso de valores codificados.

Los ajustes del valor de interés (VOI), en la mayoría de los casos llamado anchura de ventana y centro de ventana, son miembros muy importantes de esta.

En esta se almacenan configuraciones del equipo de adquisición de la imagen, es decir, que contiene detalles del sistema de adquisición, como por ejemplo algunos de los valores usados de los rayos X y adicionalmente, puede incluir el grado de información, el cual depende del tipo de aparato. Las imágenes resultantes de la misma adquisición pueden ser identificadas con un número de adquisición.

Esta información es acerca del posicionamiento de la imagen dentro del paciente, la cual depende del tipo de dispositivo médico, de la forma en que se describe utilizando algunos términos simples como anterior, posterior, derecha, en frente, etc.

En contraste, en una serie que tiene relación espacial, como puede ser en imágenes CT o MR, una cantidad de detalles adicionales se tienen que proporcionar sobre la posición de las imágenes en el espacio tridimensional del cuerpo del paciente.

Se refiere a los datos de las imágenes que provienen del sistema de adquisición y aquellos que son procesados para producir imágenes visibles en formato digital. En otras palabras, describe detalles sobre cómo los datos de los píxeles deben ser interpretados, el tamaño de la matriz de píxeles, el valor representativo de píxel y cómo estos están codificados.

Existen algunos aparatos médicos que son capaces de generar imágenes en color, información que debe ser suministrada en relación a cómo los datos son ordenados. A parte del formato de la información, esta posee también datos de los píxeles en un marco sencillo o en multiframe.

La imagen se identifica únicamente por el UID de la imagen. Debido a que una instancia SOP siempre incluye una fracción de la imagen, el UID de dicha imagen se utiliza como UID de esa instancia, utilizado

para identificarla cuando ésta sea transmitida o para identificar la entidad de la imagen usándola en un árbol jerárquico de información.

3.2.6. Imagen Secundaria de la Captura

Es empleada para almacenar imágenes que tiene un formato diferente a DICOM y que se desea utilizarlas dentro de este ambiente, por lo que se deben convertir a este formato, entre éstas se incluyen imágenes capturadas de equipos de película digital, capturas de pantallas, etc.

El Secondary Capture IOD no posee ningún detalle sobre la modalidad y la adquisición de los datos de la imagen y este permite que dicha imagen sea manejada como cualquier otra modalidad.

3.2.7. Procesamiento de imágenes

El procesamiento de imágenes describe los pasos para traducir la información adquirida por diferentes escáneres a una imagen presentada en un vídeo o muestra una película. Algunos de estos pasos dependen del sistema de adquisición, otros mejoran la presentación mediante procesamiento y corrección de las imágenes o usa series de imágenes para crear imagen derivadas, por ejemplo imágenes tridimensionales, para lograr este cometido los siguientes pasos son relevantes:

- Pasos en el proceso de la adquisición: incluyen la conversión a los datos digitales, correcciones, reconstrucciones, etc.
- Pasos intermedios del proceso para realizar la presentación o crear la derivaron de imágenes.
- Pasos del proceso de la presentación, que dan como resultado una imagen que es mostrada o puede ser impresa.

Un número de los pasos de proceso son realizados por el sistema de la adquisición. Ya que algunas etapas de procesamiento se pueden realizar en un sistema distribuido, donde la transferencia de la información es necesaria, se requiere de una definición de la información, de esta manera se tienen dos tipos de intercambio:

- Datos de Imagen Procesados, que necesita solamente la conversión apropiada a los niveles grises para mostrarla.
- Datos de Imagen Susceptible a ser procesados, los cuales requieren un procesamiento adicional para ser presentados, este se divide en dos subgrupos:

1. Datos de imagen procesados, necesitan procesamiento adicional para ser visualizados
2. Datos Raw de la imagen, no se pueden desplegar sin los pasos intermedios del proceso.

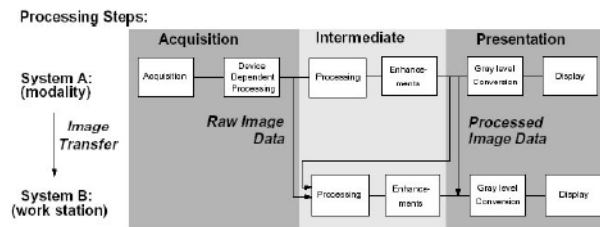


Figura 3.12: Pasos del proceso y tipos de datos de la imagen. Tomado de: [6]

El procesamiento para imágenes de tipo raw incluye funciones tales como substracción digital, ciertos dominios de filtración de frecuencia o combinar partes de imágenes a una sola imagen de mayor tamaño.

Para este tipo de proceso los datos de la imagen tienen que estar asociados con la información de los pasos del procesamiento para que puedan ser invertidos, procesando parámetros para los pasos que se realizarán, tales como la adquisición adicional y colocado de la información, entre otros.

Para las imágenes transferidas con DICOM, se definen cierto número de módulos que contienen la información para la etapa de la presentación:

- Módulo del píxel de la imagen, el cual posee los valores de la muestra del píxel.
- Modalidad LUT (Tabla Look-Up), con una descripción de la función para la conversión.
- Valor de interés LUT (VOI LUT), con una descripción de la función de seleccionar una ventana en la gama de los valores del píxel.
- Sobreposición módulos, los cuales agregan la información gráfica para ser mostrada.

La información puede contener líneas y círculos para exhibir el campo de interés, o una bitmap con cadenas de caracteres para anotar la información en la imagen expuesta. Esta información se provee como entidad separada. Cuando esta información se adiciona a los datos del píxel se tienen muchas limitaciones con el uso de los datos de la imagen. [6]

3.2.8. Aplicación de los Datos de las Imágenes

Las Clases SOP de la imagen están producidas en modalidades. cuando se lleva a cabo el intercambio de datos entre sistemas, cada uno de estos puede tener diferentes vistas de la información, aunque toda la información de la instancia de la Imagen SOP esté transmitida entre cada sistema implicado.

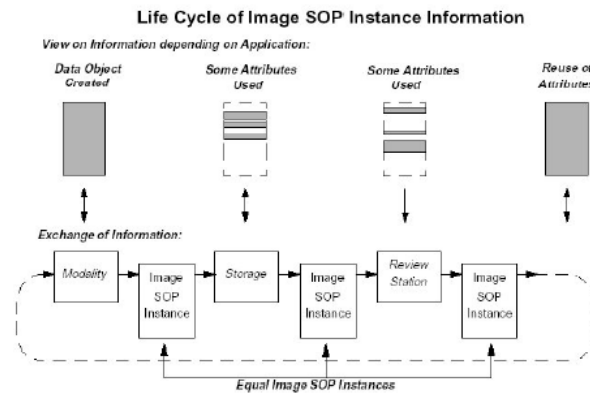


Figura 3.13: Ciclo de vida de la información de una Image SOP Instance. Tomado de: [6]

Los sistemas de almacenamiento de imágenes usan cierta cantidad de atributos que contribuyen a la identificación para almacenar las instancias de imagen SOP. Es así que estos atributos se utilizan para lograr recoger todos los datos de las imágenes que pertenecen al mismo estudio. La instancia UID del estudio es el atributo clave, aunque se pueden utilizar otros atributos tales como el ID del paciente.

Por otro lado, algunos atributos pueden ser usados por sistemas que quieren encontrar instancias de imagen SOP en un sistema, en este caso la clave fundamental es la instancia UID del estudio y la instancia UID de la serie.

Es utilizada para visualizar diversas imágenes producidas en uno o varios aparatos. Estas estaciones, recogen o buscan las instancias de imagen SOP que pertenezcan a algún estudio. De esta manera, mostrará la imagen junto a la información del paciente, ajustes de adquisición, información del diagnóstico, entre otros.

Estas estaciones aptas para procesar los datos de las imágenes tienen requerimientos adicionales, tales como los parámetros de adquisición y posicionamiento para la realización de pasos adicionales en cuanto al procesamiento. Dependiendo del tipo de procesamiento la entrada es un conjunto de imágenes procesadas o no procesadas, en dado caso la relación entre estas, es fundamental ordenar los datos de tales imágenes.

Los resultados de este procesamiento son nuevos datos de píxeles que son almacenados en una nueva instancia de imagen SOP, la cual tiene su propio ciclo de vida y en la mayoría de los casos, también posee relaciones con los datos originales usados por la imagen.

3.2.9. Seguridad en DICOM

MediCom se preocupa por que todos sus procesos donde se haga uso del estándar DICOM sean seguros, específicamente en la transferencia de imágenes médicas en una red de área local, sin embargo la norma

solo provee ciertos mecanismos, los cuales contribuyen a la implementación de políticas y/o protocolos de seguridad por parte de equipos trabajando bajo este estándar, teniendo en cuenta el intercambio de entidades de información en diferentes aplicaciones. Por consiguiente, dicho estándar asume que aquellas personas haciendo uso de él, implementan políticas apropiadas para el manejo de imágenes médicas.

Es así que podríamos afirmar que se contemplan a cabalidad todos aquellos aspectos requeridos para brindar seguridad a dicha información y de la misma manera, brindar soluciones para crear sistemas seguros. De acuerdo a esto, en la parte 15 del estándar DICOM, se definen ocho perfiles de seguridad, mostrados a continuación:

- **Perfiles de Uso:** Trata sobre el uso de atributos y temas de seguridad en el uso de maneras específicas.
- **Perfiles de Conexiones:** en este apartado, se trata cómo se negocian las comunicaciones, los mecanismos de autenticación de entidades, la encriptación del canal y el chequeo de la integridad.
- **Perfiles de Firma Digital:** cómo incluir firma digital en el dataset de las imágenes y el propósito de la misma.
- **Perfiles de Seguridad en el Almacenamiento:** indica cómo se encapsularán y protegerán las imágenes en el almacenamiento.
- **Perfiles de Confidencialidad en los Atributos:** indica cómo encriptar los datos de la cabecera las imágenes.
- **Perfiles de Manejo de Direccionamiento:** explica cómo manejar situaciones con servidores DHCP y DNS.
- **Perfiles de Sincronización de Tiempos:** explica cómo manejar situaciones con el protocolo NTP para la sincronización de tiempos.
- **Perfiles de Administración de Configuración de Aplicaciones:** explica cómo se debe guardar la información en un servidor LDAP, qué campos y con qué formato.

3.3. Telemedicina y Herramientas Colaborativas

La necesidad de la **colaboración** entre dos sitios distantes geográficamente ha incrementando en los últimos años y las herramientas para apoyarla siguen siendo implementadas y adaptadas, buscando la adecuación para la demanda de las distintas tecnologías nacientes en distintos campos, pero particularmente, en la medicina. Es por esto que el desarrollo de software de código abierto está ganando más aceptación como un enfoque rentable para el soporte del desarrollo de las mismas. Sin embargo, las tecnologías que son usadas para conectar sitios remotos para la prestación de servicios de salud usualmente no están basadas en código abierto, aspecto que sí ofrece MediCom, entre otros.

3.3.1. Telecolaboración

La telecolaboración es un término relacionado con GroupWare o Software Colaborativas, puesto que se refiere a tecnologías de software que permiten la integración y extensión de “Desktop Sharing” (ver *Apéndice Glosario*) con soluciones de videoconferencia. La diferencia con soluciones de videoconferencia pura o telepresencia, es que el ambiente de telecolaboración se complementa con el contenido compartido en forma casi espontánea, haciendo énfasis no solo en la comunicación cara a cara, sino también en la colaboración.

3.3.2. Software Colaborativo

Son sistemas de software que permiten a los usuarios que se encuentran en distintas estaciones, trabajar en entornos comunes, en los cuales comparten información y documentos de manera ordenada y controlada. Intenta integrar el trabajo de los usuarios en un único proyecto, usando como medio una red que puede ser Internet o Intranet. Sistemas como el correo electrónico, calendarios compartidos, chat de texto, entre otros, pertenecen a esta categoría [28], [42].

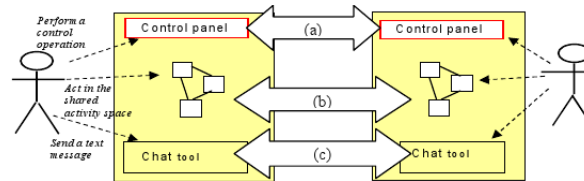


Figura 3.14: Telecolaboración [23]

Finalmente, el software colaborativo se relaciona con el concepto de *sistemas de trabajo colaborativos*, que son concebidos como cualquier forma de organización humana que surja en cualquier lugar que la colaboración tome lugar, de manera informal o formal, intencional o no intencional [41].

El software colaborativo puede ser dividido en tres categorías dependiendo del nivel de colaboración: herramientas de comunicación, herramientas de conferencia y herramientas de coordinación y gestión de colaboración [10].

1. La comunicación puede ser vista como el intercambio de información no estructurada. Una llamada telefónica o un chat de mensajería instantánea puede ser ejemplo de esto. Conferencia síncrona, conferencia asíncrona, e-mail, faxing, correo de voz, Wikis, publicidad Web, entre otras, son las variadas herramientas existentes que soportan este nivel.
2. Conferencia (o colaboración nivel, como se le llama en los documentos académicos que discuten estos niveles) se refiere al trabajo interactivo hacia un objetivo común. Lluvia de ideas o votación son ejemplos de este. Foros en Internet, chat en línea, mensajería instantánea, telefonía, videoconferencia, conferencia de datos, aplicaciones compartidas, sistemas de reunión electrónicas, son otras de las varias aplicaciones que apoyan este nivel.

3. La coordinación se refiere al trabajo complejo interdependiente por una meta común. El trabajo interdependiente complejos hacia un objetivo común: la gestión de colaboración. Calendarios electrónicos, sistemas de gestión de proyectos, sistemas de workflow, KMS (knowledge management systems), sistemas de software social, hojas de cálculo en línea.

Es así como las herramientas de software creadas para el apoyo de la Telemedicina aprovechan de las virtudes de las herramientas de colaboración y sus características para el mejoramiento y uso de las tecnologías de información, facilitando a la comunidad médica la realización de los distintos procesos que deben llevar a cabo, y a la población en general, puesto que acceden más fácilmente a servicios de salud, y sus derivados.

3.3.3. Herramientas colaborativas y visualización de imágenes médicas

El término de “vizualización colaborativa” hace referencia al subconjunto de aplicaciones tipo CSCW (por sus siglas en inglés, *Computer-Supported Cooperative Work*) en las cuales el control sobre los parámetros o productos de la visualización científica procesados son compartidos.

Ejemplos del uso de este tipo de herramientas es extenso. Un biólogo molecular trabajando con un investigador en una compañía farmacéutica remota para encontrar posibles sitios de acoplamiento para una nueva droga, estudiando cooperativamente una representación 3D de la molécula de proteína objetivo, es un claro ejemplo de las utilidades que se podrían dar a un sistema de visualización compartidos, entre muchas otras más[19].

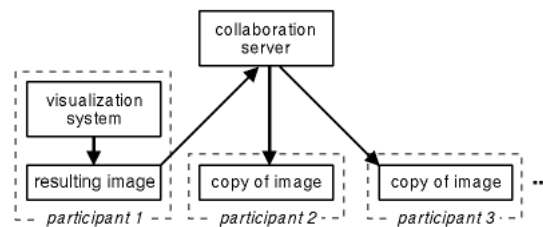


Figura 3.15: A simple collaborative visualization system in which an image product is viewed by multiple participants [19]

Se puede decir entonces que uno de los áreas más grandes de la visualización científica es la medicina. Debido a que la mayoría de exámenes médicos tienen como “salida” una imagen, varios grupos de desarrollo han enfocado sus estudios a la implementación y/o mejora de los sistemas de visualización enfocados a un problema particular en la misma área. Dado esto, y al crecimiento rápido de otras tecnologías como la WWW y todo lo que ello ha conllevado hasta el momento, apareció entonces lo que se conoce como sistemas de visualización colaborativa.

En la actualidad, el diagnóstico médico en enfermedades críticas, y la investigación científica en general, rara vez son ejecutados por una sola persona. El pronóstico de enfermedades a partir de imágenes médicas se realiza por grupos desde 2 a más especialistas de la salud, y en algunos casos, es posible que ellos estén ubicados en distintos puntos geográficos. Es por esto que nuevas tecnologías han ido desarrollándose, apoyando

el trabajo cooperativo de manera sustancial. Con este tipo de tecnología, dos personas en puntos distantes pueden analizar simultáneamente el mismo conjunto de datos, y en este caso, imágenes [22].

Es claro que desde hace algunos años se han ido desarrollando proyectos que colaboran en la investigación e implementación de nuevos sistemas (más sofisticados para la tecnología en hardware que también avanza rápidamente), pero aún es necesario que gente interesada continúe trabajando y creando grupos de investigación que aporten al conocimiento sobre este tipo de herramientas. MediCom, es una herramienta que intenta presentar un prototipo básico de lo que podría ser una herramienta colaborativa poderosa para el desarrollo tecnológico y para la comunidad tanto científica como del común.

Capítulo 4

Descripción General

4.1. Oportunidad ó Problemática

La Telemedicina es un concepto relativamente nuevo que implica la combinación de los beneficios y el impacto de las redes de telecomunicaciones con los servicios médicos, tratando de solucionar el problema de que no siempre es posible que médicos competentes y expertos estén presentes allí donde su pericia sea necesaria[?]. Los usos en medicina que se ven mayormente beneficiados por las distintas aplicaciones y desarrollo de un sin número de proyectos basados en este concepto son:

- **El diagnóstico:** la Telemedicina se acompaña de elementos computacionales tales como los sistemas expertos a distancia, los cuales contribuyen al diagnóstico del paciente o el uso de bases de datos en línea, que ayudan al personal médico en el proceso de toma de decisiones; siendo éste uno de los usos más antiguos de la Telemedicina.
- **El Control a Distancia:** Consiste en la transmisión de información del paciente (ECG, radiografías, datos clínicos, bioquímicos, entre otros) para ser analizados por especialistas encargados del cuidado de él. Esta es una de las aplicaciones de mayor uso actualmente.
- **La Consulta en Tiempo Real:** Permite que un médico pueda observar y discutir los síntomas de un paciente que está siendo asistido por otro médico a distancia. Este se perfila como la aplicación del futuro, cuando se normalicen ciertos aspectos tales como la responsabilidad, la acreditación y las formas de pago.

Específicamente, en Colombia se habían adelantado algunos proyectos relativos a la Telemedicina que trataban de solucionar uno u otro problema relativo a ella. En la actualidad, están en curso proyectos como la Red de Telemedicina San Andrés-Leticia liderado por la Universidad Nacional de Colombia, el Instituto Tecnológico de Electrónica y Telecomunicaciones (ITEC), en asocio con Colciencias. La red presta servicios de consulta desde el medio clínico en diferentes especialidades, programas de enseñanza a distancia y sesiones de educación a pacientes en zonas apartadas [33].

Además, la misma universidad cuenta con un grupo de investigación llamado Bioingenium que ha creado varios software dirigidos a la Telesalud, como son el Sistema de Información en Telemedicina SARURO (Internet móvil), la plataforma de aprendizaje virtual (SOFIA), el sistema de Administración de Imágenes (SAI) y distintos sistemas de visualización en 2D y 3D de imágenes médicas en cualquier formato[9].

Igualmente, la Universidad del Cauca inició el desarrollo un trabajo de diseño de una red de Telemedicina y su respectiva prueba piloto, en un área de influencia comprendida dentro del departamento del Cauca. El objetivo del proyecto es construir las bases de una red de telecomunicaciones que ofrezca la posibilidad a las Empresas prestadoras de servicios de salud de brindar atención remota a sus usuarios, ampliando los servicios y la cobertura.

No obstante, herramientas colaborativas dirigidas al campo del diagnóstico médico no habían sido el foco central de alguna de estas investigaciones. Esto es, herramientas que consistan de elementos claves como la videoconferencia y/o chat y además, de visualizadores de imágenes médicas “compartidas” (visualizadores de imágenes en tiempo real), las cuales no habían sido desarrolladas, y menos aún, compartida a la sociedad como aporte a la generación de tecnología de software relativa a la Telemedicina en Colombia.

Aunque, en general, la transmisión de imágenes, sean de la piel, radiografías, ecografías, la Tomografía Axial Computarizada (TAC), la Resonancia Magnética Nuclear (RMN), la Tomografía de Emisión de Fotonos (SPECT), entre otras, son tradicionalmente en Telemedicina las que más han desarrollado su actividad, sobre todo, con la aparición de la tecnología digital [33], la transmisión en tiempo real de la misma imagen para apoyar el intercambio de opiniones diagnósticas entre laboratorios, brindando la posibilidad a un cirujano de tomar decisiones acertadas sin la necesidad de un anatomopatólogo a su lado en el momento de la cirugía, por ejemplo, es uno de los servicios novedosos que MediCom presta a la población médica experta.

Es por esto que se realizó MediCom, dando parte de la solución del problema encontrado. Se elaboró a partir de herramientas de software libre, lo que promueve la reutilización de código y la dispersión de conocimiento a la comunidad interesada (desarrolladores, ingenieros, entre otros); hace uso de herramientas que soportan la telecolaboración y utiliza el estándar DICOM para completar los objetivos propuestos.

4.2. Descripción del contexto

El interés surgió de la necesidad de facilitar y mejorar el proceso de diagnóstico entre médicos especialistas que se encuentren geográficamente distantes y de esta manera contribuir tanto al área de la salud como a la comunidad a la que se le presta el servicio, realizando una herramienta que permita visualizar imágenes médicas y compartirlas a través del estándar DICOM, además de integrar una herramienta de videoconferencia y chat para fortalecer la colaboración y finalmente, sincronizar interacciones sobre la imagen para que se visualicen a todos los participantes de forma inmediata. A partir de esto, MediCom fue ideada y desarrollada durante el segundo periodo académico activo del año 2010 en la Pontificia Universidad Javeriana.

4.3. Formulación

¿Cómo aplicar la Telemedicina para facilitar la transmisión de información entre médicos y pacientes en Colombia?

4.4. Objetivo general

Desarrollar una herramienta que permita compartir y transmitir información e imágenes médicas de manera fácil, segura e integral, teniendo en cuenta los estándares establecidos para lograr estas formas de comunicación.

4.5. Objetivos Específicos

- Permitir que dos o más médicos expertos logren compartir imágenes DICOM para la definición de diagnósticos.
- Integrar herramientas tecnológicas digitales de comunicación, visualización e interacción con el fin realizar una nueva aplicación que permita la comunicación entre médicos y el análisis de imágenes diagnósticas
- Aplicar pruebas unitarias y de integración a la herramienta, asegurando que cumpla con los requerimientos establecidos y con un estándar aceptable de calidad.

4.6. Impacto Esperado

Aunque la Telemedicina no puede reemplazar una cita en la casa de un paciente, o la visita de un paciente a su doctor, o la reunión de los mejores doctores de una institución, entre otros ambientes, MediCom, con sus componentes como la videoconferencia, chat y la transmisión de imágenes en tiempo real, podrán ayudar a miles de pacientes, por medio de la asistencia a los mismos profesionales. Por otro lado, MediCom permitirá a otros tantos miles de doctores a comunicarse con diferentes tipos de especialistas para hacer diagnósticos críticos más rápidamente, con resultados gratificadamente exitosos.

Sin embargo, un proyecto de Telemedicina va más allá de esto. El impacto de un proyecto de este tipo va directamente relacionado con los aportes o cambios que pueda producir en la población o en las instituciones médicas. Según [24], existen 5 grupos principalmente los cuales podrían verse mayormente impactados por MediCom:

- **En el proceso clínico:** puesto que la herramienta debe mostrar que de alguna manera apoya o tiene una real utilidad para un proceso médico, es decir, que pueda resolver principalmente el problema clínico hallado (que va desde un proceso diagnóstico hasta uno terapéutico).
- **En el proceso organizativo:** puesto que este tipo de sistemas deben ser negociados, admitidos y esperados por todos los departamentos o especialistas que van a hacer uso de él.
- **En la salud del paciente:** puesto que se debe pensar tanto en datos generales de un grupo específico de pacientes (como la morbilidad o mortalidad), como en el estado de un paciente específico: su bienestar mental y emocional, su capacidad funcional, básicamente su calidad de vida. Además, el paciente se debe sentir satisfecho con su diagnóstico y con la atención prestada a partir de él.

- **En la accesibilidad:** esta se refiere a qué tan equitativa puede ser la herramienta. Una de las principales razones para haber dado con la Telemedicina, es el hecho de poder acercar poblaciones dispersas o distantes donde el personal médico era prácticamente nulo, a poder contar con servicio médico que los favorece de manera inmediata. Es por eso que la herramienta debe estar disponible en el momento que sea necesaria, fácil de usar para todo tipo de usuarios y que resuelva de alguna manera el problema presentado por el paciente (ya sea diagnóstico o tratamiento y control). Por otro lado, estas mismas características deben cumplirse para el personal capacitado en salud, añadiendo calidad, prestación de diferentes servicios como la teleinformación y la telecomunicación entre profesionales, entre otros.
- **En la economía:** puesto que esta herramienta debe mostrar beneficios económicos frente al uso de esta y no de otra (o de ninguna en absoluto), en otras palabras, los beneficios económicos deben ser mayores al costo de implantación de la herramienta. Por otro lado, desde otro punto de vista, el desarrollo de una aplicación de Telemedicina aporta económicamente al país puesto que no solo éste será cliente potencial de la herramienta, sino que podría convertirse en una herramienta que beneficie al mundo.
- **En la aceptabilidad del sistema de atención de salud:** puesto que la herramienta debe cumplir con ciertos requisitos de aceptabilidad tanto dentro del ambiente del sistema de salud como del de los pacientes.

4.6.1. Beneficios y beneficiarios de MediCom

Beneficios:

Una herramienta de Telemedicina que tiene como finalidad la utilización de tecnologías de información y comunicación con el objeto de mejorar e innovar en el campo de la medicina a distancia trae consigo una serie de beneficios, los cuales se nombran a continuación:

- Disminuye el costo de mantener médicos especialistas en áreas rurales, pues no tienen la necesidad de trasladarse junto con costosos equipos, sino que pueden prestar asistencia médica remotamente en tiempo real.
- Permite que el especialista este más en contacto con los exámenes e imágenes de los pacientes, desde cualquier sitio del mundo, y que incluso pueda disponer físicamente de ellos en minutos.
- A futuro, evitará la pérdida de información relevante y confidencial como lo son las historias clínicas e imágenes diagnósticas de cada paciente, mediante el mantenimiento de estas en bases de datos y la utilización de historias clínicas electrónicas.
- Brinda facilidades económicas (puesto que es una herramienta gratuita) a los usuarios de acceder a esta herramienta.
- A futuro, mejorará la oportunidad de la atención médica a la población, pues la lograr comunicarse remotamente en tiempo real con los pacientes, se logra mejorar el servicio asistencia a la mayor cantidad posible de pacientes. [15]

Beneficiarios:

Dado lo anterior, se pueden definir un número de beneficiarios que podrían tener acceso a la herramienta o serían directamente beneficiados por ella, o, que según el Ministerio de Protección Social de nuestro país, son instituciones que podrán dar servicios de Telemedicina con el uso de MediCom:

- A futuro, la población con más necesidad y menos oportunidad de acceder a un servicio médico. Son las personas que se verán mayormente beneficiadas por el uso de este tipo de herramientas, puesto que es para y por ellos (los pacientes como tal), que se desarrollan herramientas en Telemedicina, haciendo que los costos de las consultas se reduzcan notablemente y el tiempo entre una toma de imagen y su diagnóstico sea más corto.
- Profesionales médicos. Son profesionales que DEBEN saber sobre Telemedicina y tienen el control de la herramienta. Son los que hacen diagnósticos sobre los datos y deben hacer uso apropiado de la información que comparten.
- Instituciones Remisoras: *“Es aquella institución prestadora de servicios de salud, localizada en un área con limitaciones de acceso o en la capacidad resolutive de uno o más de los componentes que conforman sus servicios, y que cuenta con tecnología de comunicaciones que le permite enviar y recibir información para ser apoyada por otra institución de mayor complejidad a la suya, en la solución de las necesidades de salud de la población que atiende, en los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación de la enfermedad.”*[27]
- Centros de Referencia: *“Es aquella institución Prestadora de Servicios de Salud que cuenta con los recursos asistenciales especializados, y con las tecnologías de información y de comunicación suficientes y necesarios para brindar a distancia el apoyo en los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación de la enfermedad, requerido por una o más instituciones remisoras en condiciones de oportunidad y seguridad.”*[27]

Capítulo 5

Descripción del Proyecto

5.1. Visión global

MediCom es un sistema de Telemedicina stand-alone que provee servicios de comunicación para médicos especialistas y de igual forma, proporciona visualización e interacción sobre imágenes médicas de formato DICOM, entre otros. La reunión de las funciones principales mencionadas con anterioridad fueron adquiridas por medio de la integración de varias librerías y aplicaciones que las proveen por separado. (*Ver sección 4.2 Descripción del Contexto*).

5.2. Herramientas relacionadas con MediCom

Herramientas colaborativas de visualización aplicadas a la medicina surgieron como un conjunto de técnicas que enfrentan con los problemas de presentar imágenes a colaboradores remotos y soportar la interacción basada en estas imágenes. Apoyan a la Telemedicina, como se ha mencionado con anterioridad, brindando beneficios como la consulta remota, o asistencia remota de profesionales entrenados a profesionales novatos, por ejemplo[22]. A continuación, se presentan los proyectos que de una u otra forma intentan solucionar dichos problemas.

5.2.1. EU-TeleInvivo

El objetivo de este proyecto es configurar una estación de trabajo de Telemedicina transportables que se utilicen en zonas aisladas como las islas, zonas rurales y áreas en situación de crisis. Se integra en un producto a medida:

- Un PC portátil con capacidades de telecomunicaciones y
- Una estación portátil de ultrasonido 3D.

La idea innovadora del sistema reside en el hecho después de la transferencia de los datos de la ecografía 3D y durante la cooperación en línea, sólo las señales de control (por ejemplo, la posición del ratón, activación

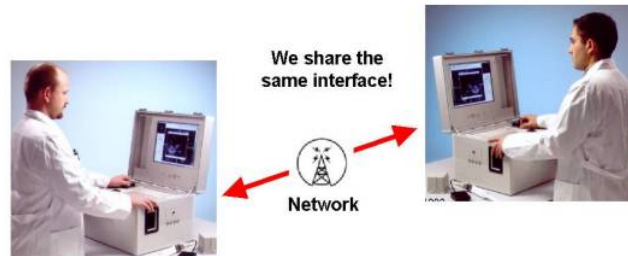


Figura 5.1: Compartir interacciones, TeleInVivo

de botones, etc) se transmiten a través de la red.

Sólo las acciones introducidas por un usuario se transfieren a la ubicación remota, donde la segunda estación de trabajo localmente calcula la imagen correspondiente. Por lo tanto, no hay datos de imágenes voluminosas que tengan que ser transferidos a través de la red, sólo unos pocos bytes de señales de control. Sin embargo, los dos médicos ven exactamente la misma imagen en sus pantallas. La demora entre dos lugares sólo depende de la latencia de la red intermedia, que puede ser tan bajo como el de una línea telefónica normal o incluso un teléfono móvil GSM.

TeleInViVo fue desarrollado utilizando un enfoque orientado a objetos de visualización de volumen unitario, CSCW y conceptos de telecomunicación. Se basa en la comunicación punto a punto con protocolo TCP / IP. Una sesión comienza cuando un usuario llama a otro especificando una dirección IP. El usuario que llama tiene el control sobre el otro. Los participantes pueden volver a la versión "stand-alone" en cualquier momento. Para optimizar la transferencia de datos es posible transmitir los datos con una resolución menor y, después de especificar el subconjunto de interés, este se solicita y se transmite con una resolución más alta.

TeleInViVo, que se muestra en la Figura 5.2, también proporciona herramientas para filtrar, segmentar, visualizar volumen, construcción isosuperficie y muestra de partes de imagen arbitraria.

5.2.2. SDSC_NetV [13]

SDSC_NetV fue desarrollado como un sistema experimental en San Diego Supercomputer Center. Es un sistema distribuido con técnicas avanzadas de renderizado y muestra imágenes estéreo. Proporciona una interfaz gráfica amigable y fue diseñado para superar los problemas derivados del pesado procesamiento de gran volumen de datos utilizados por los sistemas de visualización volumétrica en el ambiente compartido del centro.

SDSC_NetV pone a prueba la hipótesis de que los recursos compartidos de representación pueden ser gestionados de forma inteligente y ofrecer un servicio de alta calidad de imagen a los científicos a través de interfaces de red transparente. SDSC_NetV se añade a la filosofía de que el instrumento más adecuado debería ser utilizado para cada tarea. Las estaciones de trabajo de gráficos son buenos para ejecutar tareas ligeras de interfaz de usuario, pero son pobres en cuanto al manejo y procesamiento de grandes cálculos. Los motores de calculo son buenos en el manejo de computación de grandes tareas, pero a un costo de interfaz de mayor complejidad y accesibilidad reducida. La arquitectura SDSC_NetV emplea cuatro tipos de módulos apropiados en tareas.

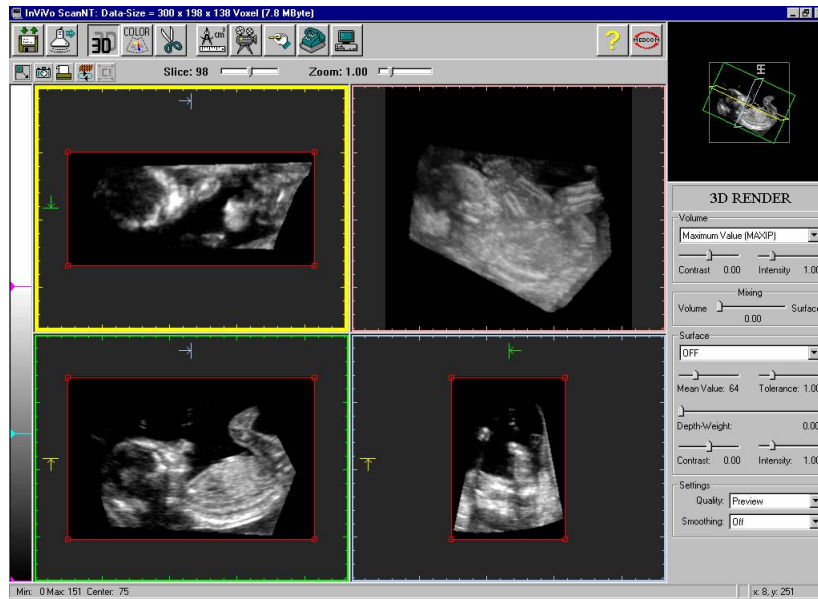


Figura 5.2: TeleInVivo

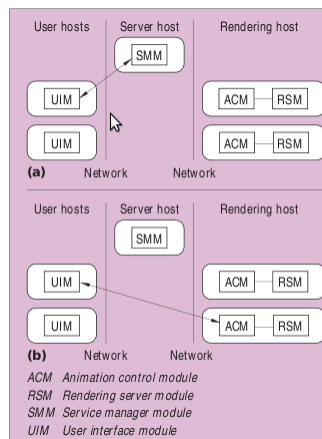


Figura 5.3: Overview of the SDSC_NetV software architecture: (a) the researcher is validated and the SMM render broker assigns an available and appropriate ACM and RSM to work with the UIM; (b) the UIM connects to an ACM and RSM on a particular rendering resource for job processing.[13]

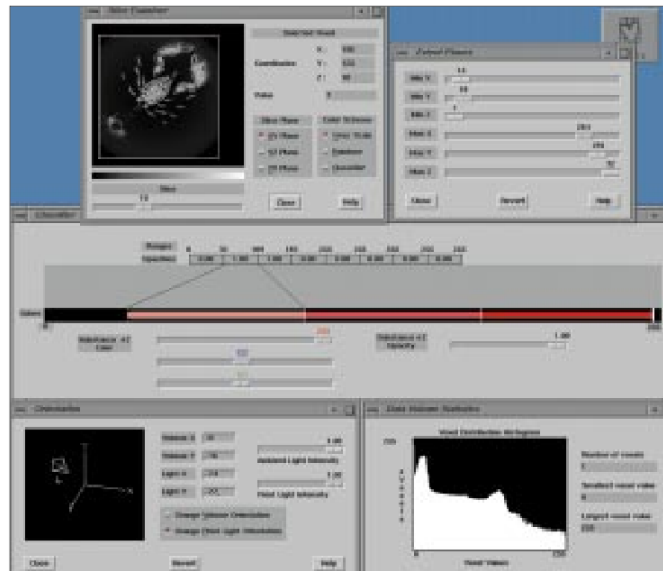


Figura 5.4: Interfaz

- Servicio de gestor de módulos (SMM)
- Animación
- Módulo de Control (MAC)
- La representación del módulo de servidor (RSM)

El prototipo SDSC_NetV administra los recursos de representación del volumen disponible en la red, proporcionando una interfaz fácil de usar basado en Motif, a través del cual los usuarios pueden tener acceso a varios recursos sin saber si son locales o remotos. Para visualizar los datos de volumen en movimiento, un pre-renderizado está disponible y, a continuación, los cuadros se exhiben en un bucle.

Los usuarios de SDSC_NetV puede usar lentes de cristal líquido para observar las imágenes estéreo, y un CyberGlove para interactuar con un entorno compartido de inmersión sobre la base de la representación de textura poligonal.

5.2.3. Shastra

Shastra [5] es un entorno multimedia de colaboración y manipulación científica en la que los expertos en un grupo de cooperación se comunican e interactúan a través de una red social para resolver problemas. Desarrollado por un grupo de investigación en la Universidad de Purdue (West Lafayette, EE.UU.), Shastra permite la distribución y visualización colaborativa a través de la aplicación de dos algoritmos de visualización distribuida. Se trata de un grupo de aplicaciones interoperativas llamadas colectivamente herramientas que proporcionan la gestión, comunicación y facilidades de procesamiento.

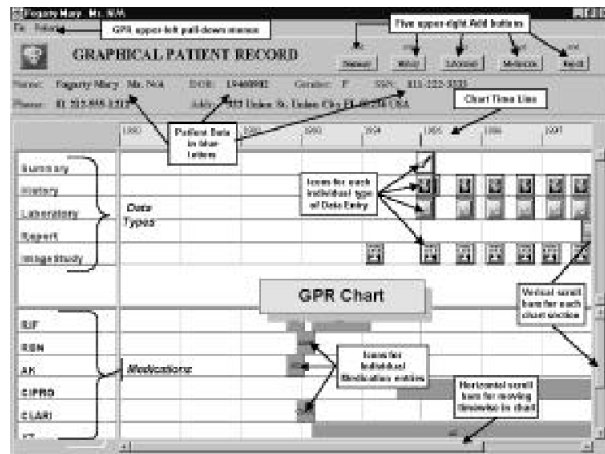


Figura 5.5: Interfaz TeleMed

El entorno Shastra proporciona facilidades para la interacción multimedia en el contexto de visualizaciones compartidas. Cuenta con una herramienta de representación y visualización llamada *Poly* que encapsula la manipulación de objetos gráficos, procesamiento y funcionalidad de visualización. *Poly* interopera con otras herramientas de Shastra y proporciona una abstracción de muy alto nivel para la manipulación de los datos gráficos. Una sesión de colaboración se inicia cuando uno de los usuarios *Poly* se convierte en el líder del grupo y se especifica la lista de otros usuarios a los que se invitará a participar en la sesión. Después de haber sido invitados, los usuarios que aceptan se incorporan a la sesión. Una ventana compartida se crea en la que toda la interacción cooperativa se produce, lo que permite un control totalmente compartido. Un usuario puede dejar participar a una sesión en curso en cualquier momento. Los usuarios colaboradores pueden introducir objetos gráficos en la sesión, modificar los modos y parámetros de visualización, y modificar los modos y la dirección de la visualización.

5.2.4. TeleMed

Los Alamos National Laboratory (LANL), en colaboración con el Centro Nacional Judío para Inmunología y Medicina Respiratoria han desarrollado recientemente un sistema de entorno de colaboración de salud llamado Telemed. Este sistema es un prototipo de las Actas virtuales del paciente (VPR - Virtual Patient Records), que proporciona un formato común para la visualización. Almacena los datos del paciente en formato gráfico, de tal manera que los médicos puedan consultar el conjunto de datos sin tener que preocuparse de localidad de datos y el movimiento. Su objetivo es unir tecnologías de apoyo, tales como la computación distribuida orientada a objetos, las interfaces gráficas y multi-usuario y, la seguridad y la privacidad en las aplicaciones específicas.

El objetivo de Telemed es estandarizar la gestión de información electrónica para el paciente. Telemed dinámicamente une los registros gráficos de los pacientes con el soporte para la colaboración interactiva en tiempo real entre varios usuarios. Con este sistema, varios médicos al mismo tiempo puede acceder, editar y anotar los datos del paciente. Telemed se llama desde un navegador y una interfaz descargados. Una ventana de entrada se muestra y los usuarios autorizados pueden seleccionar un sitio de base de datos. Un paciente puede ser seleccionado a través de su nombre y el registro correspondiente se muestra. Los iconos representan

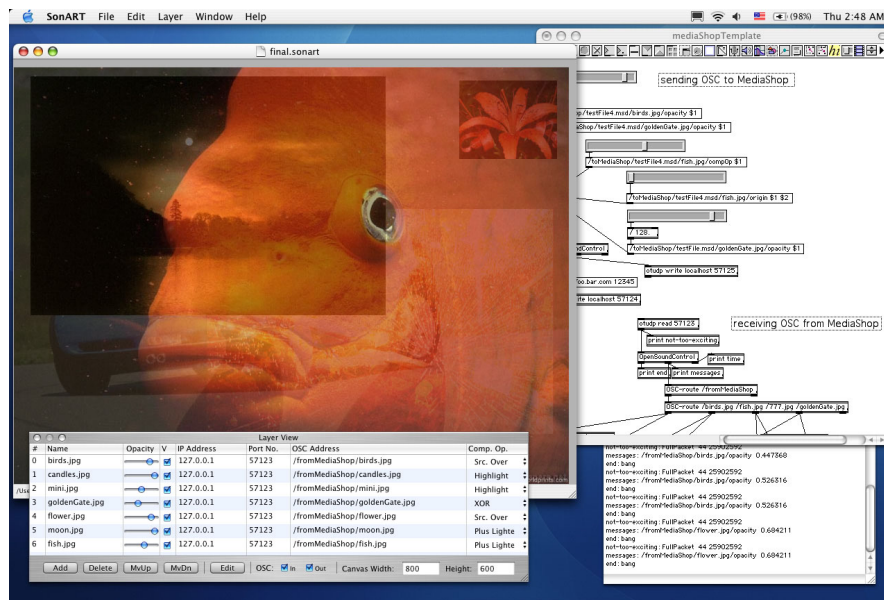


Figura 5.6: SonART Interfaz

los exámenes radiológicos, que pueden ser seleccionados para su análisis. La colaboración se logra cuando dos usuarios cargan la misma imagen y uno de ellos, por ejemplo, cambia la posición de un cursor para mostrar un punto de interés. Al mismo tiempo, el otro usuario verá el movimiento del cursor. Si otro médico entra en el período de sesiones, los demás son notificados de inmediato a través de una lista de usuarios en línea en el navegador [13].

5.2.5. SonART

Sonart es una solución en entorno multimedia flexible y multipropósito, que permite la interacción en red de colaboración con las aplicaciones para el arte, la ciencia y la industria. Proporciona un marco abierto para la integración de gran imagen y los métodos de procesamiento de audio con funciones de red flexible. Un número arbitrario de cuadros en capas, cada una con control independiente de la opacidad, los valores RGB, posición de la imagen, composición opciones, etc., pueden transmitir o recibir datos usando Open Sound Control (OSC). Los datos de las imágenes pueden ser utilizados para la síntesis o procesamiento de señales de audio y viceversa. Las solicitudes de Sonart incluyen arte multimedia, arte colaborativo e interactivo y diseño, y la exploración científica y de diagnóstico de los datos.

A continuación una muestra de la interfaz de SonART:

- Características intuitivas de la GUI de mezcladores de audio y ambos, los software de edición de audio y gráficos se conservan.
- Las analogías entre los procesos visuales y de audio se utilizan.

- Un número arbitrario de imágenes puede ser al mismo tiempo por capas.
- Parámetros de control de usuario (es decir, la opacidad, la composición de las operaciones, la visibilidad, la ubicación y tamaño) para cada capa puede ser controlada dentro de la interfaz del programa o de forma remota a través de mensajes OSC.
- Será diseñado para facilitar el plug-ins para cualquier tipo de procesamiento de imágenes.

- Los datos tales como la ubicación y los valores RGB del píxel en las capas seleccionadas, configuración de opacidad, etc pueden ser transmitidos y recibidos desde y hacia un número arbitrario de conexiones de red con OSC.
- Los datos pueden ser utilizados para la sonificación usando cualquier motor de procesamiento de audio o de síntesis OSC permitido, o de procesamiento de imágenes en otro host que ejecuta una aplicación separada Sonart.
- Científicos, médicos, financieros u otros datos estadísticos se puede recibir de cualquier fuente en red para sonificación directamente asignada y propósitos de visualización.

- Conexiones 1:1, 1:N, N:N entre SonART(s) y programas de síntesis de sonido.
- Puede ser conectado dentro de una máquina, a nivel local, y / o sobre la red al mismo tiempo.

5.3. Caracterización de MediCom

Al inicio del proceso de desarrollo, la primera actividad llevada a cabo fue una investigación acerca de diferentes software tanto de videoconferencia y telecolaboración en general como de visores de imágenes médicas que prestarán diversos servicios, con el fin de tener una idea más clara de la mayoría de particularidades con las que MediCom podría contar y cuáles serían las principales para lograr cumplir con lo objetivos planteados.

A partir de esto, se encontraron varias herramientas relacionadas a nuestra búsqueda que ya forman parte del área de Telemedicina pero que por alguna circunstancia fueron descontinuadas o nunca fueron desarrolladas completamente, de igual forma y como se dijo anteriormente se indagaron por separado ciertas aplicaciones, de las cuales se logró identificar una serie de características listadas entre necesarias y adicionales, con lo que se procedió a escoger entre éstas cuales se acercaban más a lo buscado para MediCom basados en la visión general de la aplicación, sus restricciones y la caracterización de acuerdo a los conceptos teóricos

investigados y necesitados, entre otros. En la tabla 5.1 se muestran las características planteadas, de acuerdo a lo explicado con anterioridad.

| HERRAMIENTAS INVESTIGADAS | | | | | |
|--|---------------------------------|----------------------|---|--------------------|---------|
| CARACTERÍSTICAS | FUNDACIÓN HL7 COLOMBIA[1] | SISTEMA TM-64[36] | SISTEMA DE TELEMEDICINA DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPAÑOLAS [17] | MIDDLECARE [16] | MEDICom |
| Acceso Móvil | No | N/A | N/A | N/A | No |
| Implantación de redes | Si | Si | Si | N/A | Si |
| Realidad virtual | No | No | No | No | No |
| Transmisión de imágenes (3D) | No | No | No | No | No |
| Aplicación Web | No | N/A | N/A | N/A | No |
| Videokonferencia | N/A | Si | Si | Si | Si |
| Aplicación de estándares | Si | Si | Si | N/A | Si |
| Herramienta educacional | No | No | No | N/A | Si |
| Bases de datos de pacientes | No | Si | Si | Si | No |
| Aplicación vía satélite | No | Si | Si | Si | No |
| Wikis Colaborativas | No | No | No | No | No |
| Consultas Remotas tiempo real | No | Si | Si | N/A | No |
| Consulta de emergencia | No | Si | Si | N/A | No |
| Tecnología XML | No | Si | No | N/A | No |
| SOAP (Simple ObjectAccess Protocol) | No | Si | No | No | No |
| Portabilidad | N/A | Si | Si | N/A | Si |
| Robustez | N/A | Si | Si | N/A | Si |
| Integrabilidad | N/A | Si | N/A | N/A | Si |
| Servicio de mensajería (Message Oriented Middleware). | N/A | N/A | N/A | Si | No |
| Servicio de distribución de datos (multicasting) | Si | N/A | N/A | Si | Si |
| Servicio de gestión de eventos y notificaciones (conciencia de entorno). | Si | N/A | N/A | Si | Si |
| Confidencialidad | Si | Si | Si | Si | Si |
| Flexible | N/A | N/A | N/A | Si | Si |

Cuadro 5.1: Caracterización de MediCom

5.4. MediCom como Herramienta de Telemedicina

MediCom por sus propósitos médicos puede ser considerada como una herramienta de Telemedicina debido a que hace uso de diferentes tecnologías con el fin de permitir al usuario, en este caso médicos especialistas, compartir información e imágenes médicas, colaborar con estas en tiempo real y al mismo tiempo comunicarse entre sí, sin embargo, la idea principal de MediCom es ser el prototipo funcional de una herramienta que pueda ser un punto de partida para dar mejoras al proceso de diagnóstico en diferentes especialidades médicas, contribuyendo a la innovación en el tratamiento de pacientes, a la adquisición de conocimiento en nuevas estrategias, al alcance en diferentes zonas geográficas que no logren tener los suficientes medios para la prevención y tratamiento de enfermedades, entre otros, como metas secundarias del equipo de trabajo.

Teniendo en cuenta las características y definiciones mencionadas acerca de qué es Telemedicina (*ver sección 2.1 ¿Qué es Telemedicina?*) y las consideraciones por las cuales este sector no es explotado con frecuencia en Colombia, por lo tanto se podría decir que MediCom estaría cumpliendo, adicionalmente, la función de apoyar el proceso de crecimiento de estas tecnologías en el país mediante la innovación de procesos en el área médica y prestación de servicios como se especificó con anterioridad.

Por consiguiente, se definieron así las actividades que se pueden realizar mediante el uso de esta herramienta, las cuales ha sido especificadas a partir de los casos de uso (*ver sección 6.3.1 Identificación y Análisis de Casos de Uso*), donde se identificaron las principales acciones en los diferentes escenarios del sistema, para facilitar el entendimiento de la herramienta. Para conocer más a fondo de todas aquellas características tanto técnicas como los servicios que presta al usuario Ver anexo *Manual*.

A continuación se muestran varias capturas de MediCom en ejecución. La Figura 5.7, muestra la interfaz inicial, es decir, la primera que verá el usuario al iniciar MediCom.

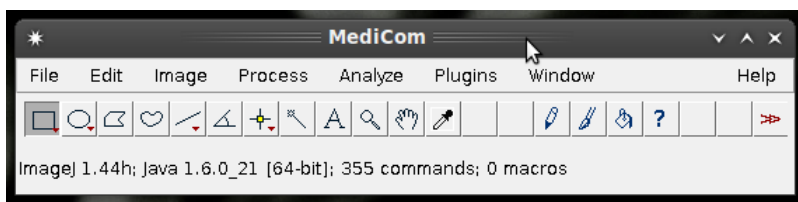


Figura 5.7: Captura principal de MediCom

De igual forma, cuando el usuario abra una imagen obtendrá la captura 5.8, donde se logra observar que la imagen abre en una ventana distinta a la principal, lo cual permite que se pueden abrir más de una imagen al tiempo.

Finalmente, en la Figura 5.9 se muestra una captura de MediCom abierto en dos procesos diferentes, donde se logra captar el momento en que se logra compartir una marcación realizada sobre una imagen médica. Esta distribución de eventos se hizo de manera local, sin embargo cumple las mismas funciones que si se estuviera llevando a cabo desde diferentes máquinas. (*Para conocer más a cerca de su funcionamiento, ver anexo Manual*).

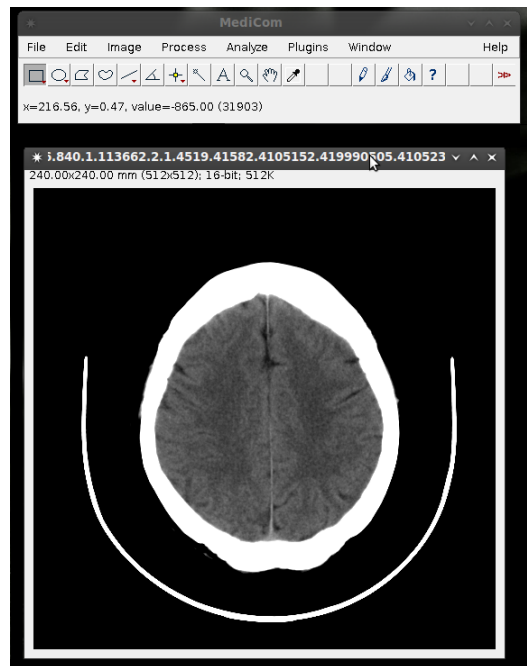


Figura 5.8: Captura con imagen abierta

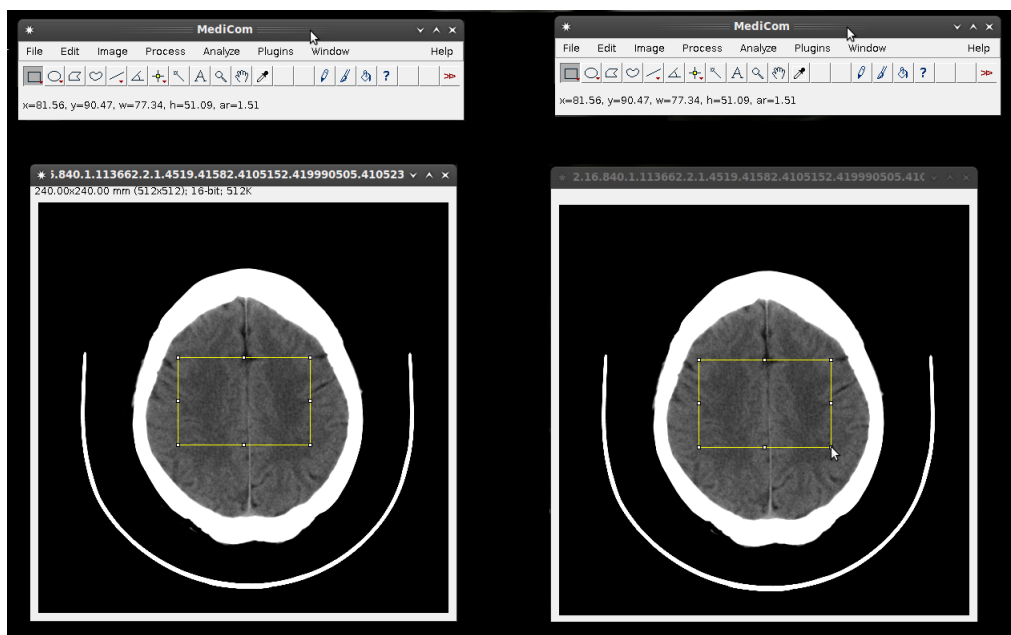


Figura 5.9: Captura de interacción con la imagen

Capítulo 6

Marco Lógico o Descripción del Proceso

6.1. Metodología RUP

La metodología RUP fue aplicada al desarrollo de MediCom básicamente por dos razones:

1. El tipo de proyecto a desarrollar. MediCom es una herramienta que nace a partir de la integración de otras, lo cual hace de este proyecto uno un poco más complejo de gestionar y estructurar que uno en el que se desee implementar una herramienta desde la concepción de la idea. RUP proporciona fases que se definen en espacios de tiempo flexibles que pueden ser aplicadas a cualquier proyecto, pero además permite que se realicen actividades de forma paralela de manera que mientras se desarrolla una de ellas, otras pueden ser revisadas, corregidas, o reformuladas dependiendo de la situación, permitiendo así complementar unas actividades con otras y que el cumplimiento de las fases se realice adecuadamente.
2. Mejor gestión de proyecto. Inicialmente, se buscaba una metodología que permitiera, principalmente, tener un control sobre el tiempo de ejecución. RUP exige la definición de actividades específicas dentro de cada fase que deben ser cumplidas en tiempos exactos y con entregables que comprueben su realización para mantener un mayor control dentro del cronograma determinado.

6.2. Incepción

En esta fase inicial del proceso se busca definir las características principales que describen MediCom, además de la manera en que se agrupan (dependiendo de su prioridad dentro del desarrollo) para, primero, tener una visión inicial de los componentes básicos de la herramienta, y segundo, para priorizar y facilitar su implementación, teniendo en cuenta los objetivos determinados. De esta manera, se realizaron tres actividades principales:

1. Luego de realizar una investigación general acerca del tema para contextualizarse, el equipo de trabajo decidió empezar a realizar la concepción del producto identificando ciertas características las cuales MediCom debía cumplir para así convertirse en una herramienta que estuviera dentro de los parámetros de la Telemedicina y de la Telecolaboración. Para comenzar, se investigaron una serie de herramientas de Telemedicina para lograr determinar las particularidades que se deseó la aplicación propuesta reuniera

en cada uno los módulos que lo conforman (ver sección 5.3 *Caracterización de MediCom*). El entregable interno fue el listado de las características básicas de la herramienta.

2. Se inició la investigación de aplicaciones y Toolkits que sirvieran para la construcción de MediCom. Se tomaron varias herramientas de las distintas funcionalidades y se clasificaron de la siguiente forma: aplicaciones para la gestión de imágenes médicas, aplicaciones para la visualización e interacción con imágenes médicas y aplicaciones para apoyar la telecolaboración de la herramienta. El entregable interno para esta actividad fueron cuadros comparativos de las diferentes herramientas.
3. Se realizó en paralelo el proceso de planeación acerca de la construcción de MediCom, donde se logran especificar diferentes aspectos tanto técnicos como estructurales (o gerenciales) de la realización del proyecto. El entregable de esta actividad se podrá ver en el documento de visión (ver *Apéndice Visión del Sistema*).

6.2.1. Investigación de Toolkits DICOM para gestión de imágenes médicas

Para tener una visión más acertada del contenido de un toolkit desarrollado específicamente para gestionar el formato tipo DICOM, se hizo una revisión de varias herramientas que, al parecer del grupo de trabajo, implementaban las funciones más importantes para el proyecto como eran C-Store (ver Apéndice anexo Glosario), entre otras. Por otro lado, estas herramientas eran las más nombradas en distintos artículos y páginas asociadas al tema. A continuación se muestra la relación entre dichos Toolkits encontrados y los requisitos tenidos en cuenta para la elección de la más apta, según los objetivos trazados.

Dadas las herramientas y evaluadas sus características, se tomo en cuenta un cuadro genérico que pretendía dar al grupo de trabajo los parámetros para la elección de la herramienta correcta. En la tabla 6.1 se pueden ver los resultados.

6.2.2. Investigación de Toolkits y Herramientas colaborativas

En esta sección se muestran algunos de los toolkits y/o herramientas de colaboración caracterizadas y escogidas parcialmente por el equipo de trabajo con el fin de encontrar una aplicación que le diera el enfoque de colaboración que MediCom necesita, de acuerdo a las características básicas nombradas en la tabla 6.2 y los servicios que le pueden ser útiles a un grupo médico telecolaborativo.

6.2.3. Toolkits y Visualizadores de imágenes médicas

MediCom busca ser el resultado de la integración entre herramientas que faciliten el manejo de imágenes médicas de formato DICOM principalmente, tanto para su transmisión como su visualización y procesamiento, con aplicaciones que le permitan a los usuarios poder comunicarse en una misma red, así se encuentre distanciados geográficamente. Es por esta razón que, a continuación, se analizan algunos visores de imágenes que se tuvieron en cuenta durante el desarrollo del proyecto, los cuales fueron caracterizados según las

| CARACTERÍSTICAS | DCMTK | DCM4CHE | C'DACS SKD | DICOM3 TOOLS | DICOM4J |
|--|--|---|---|-----------------|---|
| Código abierto | Sí | Parcialmente | No | Si | Si |
| Documentación | Alta | Insuficiente | Alta | Insuficiente | Media |
| Lenguaje de Programación | C/C++ | Java, XML | Java | Java | Java |
| Extensibilidad | Se pueden añadir nuevos módulos, pero requiere modificar y reconstruir el código | Si | Si | N/A | Si |
| Sistemas Operativos | UNIX, Linux, Windows | Multiplataforma | Multiplataforma | Multiplataforma | Multiplataforma |
| Modelo Cliente/Servidor (SCU-SCP) | Si | Si | Si | No | Si |
| Servicios DICOM | No soporta ningún protocolo | Soporta protocolo, Almacenamiento, Commitment, entre otros. | Soporta protocolo, Almacenamiento, Commitment, entre otros. | N/A | Soporta protocolo, Almacenamiento, Commitment, entre otros. |
| DICOM IOD's (Tipos de imagen soportados) | US, CT, MR, SC, DX, XA, VL, RT. | US, CT, MR, SC, DX, XA, VL, RT. | Soporta gran cantidad de tipos | N/A | N/A |

Cuadro 6.1: Cuadro Comparativo Toolkits DICOM

necesidades básicas exhibidas en la tabla 6.3, con el fin de que MediCom contenga lo necesario para brindarle al usuario final los artilugios y funcionalidades propias de un visualizador para imágenes médicas propiamente.

6.2.4. Herramientas de videoconferencia y mensajería instantánea

Estas herramientas fueron consideradas para pertenecer a MediCom pero debían cumplir con ciertos parámetros o características (listadas en la tabla 6.4), las cuales forman parte del listado de requerimientos identificados. Así mismo, se especifican otras particularidades que también las componen, y que más allá del video y la mensajería instantánea son un valor agregado para la aplicación, siendo aceptadas también dentro de sus funcionalidades. Las herramientas evaluadas se muestran a continuación en la tabla 6.4.

| CARACTERÍSTICAS | ACCESS GRID | JGROUPS | CATMAID | HABANERO 3.0 |
|---|-------------|---------|---------|--------------|
| Apoyar interacciones grupo-a-grupo | Si | Si | No | Si |
| Interconexión de un gran número de personas distribuidas geográficamente | Si | Si | Si | Si |
| Compartir aplicaciones en tiempo real | Si | Si | No | Si |
| Aplicación de protocolos para transporte de información | Si | Si | No | Si |
| Generar espacios de trabajo colaborativo | Si | Si | No | Si |
| Comunicación multicast y unicast | Si | Si | Si | Si |
| Creación, unión, salida y eliminación de grupos | Si | Si | No | Si |
| Detección y notificación para la unión, eliminación y fallo de miembros en los grupos | No | Si | No | Si |
| Permite la exploración de imágenes 3D | No | No | Si | No |
| Simplifica la colaboración tanto síncrona como asíncrona | No | Si | No | Si |
| Habilidades de autenticación y privacidad | Si | No | Si | No |
| Extensibilidad | Si | Si | No | Si |
| Sincronización de eventos y estados | Si | Si | Si | Si |
| Fiabilidad | Si | Si | Si | Si |

Cuadro 6.2: Cuadro comparativo de Toolkits Colaborativas

| CARACTERÍSTICAS | 3D-SLICER | DICOMLAB | DICOMWORKS | IMAGEVIS3D | AESKULAP | MITO | PARAVIEW | VTK | IMAGEJ |
|--|-----------|----------|------------|------------|----------|------|----------|-----|--------|
| Herramienta de código abierto | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| Herramienta con documentación suficiente. | Si | No | No | No | No | Si | Si | Si | Si |
| Graficación sobre las imágenes en 2D. | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| Visualizar las imágenes en modo Zoom, hacia adentro y hacia afuera. | Si | No | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| Abrir un grupo de imágenes al tiempo para ser modificadas. | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| Bloqueo para permitir o no modificar una (s) imagen (es). | No | No | Si | No | No | No | No | No | Si |
| Realizar una película a partir de una serie de imágenes (escenas). | Si | No | Si | Si | No | No | No | No | Si |
| Escoger el color de línea para dibujar sobre las imágenes. | Si | Si | Si | Si | Si | No | No | No | Si |
| Barra de accesorios básica sobre las imágenes (guardar, abrir, importar..) | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| Exportar las imágenes en diferentes tipos de formato. | No | No | Si | Si | No | No | No | No | Si |
| Realizar etiquetas a puntos en las imágenes y comentarlos a las mismas. | Si | No | Si | Si | No | No | No | No | Si |
| Configuración del tamaño de la imagen mostrada en pantalla, entre otros parámetros (número de muestras por píxel..). | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| Permiten variedad de formatos DICOM. | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | No | Si |
| Acceso a los datos DICOM para manejar datos directos o interpretados de estos archivos. | No | No | No | No | No | No | No | No | No |
| Ver cambios en el tiempo a partir de diferentes imágenes de la misma parte del cuerpo (cambios a partir de datos numéricos, estadísticas). | Si | No | No | No | Si | No | No | Si | No |
| Iconos que representan modos directos de acceder a las diferentes opciones dependiendo de la función. | Si | No | Si | Si | No | No | Si | No | Si |
| Accesos a través del mouse, teclado, iconos. Manejo de escenas (imágenes propias de un solo diagnóstico) e imágenes individuales. | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| Extensibilidad | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |

Cuadro 6.3: Caracterización de Toolkits y Visualizadores de imágenes médicas

| CARACTERÍSTICA | QNEXT | CAMFROC | NFC CHAT | TALK2ME | JAVATALK | SIP-COMMUNICATOR | EKICA | BIGBLUEBUTTON |
|--|---------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------|---------------|
| Soporta Linux | Si | No | Si | Si | Si | Si | Si | Web |
| Soporta Windows | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Web |
| Licencia de Código abierto | No | No | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| Chat-Texto | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| Videoconferencia | Si | Si | No | No | No | Si | Si | Si |
| Audioconferencia (llamada) | Si (máx 8 personas) | Si | No | No | No | Si | Si | Si |
| Transferencia de archivos | Si | Si (comprando el Pro) | No | No | No | Si | Si | No |
| Grabación de sesión | No | No | No | No | No | Si | No | No |
| Soporte web (Soporta video para paginas web) | Si | Si | Si | No | No | Si | No | Si |
| Lista de contactos | Si | Si | No | Si | No | Si | Si | No |
| Usa registro propio de alias/contraseña | Si | Si | No | Si | Solo alias | Si | Si | Si |
| Usa notificación de estado | Si | Si | No | No | No | Si | Si | No |
| Uso gratuito | Si | Si | Si | Si | No | Si | Si | Si |
| Soporta múltiples ventanas de video | 4 máximo | Ilimitado (comprando el pro) | No | No | No | No | No | Si |
| Usa historial | Si | Ilimitado (comprando el pro) | No | No | No | Si | No | No |
| Tiene versiones pro | No | Si | No | No | No | No | No | No |
| Protocolos a correos externos | Si | No | No | No | No | Si | Si | No |
| Arquitectura | Services-delivery | Cliente/Servidor | Cliente/Servidor | Cliente/Servidor | Cliente/Servidor | Services-delivery | N/A | N/A |
| Soporta dispositivos móviles | Si | No | No | No | No | No | No | No |
| Documentación de la herramienta | Si | Si | No | Bajo | Bajo | Si | Si | Si |

Cuadro 6.4: Cuadro Comparativo herramientas videoconferencia y mensajería instantánea

6.3. Elaboración

El objetivo de esta etapa del proceso fue mostrar el desarrollo de la fase de análisis y diseño realizado para apoyar el procedimiento de la construcción y/o integración del sistema, profundizando en las funcionalidades tenidas en cuenta en la anterior etapa, para así recrear la arquitectura de MediCom. De esta manera, se realizan 5 actividades principalmente:

1. Se dio inicio con la identificación y análisis de los casos de uso (*ver sección 6.3.1 Identificación y Análisis de Casos de Uso*) como método para modelar el sistema, donde se logra definir lo que el sistema debe hacer y la manera en que este interactúa con el usuario. Los entregables internos fueron los diagramas y su respectiva documentación.
2. Se procedió con el levantamiento de requerimientos (*ver anexo Especificación de Requerimientos*) para lograr comprender lo que un sistema de Telemedicina, y particularmente, lo que MediCom debe ofrecer para poder considerarse como un prototipo funcional de una herramienta de esta categoría y verificar que realmente preste los servicios a completitud. Se hizo uso de la caracterización de la actividad 2 de la fase de inyección, y además, de la primera actividad de esta fase. El entregable interno fue el documento de Especificación de requerimientos.
3. Se modelaron diagramas anexos que ayudaron a comprender mejor, a bajo nivel, cómo se integrarían los distintos sistemas que tendría MediCom. Ver sección Diseño del Sistema 6.3.4). Los entregables internos de esta actividad fueron los diagramas con su respectiva documentación.
4. Se realizó el diseño gráfico de cómo se vería MediCom, después de la integración entre las herramientas escogidas, mostrando la organización de los componentes de una manera aproximada mediante la ejecución del prototipo (*ver Prototipo 6.3.3*). El entregable interno fue el prototipo.
5. Para finalizar esta fase, se llevó a cabo la ponderación de las características de los cuadros comparativos de la fase de inyección (*ver sección 6.2 Inyección*) para así obtener las herramientas que hacen parte de MediCom. El entregable interno fueron los cuadros comparativos con valores de priorización de las características.

6.3.1. Identificación y análisis de casos de uso

Como se expuso con anterioridad, se tomó la decisión de llevar a cabo la identificación y análisis de los casos de uso presentes en la herramienta, con el fin de tener una panorámica más clara de la interacción del usuario con el sistema. De esta manera, se utilizan las características ya identificadas en la fase anterior, correspondientes a las herramientas estudiadas por el grupo de trabajo y así lograr definir las características, la interacción entre ellas y con el usuario, y mejorar la concepción del contenido y funcionamiento de MediCom, desde un punto de vista más general. Ver casos de uso en 6.1.

6.3.2. Levantamiento de requerimientos

Luego de tener una visión concreta de la herramienta que se desea obtener, las características que ésta debe cumplir e identificar las necesidades según la problemática, se desarrolló el documento de Especificación de Requerimientos.

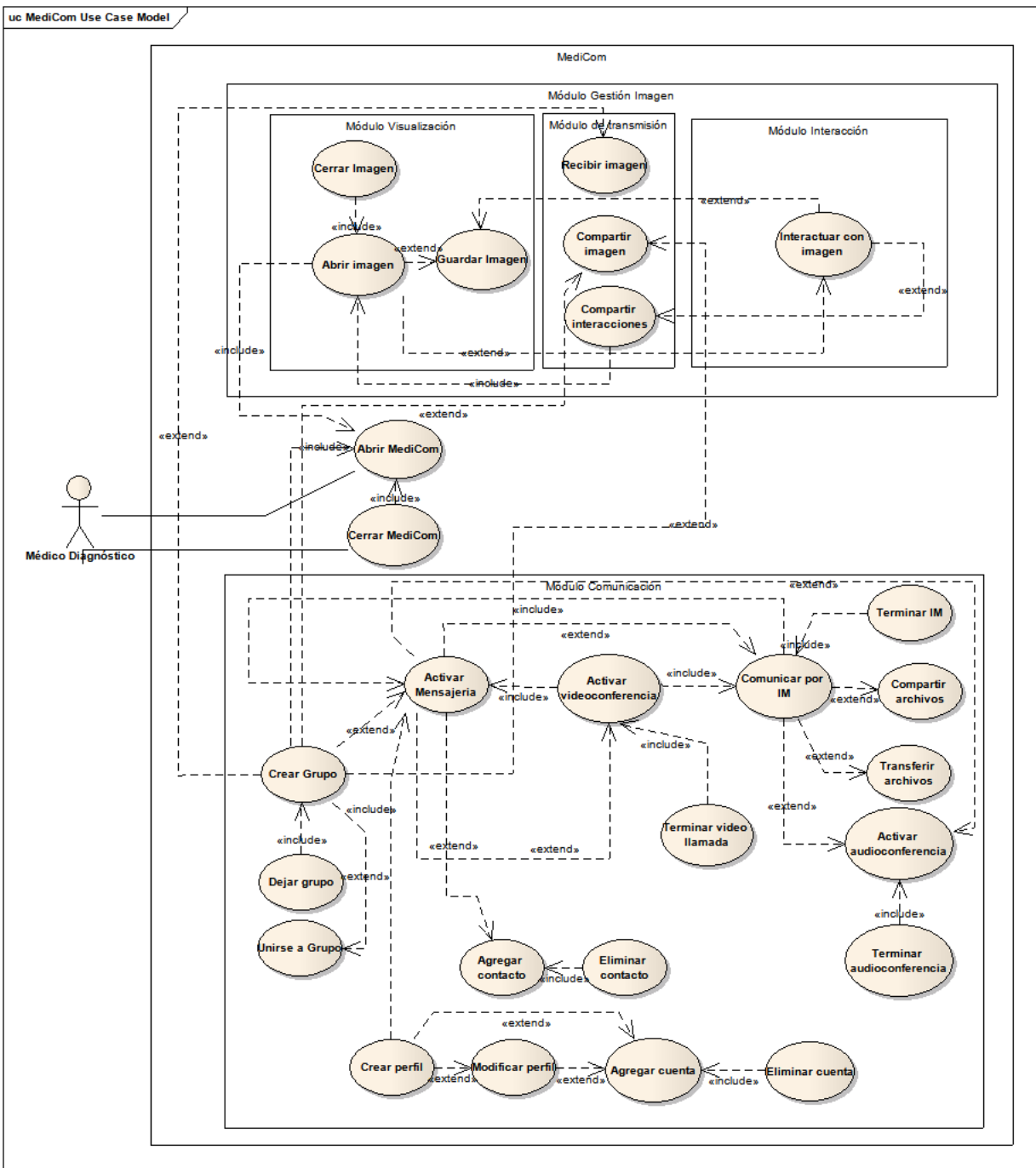


Figura 6.1: Casos de Uso

En este documento se describen tanto los requerimientos funcionales como los no funcionales de la herramienta, las interfaces de usuario, hardware y software, entre otros aspectos de diseño y técnicos como requisitos del equipo en donde se instalará la herramienta, licenciamiento, etc. Los requerimientos especificados fueron definidos por los integrantes de este proyecto a partir de las necesidades expuestas y las particularidades identificadas en la sección anterior y así conocer varios de los detalles y condiciones es que estos se implementaran.

Los requerimientos especificados fueron definidos por los integrantes de este proyecto a partir de las necesidades expuestas en el estudio acerca de Telemedicina y de las características identificadas como necesarias del estudio de las herramientas que formarán parte de este sistema. Ver documento anexo *Especificación de Requerimientos*.

6.3.3. Paratipo

En relación a las anteriores secciones, luego de tener un idea clara de lo que hará la herramienta, nace entonces un paratipo como primera instancia de ubicación en la interfaz de usuario para así empezar a identificar como se vería la integración de las diferentes herramientas escogidas para componer a MediCom.

De esta manera, se basó este paratipo en la interfaz general de varias de las herramientas que fueron estudiadas, donde un ejemplo de ellas es Paraview (ver *Apéndice Herramientas para Obtener MediCom*), tomada como una parte fundamental para modelar a MediCom como un sistema de Telemedicina que cumpliera con los requisitos básicos de visualización de imágenes científicas. Así mismo, fue una de las primeras herramientas investigadas al inicio del desarrollo del proyecto, lo que dio pie para empezar a conocer las diferentes funcionalidades que este le ofrece a un usuario como visor de imágenes médicas. También se tuvieron en cuenta ciertas herramientas de mensajería instantánea de uso cotidiano y que facilitan la comunicación entre usuarios.

Se empezó con la realización de bosquejos a mano, donde se plasmaron diferentes ideas de cómo se debería ver la herramienta en su totalidad, es decir, con todo los módulos mostrados al usuario. Al final se obtuvo el bosquejo mostrado en la imagen 6.2.

No obstante, el prototipo de la interfaz visto en la Figura 6.2 fue un esquema tentativo, sin embargo, se especifica que este estaba sujeto a las interfaces de las herramientas que fueran escogidas al final de la fase de investigación por parte de los integrantes del proyecto.

6.3.4. Diseño del Sistema

Se realizaron algunos diagramas de diseño para especificar un poco el diseño del sistema y su organización, pues se debía contar con ciertos elementos visuales como la principal característica para la construcción de la herramienta. Por esta razón se elaboraron tres, el diagrama de componentes, el diagrama de colaboración y los diagramas de flujo (ver *Apéndice Documentación de Diagramas*), mostrados a continuación, con el fin de proporcionar un panorama de la arquitectura del sistema y de los componentes más importantes del mismo.

El diagrama de componentes puede ser utilizado para modelar sistemas de software de cualquier tamaño y complejidad, pues permite especificar un componente como unidad modular con interfaces bien definidas

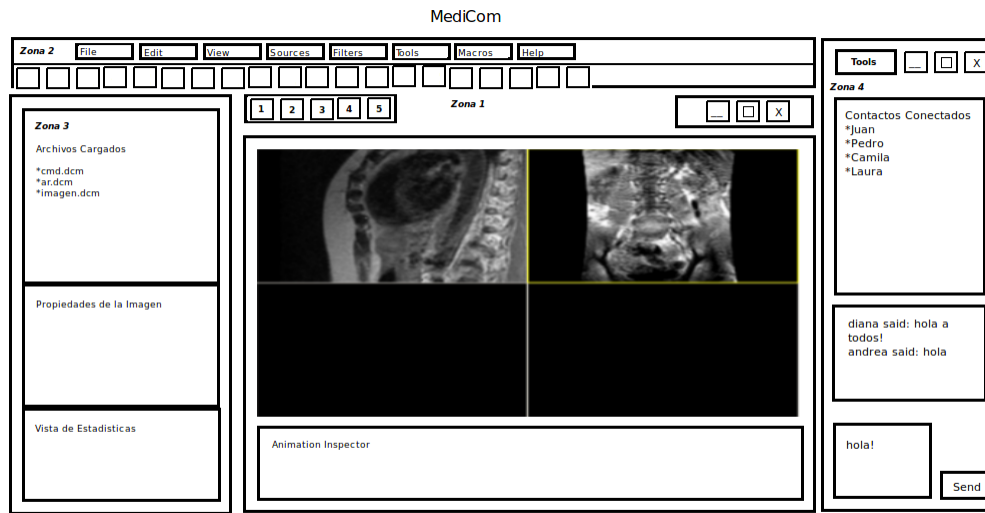


Figura 6.2: Paratipo MediCom

y reemplazables dentro de un ambiente específico [8]. Es decir, como se encuentra la organización de los diferentes paquetes que lo conforman y las dependencias de cada uno de estos. Éste corresponde a un diagrama de alto nivel de abstracción, pues es una vista un poco más general de la composición del sistema como tal.

En otras palabras, este diagrama presenta los componentes del sistema, sus interfaces y relaciones, incluyendo la organización y dependencia lógica entre ellos; además, se enseñan los dos subsistemas que conforman la aplicación. De esta manera, en la figura 6.3, se muestra la estructura de MediCom y la ubicación de los principales componentes formados por los ya implementados en las herramientas escogidas (ver sección 6.3.6 *Herramientas Escogidas*).

Para más detalles sobre este diagrama, dirigirse al anexo *Documentación de Diagramas*, donde se detalla más acerca de este diagrama.

El diagrama de colaboración es el encargado de mostrar las diversas interacciones organizadas alrededor de los objetos que hacen parte del sistema, en otras palabras, exponer la manera como se encuentra implementada una operación en este. La comunicación muestra los parámetros y las variables locales de la operación, así como también las asociaciones más permanentes. Cuando se implementa el comportamiento, la secuencia de los mensajes corresponde a la estructura de llamadas y el paso de señales en el sistema. [29]

Por esta razón, se decidió realizar los diagramas de colaboración que pudieran indicar las principales interacciones que ocurren en el proceso específico, como por ejemplo el de compartir interacciones (o eventos) en MediCom, puesto que fue uno de los procesos más complejos a la hora de entender y de implementar, además de permitir a los usuarios tener un mayor acercamiento a diferentes aspectos de la realización y uso de la herramienta JGroups durante el desarrollo del proyecto, para ser más específicos.

Este proceso encargado de dicha distribución de eventos que se llevan a cabo sobre la imagen, como se puede ver en la Figura 6.4, en la que se logra observar el procedimiento por el cual se logró transmitir dichos

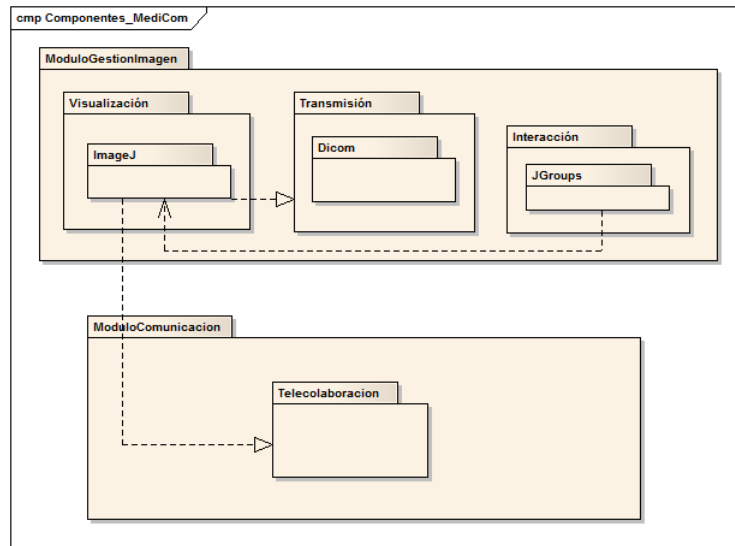


Figura 6.3: Diagrama de Componentes

eventos a través del uso de un toolkit de colaboración (ver anexo *Herramientas Escogidas*). A continuación se muestran en la Figura 6.5 cómo se lleva a cabo el inicio de la aplicación y el desarrollo de ésta para iniciar la distribución de eventos a otros miembros del mismo grupo de trabajo, además de los demás servicios que MediCom ofrece.

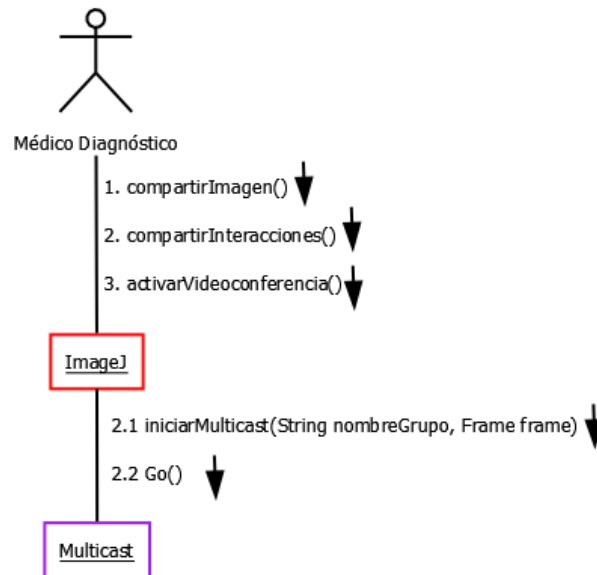


Figura 6.5: Diagrama de Colaboración de Activación

A continuación se muestra el diagrama de flujo, con el fin de representar gráficamente el funcionamiento

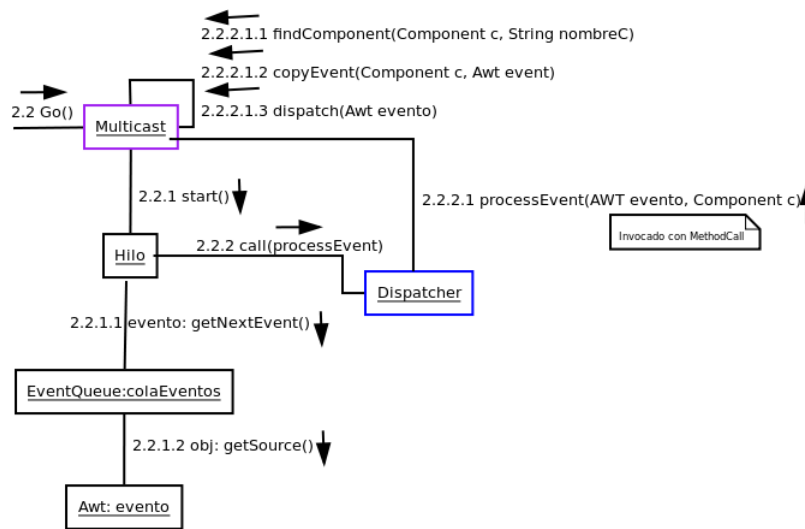


Figura 6.4: Diagrama de Colaboración para Compartir Eventos

de los procesos de enviar (ver figura 6.7) y recibir (ver figura 6.6) una imagen médica mediante la utilización del toolkit escogido (ver anexo *Herramientas para obtener MediCom*), el cual implementa algunas de las funcionalidades descritas por el estándar DICOM (ver sección 3.1.6 *Comunicación*), siendo éstas otras de las funcionalidades fundamentales que hacen de MediCom una herramienta de Telemedicina y que puedo lograr un correcto manejo de dicha norma.

Para más detalles sobre los diagramas, dirigirse al anexo *Documentación de Diagramas*.

6.3.5. Análisis ponderado de caracterización de las herramientas

De acuerdo a las características identificadas que pertenecen a cada una de las herramientas investigadas (ver *Apéndice Herramientas Investigadas para la obtención de MediCom*) en la fase anterior (ver sección 6.2 *Incepción*), y teniendo en cuenta los requerimientos establecidos, se tomó la determinación de darle una prioridad a cada una de dichas características, con el fin de encontrar la herramienta más completa y que más se acomodara a las necesidades del sistema, además de darle un valor cuantitativo que soportaba a tomar la decisión de una manera más objetiva.

De esta manera, a cada característica se le asignó un puntaje de 1 a 5, el cual indica la importancia que tiene ésta para el desarrollo y construcción de MediCom, siendo 1 una característica de menor importancia y 5 una característica de mayor importancia. A partir de esto y con respecto a las tablas de comparación de las secciones anteriores, se verifica con qué características cuenta cada herramienta, para lograr asignar un puntaje y obtener un resultado de la suma de los valores dados a cada una de las particularidades que cada una posea, de lo cual se obtiene, en valores cuantitativos, la herramienta que mejor se adapta a las necesidades de MediCom. En las subsecciones a continuación, se muestra cómo se llevó a cabo al asignación de las prioridades y los puntajes totales obtenidos.

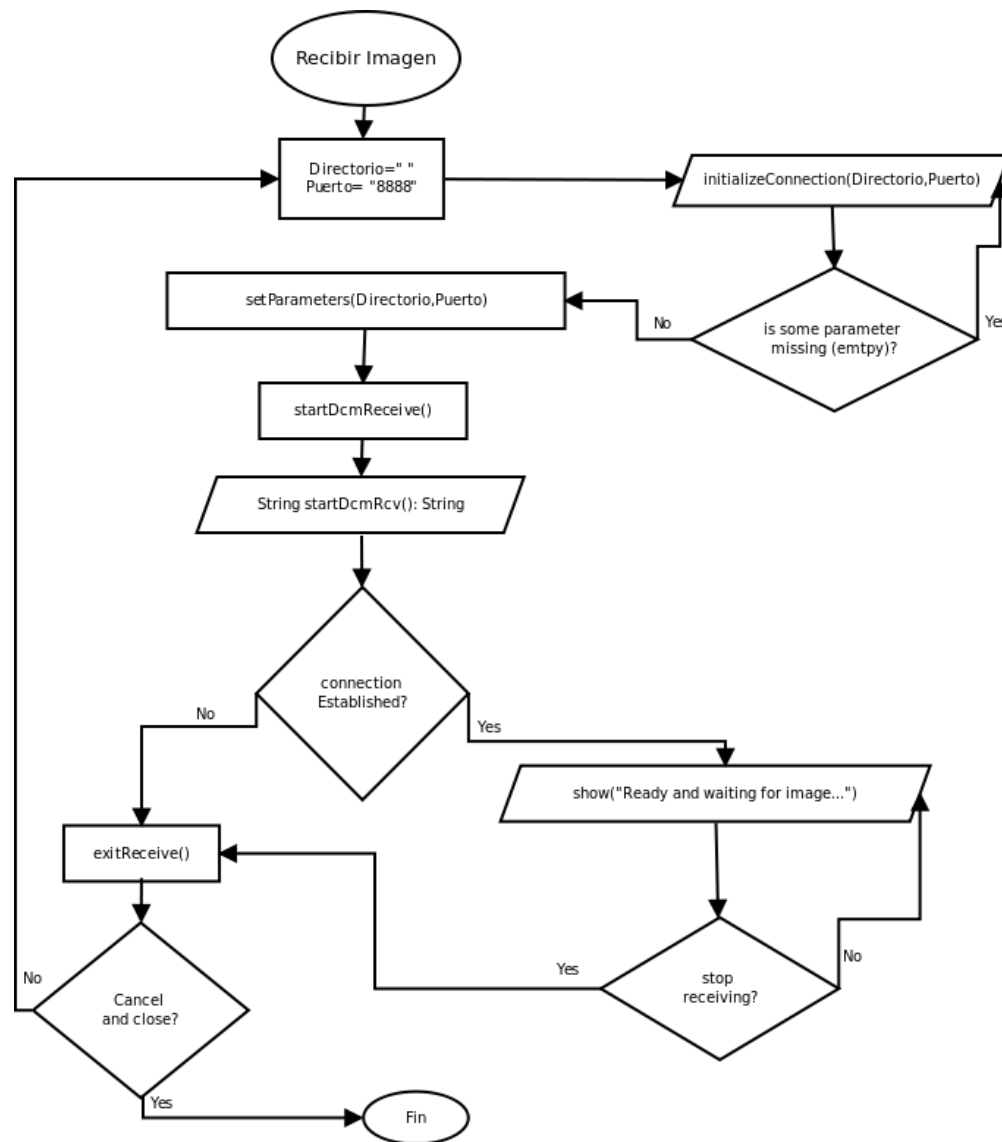


Figura 6.6: Diagrama de Flujo "Recibir Imagen"

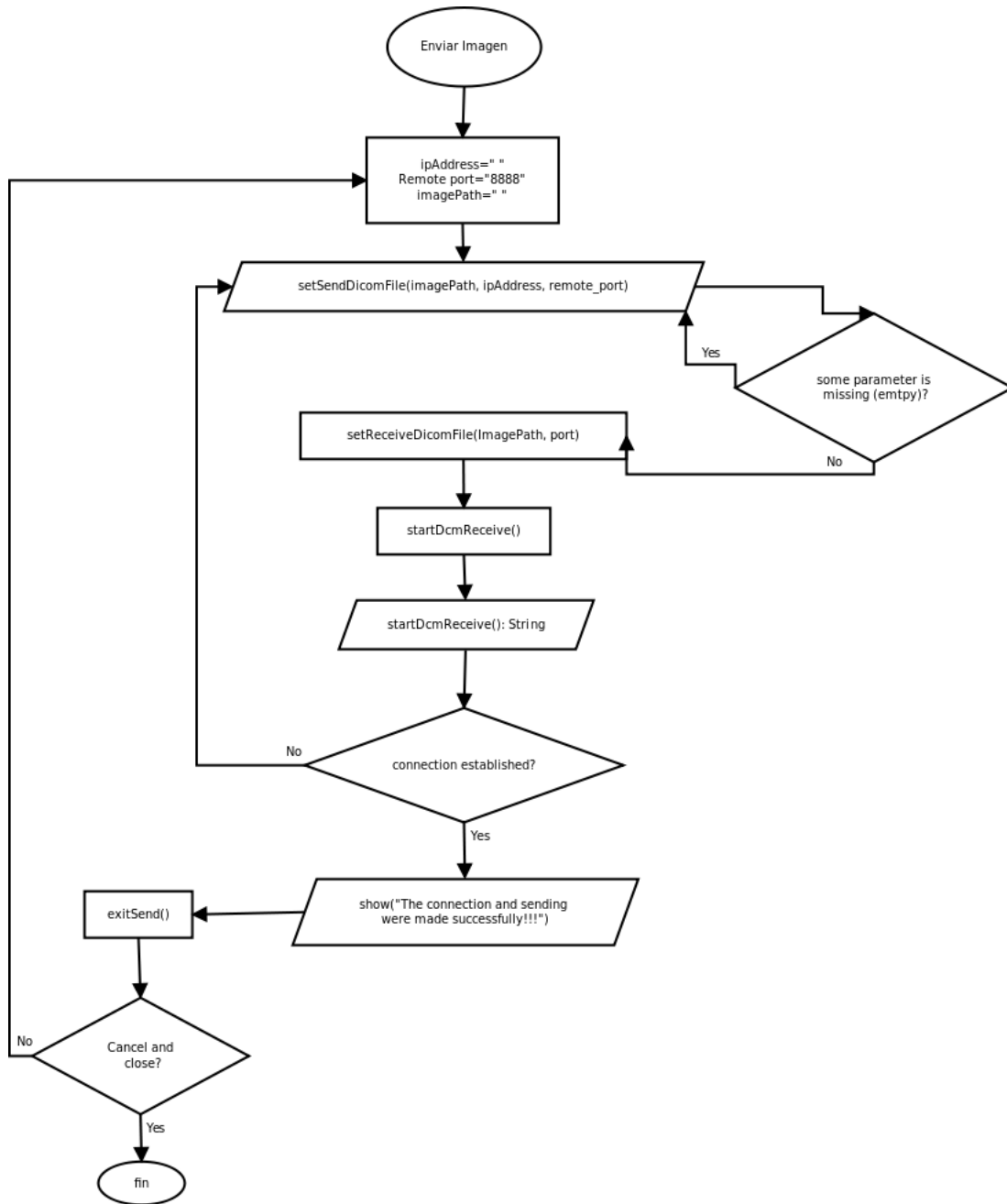


Figura 6.7: Diagrama de Flujo “Enviar Imagen”

6.3.5.1. Priorización de Características

De acuerdo a lo explicado anteriormente, en las siguientes tablas se muestran cómo se priorizó cada una de las características que fueron establecidas en la fase anterior. Para ver las herramientas escogidas según los resultados de esta ponderación ver sección 6.3.6 *Herramientas Escogidas*.

| CARACTERÍSTICAS | PRIORIZACIÓN |
|--|--------------|
| Código abierto | 5 |
| Documentación | 2 |
| Lenguaje de Programación | 3 |
| Extensibilidad | 5 |
| Sistemas Operativos | 2 |
| Modelo Cliente/Servidor (SCU-SCP) | 5 |
| Servicios DICOM | 3 |
| DICOM IOD's (Tipos de imagen soportados) | 5 |
| TOTAL PRIORIZACIÓN | 30 |

Cuadro 6.5: Ponderación de Toolkits DICOM

| CARACTERÍSTICAS | PRIORIZACIÓN |
|--|--------------|
| Herramienta de código abierto | 5 |
| Herramienta con documentación suficiente. | 3 |
| Graficación sobre las imágenes en 2D. | 5 |
| Visualizar las imágenes en modo Zoom, hacia adentro y hacia afuera | 4 |
| Abrir un grupo de imágenes al tiempo para ser modificadas. | 3 |
| Bloqueo para permitir o no modificar una (s) imagen (es). | 2 |
| Realizar una película a partir de una serie de imágenes (escenas). | 3 |
| Escoger el color de línea para dibujar sobre las imágenes. | 2 |
| Barra de accesorios básica sobre las imágenes (guardar, abrir, importar..) | 4 |
| Exportar las imágenes en diferentes tipos de formato. | 5 |
| Realizar etiquetas a puntos en las imágenes y comentarios a las mismas. | 4 |
| Configuración del tamaño de la imagen mostrada en pantalla, entre otros parámetros (número de muestras por píxel...). | 3 |
| Permiten variedad de formatos DICOM. | 4 |
| Acceso a los datos DICOM para manejar datos directos o interpretados de estos archivos. | 3 |
| Ver cambios en el tiempo a partir de diferentes imágenes de la misma parte del cuerpo (cambios a partir de datos numéricos, estadísticas). | 3 |
| Iconos que representan modos directos de acceder a las diferentes opciones dependiendo de la función. | 4 |
| Accesos a través del mouse, teclado, iconos. Manejo de escenas (imágenes propias de un solo diagnóstico) e imágenes individuales. | 5 |
| Extensibilidad | 5 |
| TOTAL PRIORIZACIÓN | 67 |

Cuadro 6.6: Ponderación de Toolkits y Visualizadores de Imágenes Médicas

| CARACTERÍSTICAS | PRIORIZACION |
|---|--------------|
| Apoyar interacciones grupo-a-grupo | 5 |
| Interconexión de un gran número de personas distribuidas geográficamente | 5 |
| Compartir aplicaciones en tiempo real | 4 |
| Aplicación de protocolos para transporte de información | 5 |
| Generar espacios de trabajo colaborativo | 3 |
| Comunicación multicast y unicast | 4 |
| Creación, unión, salida y eliminación de grupos | 4 |
| Detección y notificación para la unión, eliminación y fallo de miembros en los grupos | 3 |
| Permite la exploración de imágenes 3D | 3 |
| Simplifica la colaboración tanto síncrona como asíncrona | 3 |
| Habilidades de autenticación y privacidad | 2 |
| Extensibilidad | 5 |
| Sincronización de eventos y estados | 5 |
| Fiabilidad | 5 |
| TOTAL PRIORIZACIÓN | 56 |

Cuadro 6.7: Ponderación de Toolkits Colaborativas

| CARACTERÍSTICA | PRIORIZACIÓN |
|--|--------------|
| Soporta Linux | 5 |
| Soporta Windows | 5 |
| Licencia de Código abierto | 5 |
| Chat-Texto | 5 |
| Videoconferencia | 5 |
| Audioconferencia (llamada) | 5 |
| Transferencia de archivos | 3 |
| Grabación de sesión | 2 |
| Soporte web (Soporta video para paginas web) | 2 |
| Lista de contactos | 3 |
| Usa registro propio de alias/contraseña | 5 |
| Usa notificación de estado | 4 |
| Uso gratuito | 5 |
| Soporta múltiples ventanas de video | 5 |
| Usa historial | 5 |
| Tiene versiones pro | 3 |
| Protocolos a correos externos | 3 |
| Arquitectura | N/A |
| Soporta dispositivos móviles | 2 |
| Documentación de la herramienta | 3 |
| TOTAL PRIORIZACIÓN | 75 |

Cuadro 6.8: Ponderación de Herramientas de Videoconferencia y Mensajería Instantánea

6.3.6. Herramientas Escogidas

Basados en la ponderación de la características identificadas como se explicó en la sección anterior, a continuación se muestran los resultados obtenidos.

La primera herramienta que se escogió fue el toolkit DICOM. De acuerdo a la priorización anterior, se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 6.9.

| HERRAMIENTAS | DCMTK | DCM4CHE | C'DACS SKD | DICOM3TOOLS | DICOM4J |
|------------------------|-------|---------|------------|-------------|---------|
| RESULTADOS PONDERACIÓN | 24 | 24 | 25 | 10 | 23 |

Cuadro 6.9: Resultados Ponderación Toolkits DICOM

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la tabla 6.9, se puede observar que DCMTK y DCM4CHE recibieron los puntajes más altos. Sin embargo, se escogió **DCM4CHE**, puesto que cumple con el requerimiento de enviar y recibir imágenes tipo DICOM. Aunque no cuenta con la documentación esperada para el entendimiento fácil y rápido de sus funcionalidades, se encuentra bien implementado y, al complementar con las lecturas del protocolo DICOM, fue posible realizar las pruebas necesarias para implementar un SCP y un SCU para darle uso a la funcionalidad de envío de imágenes de este tipo.

La segunda herramienta fue el visor de imágenes médicas. De acuerdo a la priorización asignada se obtuvo los resultados mostrados en la tabla 6.10, para lograr seleccionar el visualizador más completo, que permitiera la visualización de imágenes de tipo DICOM, como requerimiento fundamental para el desarrollo del proyecto.

| HERRAMIENTAS | 3D-SLICER | DICOMLAB | DICOMWORKS | IMAGEVIS3D | AESKULAP | MITO | PARAVIEW | VTK | IMAGEJ |
|------------------------|-----------|----------|------------|------------|----------|------|----------|-----|--------|
| RESULTADOS PONDERACIÓN | 57 | 36 | 58 | 56 | 43 | 41 | 45 | 40 | 61 |

Cuadro 6.10: Resultados Ponderación Visualizadores de Imágenes Médicas

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, la herramienta escogida por ser la más apta es **ImageJ**, puesto que cuenta con suficiente documentación y el código como tal está organizado y fácilmente entendible. Además, esta herramienta cumple con la mayoría de las características deseadas dentro del conjunto de las mismas definido previamente.

La tercera herramienta a escoger fue el toolkit para el manejo de acciones colaborativas, llevando a cabo la ponderación de acuerdo a las priorizaciones. Los resultados son mostrados en la tabla 6.7.

| HERRAMIENTAS | ACCESS GRID | JGROUPS | CATMAID | HABANERO 3.0 |
|------------------------|-------------|---------|---------|--------------|
| RESULTADOS PONDERACIÓN | 47 | 51 | 24 | 51 |

Cuadro 6.11: Resultados Ponderación Toolkits Colaborativas

Según la tabla 6.11, los toolkit Habanero 3.0 y JGroups alcanzaron el mayor puntaje, razón por la cual son los más adecuados para lograr la colaboración sobre imágenes médicas como requiere MediCom; sin embargo, Habanero no está actualmente en uso ya que ha sido discontinuado, dando paso a **JGroups** para ser escogido por el grupo de trabajo. Adicionalmente, cuenta con buena documentación y demos para facilitar el entendimiento del funcionamiento de su estructura y cómo debe ser utilizada, teniendo en cuenta los requerimientos del sistema.

Así mismo, se obtuvo los resultados mostrados en la tabla 6.12, para seleccionar la herramienta de videoconferencia y mensajería instantánea.

| HERRAMIENTAS | QNEXT | CAMFROG | NFC CHAT | TALK2ME | JAVATALK | SIP-COMMUNICATOR | EKICA | BICBLUEBUTTON |
|------------------------|-------|---------|----------|---------|----------|------------------|-------|---------------|
| RESULTADOS PONDERACIÓN | 62 | 58 | 27 | 33 | 20 | 65 | 56 | 40 |

Cuadro 6.12: Resultados Ponderación Herramientas de Videoconferencia y Mensajería Instantánea

A partir de esto, se puede ver que SIP-Communicator en la herramienta con mayor puntaje en la ponderación, no obstante no cuenta con algunas funcionalidades implementadas a completitud, razón por la cual **Qnext** fue el sistema de comunicación escogido para formar parte de MediCom, pues aunque no es de código abierto, cuenta con varias características necesarias, incluso algunos valores agregados, como por ejemplo ser multiplataforma, entre otras.

Finalmente, se llegó a la conclusión que ImageJ, JGroups, Qnext y DCM4CHE son las indicadas para lograr cumplir los objetivos propuestos desde un principio por parte del grupo de trabajo.

6.4. Construcción

Luego de escoger las herramientas (ver sección 6.3.6 *Herramientas Escogidas*), se procedió con la fase de construcción, la cual consiste en la integración y las pruebas, siendo éste el principal objetivo de esta etapa. Por lo tanto, ésta se llevó a cabo en tres iteraciones, de acuerdo a los objetivos planteados, involucrando los resultados obtenidos en las actividades de análisis y diseño de la arquitectura de MediCom, en la etapa de elaboración.

Con respecto a las pruebas, éstas se llevaron a cabo sobre la herramienta de visualización de imágenes científicas **ImageJ**, con respecto a las herramientas escogidas que se describen a continuación. A cada una de ellas se les hizo pruebas por aparte comprobando sus funcionalidades normales y a medida que las herramientas se iban integrando, se realizaban también pruebas de integración. Sin embargo, éstas fueran las únicas pruebas realizadas a MediCom.

El equipo se enfocó al inicio en la transmisión de imágenes médicas de tipo perteneciente al estándar DICOM, como acción fundamental para poder hacer uso de las demás funcionalidades del sistema. Se realizaron las pruebas respectivas de recepción y envío de dichas imágenes (entre otros formatos como JPEG, tiff, etc.) a la herramienta DICOM4CHE (ver *Apéndice Manual*), con el fin de entender cómo se llevan a cabo los procesos en ésta.

Se logró cumplir con estos requerimientos mediante el uso del protocolo TCP/IP escogido para pertenecer a la capa de transporte establecida en el estándar DICOM, de acuerdo a las funcionalidades implementadas pertenecientes a éste. Así mismo, se debe constituir una comunicación entre Entidades de Aplicación (AE), teniendo en lo descrito en la sección 3.1.6, las cuales consisten en un Service Class Provider (SCP), haciendo las veces de servidor y un Service Class User (SCU), realizando funciones de cliente[31]. De esta manera y según lo establecido en la norma, el SCU es el encargado de enviar la imagen al SCP (ver *Apéndice Glosario*).

Por otro lado, para enviar y recibir la imagen, se requiere de cierta información para lograr crear una conexión, dependiendo de la necesidad que el usuario tenga. En este caso, se ha optado por decidir que la información necesaria y útil es: dirección IP de destino, puerto por el cual se va a enviar (y recibir) y el directorio donde se encuentra la imagen que se quiere enviar.

Tras haber logrado lo anterior, se procedió con la elaboración de las pruebas del toolkit de colaboración JGroups, con el objetivo de lograr entender y conocer su funcionamiento, los servicios que presta e identificar la función que iba a desempeñar en este proceso. Se probaron algunos de los ejemplos (ver anexo *Manual*) de la herramienta respectivamente y mediante el análisis y construcción de diagramas de clases y de colaboración (ver *Apéndice Documentación de Diagramas*) se pudo establecer un diseño para incorporar JGroups con la herramienta de visualización ImageJ.

Por consiguiente, se creó una clase llamada Multicast, a la cual se le envía el panel que se quiere compartir, en este caso los correspondientes a la barra de herramientas (Toolbar dentro del código modificado, ver anexo *Manual*) y aquel que contiene la imagen una vez abierta, y de esta manera, una vez es inicializada esta clase, se crea el canal por donde se van a compartir los eventos que se lleven a cabo sobre cada uno de estos componentes. En ésta, se realiza una copia del evento en el componente indicado, para que finalmente este

sea distribuido a los demás usuarios y por tanto sean todos capaces de ver los cambios hechos sobre la imagen, es decir, logren colaborar sobre ella en tiempo real (ver diagrama 6.5).

Se realizaron distintas pruebas, tanto por separado como en conjunto, para lograr compartir tanto las opciones del toolbar como las acciones realizadas sobre la imagen, por lo tanto, se vieron afectadas las clases `Toolbar`, `ImageWindow`, `ImageCanvas` e `imageJ`, de dicha herramienta, por ser las encargadas de llevar a cabo las acciones que se realizan sobre cada componente gráfico. Se obtuvieron ciertos problemas, debido a que solo se ha logrado compartir los eventos que se llevan a cabo sobre objetos de tipo `Component`, pertenecientes al API AWT para el manejo de interfaz gráfica, y se presentan ciertos inconvenientes al intentar realizar la copia en aquellos objetos de tipo `MenuComponent`, del mismo API.

Debido a éstas dificultades, la clase `Multicast` se utiliza solo para los eventos que se llevan a cabo sobre el toolbar y se creó una clase muy similar llamada `ImageCollaboration`, en la cual se procesan los eventos que tienen lugar sobre la imagen como tal, es decir, que interactúa con las clases `ImageWindow` e `ImageCanvas`.

Para lograr integrar `Qnext` con el resto de `MediCom` y al no ser una herramienta de código abierto, lo que se hace es realizar un “lanzamiento” desde el menú principal de `ImageJ`, por lo que lo único necesario para hacer uso de ella es instalarla previamente en el sistema operativo respectivo (ver anexo *Manual*).

Finalmente, quedan integradas todas las herramientas como se describió con anterioridad, obteniendo como interfaz principal la del visor de imágenes escogido `ImageJ`, siendo la principal herramienta que permite al usuario interactuar con la imagen y con otros usuarios a través de `JGroups`; adicionalmente, posibilitar el establecimiento de una comunicación entre estos gracias a las características agregadas de `Qnext`, como herramienta de mensajería instantánea y de videoconferencia.

6.5. Dificultades técnicas encontradas & Restricciones

Existen algunas restricciones de uso la herramienta, puesto que ésta se encuentra en una fase de prototipo funcional, dispuesto a la comunidad de estudiantes y/o profesionales quienes estén interesados en su continuación y mejora, las cuales deben ser consideradas incluso por los mismos usuarios para el correcto manejo de ésta. A continuación se muestran dichas restricciones:

- Se debe tener en cuenta el tamaño de la memoria RAM al momento de la recepción de ciertas imágenes médicas, pues pueden ocupar un poco más de espacio que una imagen normal debido a la cantidad de información contenida en ellas, además de algunos aspectos como la resolución, el tamaño, colores, entre otras características que hacen parte de ella.
- En cuanto a la comunicación entre usuarios, la herramienta utilizada le facilita diferentes herramientas, sin embargo, esta necesita de una conexión a Internet para poder comunicar a los usuarios entre ellos, ya sea mediante mensajería instantánea o audio/video conferencia.
- Problema no resuelto: sincronización de eventos sobre las imágenes y la barra de herramientas de `ImageJ`. Para más información sobre este problema, referirse a la subsección ?? *Colaboración* de la

sección *Construcción*, donde se explica con más detalle.

Capítulo 7

Conclusiones

En definitiva, la Telemedicina en Colombia ha sido considerada como proceso fundamental en la medicina después de muchos años de ventaja con respecto a otros países como Holanda, Francia, Estados Unidos, entre otros; sin embargo, gracias a ello es posible empezar a abarcar proyectos ambiciosos que involucren el impulso y el desarrollo de ésta sobre el país. A consecuencia de esta aceptación y acogida que finalmente tuvo la Telemedicina en Colombia, los logros obtenidos se ven reflejados en la cobertura a nivel nacional (la cual resulta en 10 departamentos, 50 corregimientos y municipios con más de *700.000 habitantes, 20.000 interconsultas realizadas, 10.000 consultas en los últimos 2 años - con 5.397 en el primer semestre del 2009*), *avances en la calidad de atención en salud (resultando una reducción del 77% de remisiones, 46 pacientes remitidos de 199 en estado crítico al ingreso -precio promedio por remisión: \$5'000.000-*, *cobertura desde cualquier punto de Internet con 13 especialidades disponibles) y reducción de costos (dando como resultado una clara disminución de los costos de transporte, disminución de costos de no calidad, tecnología de bajo costo)/[9]*. Por esta razón, se dio inicio a MediCom. Se desea que en un futuro próximo esta herramienta permita aprovechar los recursos tecnológicos con los que actualmente cuenta el país, y de esta manera, realizar un aporte de gran magnitud no solo al área de la salud, sino también en los ámbitos económico y social, tratando que los logros alcanzados hasta el momento mejoren y se logren difundir entre la población académica, científica y civil.

Para empezar, los objetivos planteados, tanto general como específicos, se cumplieron satisfactoriamente. Al finalizar las tres fases de la metodología se logró, primero, la comunicación mediante la aplicación del estándar DICOM para el envío de imágenes médicas, asegurando la integralidad de la información transmitida gracias al uso del protocolo TCP/IP. Sin embargo, el tiempo empleado para entender el uso de la herramienta que aplica dicho estándar fue mayor del esperado, puesto que la documentación de la herramienta no fue suficiente. En segundo lugar, las herramientas escogidas fueron integradas satisfactoriamente, llevando a cabo el concepto de telecolaboración y telemedicina que se deseaba. Finalmente, se aplican pruebas unitarias y de integración a la herramienta, asegurando que cumpla con los requerimientos establecidos y con un estándar aceptable de calidad. Sin embargo, no se logran hacer pruebas de estrés u otro tipo de pruebas que hubieran dado rangos de tiempos y respuestas técnicas mas precisas para conocer acerca de los requerimientos no funcionales con los que cuentan las herramientas escogidas. Es así, a partir de lo anterior, como se puede decir que el objetivo general se cumple completamente, dejando como producto final el desarrollo de un

prototipo funcional de la herramienta deseada.

De igual forma, una gran ventaja en cuanto a la fase de integración, fue el lenguaje escogido, JAVA, debido a que presenta las ayudas necesarias para una buena implementación (API's de desarrollo) y que igualmente es fácilmente adaptable a cualquier tipo de aplicación orientada a objetos, como por ejemplo las utilizadas para la construcción de MediCom.

En relación a los beneficios e impacto, se puede decir que existen más pros que contras lo que puede ocasionar la implementación de una idea de este tipo. Puesto que además de ser una iniciativa que afecta positivamente al proceso de investigación y de desarrollo de conocimiento tecnológico y médico dentro del contexto colombiano, afectará en futuro también a la población colombiana (incluyendo médicos especialistas) que finalmente, son a quienes interesa que el proyecto tenga un impacto positivo y de gran acogida, beneficiándolos de manera óptima. Se considera que es necesario que este proyecto continúe o que proyectos por el estilo surjan para intentar apoyar todos los procesos mencionados con anterioridad y se siga con la iniciativa de realización de proyectos interdisciplinarios.

Se reconoce también que JGroups es una excelente herramienta para lograr comunicación multicast entre varios miembros de un mismo grupo, así como también para manejar aspectos de colaboración. Sin embargo, exige una curva de aprendizaje elevada para lograr entender su estructura y funcionamiento, no por el trabajo en pequeñas aplicaciones como lo son un chat, entre otros, sino al momento que se desee integrar con algunas otras herramientas. Se considera necesaria la creación de un sistema multicast que sea embebible, que permita una mejor acoplamiento con herramientas del tipo de MediCom y que posibiliten al desarrollador integrar cualquier tipo de herramienta de visualización con una herramienta colaborativa, para así lograr cumplir con mayores expectativas.

Bibliografía

- [1] Fundación hl7 colombia.
- [2] *ESTANDARES PARA LA HISTORIA CLINICA ELECTRONICA*, chapter CAPITULO 3, page 31. 2010.
- [3] Lilia Edith Aparicio Pico. Fundamentos para desarrollo de telemedicina en colombia. page 9.
- [4] National Electrical Manufacturers Association. Digital imaging and communications in medicine (dicom) part 1: Introduction and overview. *ftp://medical.nema.org/medical/dicom/2008/08_01pu.pdf*, 1:21, 2008.
- [5] Chandrajit L. Bajaj. Project shastra: Distributed and collaborative multimedia synthetic environments for geometric design, 04 1996.
- [6] Fernando Ballesteros. *Desarrollo de aplicaciones DICOM para la gestion de imagenes biomedicas*. PhD thesis, GVA-ELAI-UPM, 2003.
- [7] Luis Sebastian Barberis. Aplicacion de un sistema automatico de procesamiento de imagenes medicas basadas en estandares. Master's thesis, Universidad Nacional de Cuyo, 2009.
- [8] B Bruegge and AH Dutoit. *Ingeniería de Software orientada a objetos*. Pearson Educación, 2002.
- [9] Eduardo Romero Castro. Logros y expectativas de la universidad nacional en telesalud, 2009.
- [10] Lotus Development Corporation. Groupware - communication, collaboration and coordination. Technical report, intranetjournal.com, 1995.
- [11] Fundación Santafé de Bogotá. División de educación. *Fundación Santafé de Bogotá*, 2009.
- [12] Miguel Chávarri Díaz and R. Maximiliano Lloret Lloréis. Diagnóstico por la imagen. 2005.
- [13] T. Todd Elvins. Render brokering for volume visualization. *San Diego Supercomputer Center*, 1997.
- [14] Damien Evans. A very basic dicom introduction: Dicom objects, 5 2009.
- [15] Jorge Raúl Friedrich, Guillermo Rodolfo; Ardenghi. Telemedicina: aprovechando las tecnologías para favorecer el impacto social. *EJIS ? Electronic Journal of Information Systems.*, 3:5, 2006.

- [16] Ángel García Olaya, Enrique J. Gómez Aguilera, M^a Elena Hernando Pérez, Verónica Torralba Piqueras, and Francisco del Pozo Guerrero. Middlecare: Una arquitectura middleware para sistemas de telemedicina y cuidado compartido. *Grupo de Bioingeniería y Telemedicina ETSI Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid*, page 4, 2003.
- [17] Alberto Hernández Abadía. Sistema de telemedicina de las fuerzas armadas españolas, Mayo-Junio 2006.
- [18] IBM. Software de colaboración - conecte a su gente con la información, con los expertos y entre si. *IBM*, 2010.
- [19] Greg Johnson. Collaborative visualization. *ACM SIGGRAPH H - Computer Graphics*, 32:8–11, 1998.
- [20] Ganesh Khind. C-dac's medical informatics sdk for dicom v2.0 documentation. Technical report, C-DAC: Centre for Development of Advanced Computing, 2010.
- [21] TELEMEDICINA LAMBOGLIA. Telemedicina.
- [22] Isabel Harb Manssour and Carla Maria Dal Sasso. Collaborative visualization in medicine. *The 8th International Conference in Central Europe on Computer Graphics*, page 9, 2 2000. Federal University of Rio Grande do Sul.
- [23] Meletis Margaritis, Christos Fidas, Nikolaos Avouris, and Vassilis Komis. A peer-to-peer architecture for synchronous collaboration over low-bandwidth networks. 2003.
- [24] Andrés Martínez. *Bases Metodológicas para evaluar la viabilidad y el impacto de proyectos de Telemedicina*. GRUPO DE BIOINGENIERÍA Y TELEMEDICINA, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, ESPAÑA, 2000.
- [25] Carlos Martínez-Ramos. Telemedicina. aspectos generales. page 19, 2009.
- [26] Sandra Mendez Luna. Investigación de necesidad para el desarrollo de sistemas pacs. Master's thesis, Universidad Autonoma Metropolitana, 08 2008.
- [27] Ministerio de la Protección Social. *RESOLUCIÓN NÚMERO 1448 de 8 de Mayo 2006*, 2006.
- [28] Ivan Moya. Software colaborativo, una aplicación práctica del mundo virtual. Technical report, ProveedoresEmpresariales.com.
- [29] Mutari. Diagrama de colaboración, Nov 2010.
- [30] National Electrical Manufacturers Association (NEMA). Part 8: Network communication support for message exchange. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Standard., 2008.
- [31] FRANCISCO J. NOVOA, ANTONIO F. CASTRO, JAVIER PEREIRA, and ALEJANDRO PAZOS. Development of a dicom server for the reception and storage of medical images in digital format. *Centro Universitario de Oza. Facultad de Ciencias de la Salud. A Coruña. SPAIN*, page 6, 2004.
- [32] ONU OMS. La salud y los objetivos de desarrollo del milenio. 2005.

- [33] Liliana Maria Puerta Escobar, Jenny Marcela Pérez Díaz, and Jenny Carvajal Marín. La telemedicina. *CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO ? FACULTAD DE INGENIERÍA*, page 13, 2002.
- [34] Javier Reinaldo. Desarrollo de la telemedicina en colombia. 2009.
- [35] Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada RENATA. Mantis-grid: Una plataforma para la gestión de imágenes médicas dicom, August 2010.
- [36] Comitas Comunicaciones S.A. Telemedicina-¿qué es telemedicina?
- [37] Escuela Técnica Superior de Ingenieros Universidad de Sevilla. Imágenes médicas, Enero 2010.
- [38] FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA UNIVERSIDAD SANTO TOMAS DE AQUINO. Imágenes diagnosticas y comunicaciones en medicina. page 15, 2004.
- [39] Alvin García³ Samuel Roldan⁴ Uriel Zapata, Edwin Montoya². Red para transmisión y manejo de imágenes radiológicas.
- [40] Jose Valenzuela. La telesalud en colombia: Experiencias y proyecciones, 2009.
- [41] the free encyclopedia Wikipedia. Collaborative software. Technical report, 2010.
- [42] the free encyclopedia Wikipedia. Software colaborativo. Technical report, 2010.

Apéndice A

Visión del Sistema

Apéndice B

Especificación de Requerimientos

Apéndice C

Documentación Diagramas

Apéndice D

Herramientas Investigadas para la obtención de MediCom

Apéndice E

Manual

Apéndice F

Glosario