

Universidad de las Ciencias Informáticas
Facultad 7



**Título: Aplicación para la visualización y procesamiento
de imágenes médicas: Cassandra Viewer.**

Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas

Autores: Samuel Figueredo Pérez.

Daniel Borroto Bazán.

Tutores: MSc. Héctor Raúl González Díez.

Ing. Alejandro Arias Naranjo.

Ciudad de La Habana, Mayo del 2008.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos ser autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los 30 días del mes de Mayo del año 2008.

Autores:

Tutores:

Samuel Figueredo Pérez

MSc. Héctor Raúl González Díez

Daniel Borroto Bazán

Ing. Alejandro Arias Naranjo

DATOS DE CONTACTO

TUTOR: MSc. Héctor Raúl González Díez (hglez@uci.cu)

Profesor graduado de Licenciatura en Física Nuclear. Ha impartido las asignaturas de Física I, Física II, Matemática 3 y Matemática 4. Es profesor de la facultad 7 y se desempeña actualmente como Jefe del Polo de Procesamiento de Imágenes de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI).

TUTOR: Ing. Alejandro Arias Naranjo (aariasn@uci.cu)

Profesor graduado de Ingeniería en Ciencias Informáticas. Ha impartido las asignaturas de Introducción a la Programación y Programación I. Es profesor de la facultad 7 y se desempeña actualmente como Jefe de Proyecto en el Grupo de Procesamiento Digital de Imágenes y Sonido (GPI) de la Universidad de las Ciencias Informáticas.

DEDICATORIA

A mi mamá y mi papá, por su apoyo incondicional, a mi novia Gisel, por su paciencia y comprensión, a mis amigos.

-- *Daniel Borroto Bazán*

A mi mamá y papa por estar apoyándome si pedir nada a cambio y promover que logre mis metas.
A mis amigos que me han dado la ayuda necesaria en el momento indicado y apoyar en mi formación.

--Samuel Figueredo Pérez

RESUMEN

El propósito de esta investigación es desarrollar una solución que permita la visualización de imágenes médicas DICOM 3.0 compatibles, provenientes de múltiples equipos y con diversas modalidades, además de facilitar la generación de reportes médicos que en la actualidad se realizan manualmente.

Para la realización del presente sistema se hizo un análisis del estándar DICOM 3.0, para determinar cuales eran los procesos requeridos para la visualización de imágenes médicas. Además, se estudiaron las principales características de los sistemas semejantes al propuesto, con el objetivo de adicionarle las funcionalidades más útiles para los especialistas. Finalmente, se desarrolló el sistema Cassandra Viewer, empleando la plataforma .NET de Microsoft y el lenguaje de programación C#.

Cassandra Viewer, producto de software que propone esta investigación, permite, además de la visualización de imágenes médicas, la aplicación de distintos tipos de filtros (brillo y contraste, ancho/centro de ventana, paleta de colores), la realización de mediciones (ángulos, perímetros, áreas) sobre la imagen, la reproducción de imágenes multiframe, el almacenamiento en dispositivos ópticos. Además, el sistema permite la generación de reportes médicos, que pueden ser enviados en un repositorio o impresos en papel.

PALABRAS CLAVES

DICOM, PACS, imágenes médicas, radiología, estación de visualización.

TABLA DE CONTENIDOS

DATOS DE CONTACTO	I
DEDICATORIA	II
RESUMEN	III
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
1.1. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y TRANSMISIÓN DE IMÁGENES (PACS)	4
1.1.1. COMPONENTES DE LOS PACS	4
1.2. ESTÁNDAR DICOM	5
1.2.1. LECTURA DE IMÁGENES MÉDICAS EN FORMATO DICOM	6
1.2.1.1. Formato del Fichero DICOM	7
1.2.1.2. Codificación del Pixel Data	8
1.2.1.2.1. RGB	8
1.2.1.2.2. MONOCHROME1 Y MONOCHROME2	9
1.3. PRINCIPALES HERRAMIENTAS Y TECNOLOGÍAS	10
1.3.1. PLATAFORMA .NET	10
1.3.2. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN VISUAL C# 2.0	11
1.3.3. MICROSOFT VISUAL STUDIO TEAM SUITE 2005	12
1.3.4. MYDICOM.NET SDK	12
1.3.5. RUP Y UML	12
1.3.6. ENTERPRISE ARCHITECT 7.0 (EA)	13
1.4. ACTUALIDAD	13
1.4.1. EN EL MUNDO	13
1.4.2. EN CUBA	14
CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA	16
2.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA	16
2.2. OBJETO DE AUTOMATIZACIÓN	16
2.3. PROPUESTA DEL SISTEMA	17
2.4. MODELO DE DOMINIO	18
2.5. ESPECIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS DEL SISTEMA	19
2.5.1. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	19
2.5.2. REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES	21

2.6. DEFINICIÓN DE LOS CASOS DE USO	23
2.6.1. DEFINICIÓN DE LOS ACTORES	23
2.6.2. DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE USO DEL SISTEMA	23
2.6.3. DIAGRAMA DE CASOS DE USO	27
2.6.4. CASOS DE USO POR CICLOS DE DESARROLLO	28
2.6.5. CASOS DE USO EXPANDIDOS	29
<u>CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA</u>	30
3.1. ANÁLISIS DEL SISTEMA	30
3.2. DISEÑO DEL SISTEMA	32
3.2.1. DIAGRAMA DE CLASES	33
3.2.2. DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN	33
3.2.3. ESPECIFICACIÓN DE LAS CLASES DE DISEÑO	33
<u>CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN</u>	34
4.1. DIAGRAMA DE DESPLIEGUE	34
4.2. DIAGRAMA DE COMPONENTES	35
<u>CONCLUSIONES</u>	37
<u>RECOMENDACIONES</u>	38
<u>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</u>	39
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	40
<u>ANEXO 1: CASOS DE USO EXPANDIDOS</u>	43
<u>ANEXO 2: DIAGRAMA DE CLASES DEL DISEÑO</u>	53
<u>ANEXO 3: DIAGRAMAS DE SECUENCIA</u>	58
<u>ANEXO 4: ESPECIFICACIÓN DE LAS CLASES DE DISEÑO</u>	63

INTRODUCCIÓN

En los comienzos de la radiología, el mecanismo tradicional para la captura de imágenes consistía en exponer al paciente a radiaciones sobre películas fotosensibles, las que eran procesadas químicamente para la obtención de una imagen con valor diagnóstico. Sin embargo, con este método resultaba difícil la detección un grupo importante de patologías. Además, el manejo de grandes volúmenes de información radiológica de forma convencional traía consigo su extravío y deterioro.

El desarrollo de tecnologías como la Tomografía Axial Computarizada (TAC), la Resonancia Magnética (RM) y el Ultrasonido (US), permitieron que se adquirieran imágenes de alta calidad en formato digital, las que podían ser mejoradas mediante distintos algoritmos, que facilitaban la identificación de enfermedades por parte de los especialistas.

Lo anterior, en combinación con el desarrollo de las redes de comunicación, las computadoras personales y los medios de almacenamiento, posibilitó el surgimiento de sistemas llamados **PACS**¹, dedicados a la adquisición, almacenamiento, visualización y transmisión de imágenes médicas. El objetivo principal de estos sistemas es permitir el funcionamiento de un servicio de imágenes sin la necesidad de archivarlas en documentos de papel o películas.

Debido a la incompatibilidad existente entre los diferentes fabricantes de equipos y componentes de los **PACS** se decide crear el estándar **DICOM**², el que especifica cómo se deben almacenar y transmitir las imágenes médicas con independencia de cualquier tecnología. Por lo que en la actualidad sólo es necesario comunicarse a través del protocolo declarado por **DICOM** para lograr interoperabilidad con otras partes del PACS.

En los últimos años ha sido prioridad del Estado Cubano, como parte del desarrollo del sector de la salud, la remodelación y modernización de distintos hospitales. Un número importante de estos cambios está reflejado en la adquisición de moderno equipamiento imageneológico de diversas modalidades como Tomografía Axial Computarizada (TAC); Resonancia Magnética (RM); Angiografía (XA)³; Ultrasonido (US); entre otras. También se instalaron redes de comunicación, servidores con alta capacidad de almacenamiento y computadoras personales, con el fin de dar soporte a sistemas de radiología digital.

¹ Picture Archiving and Communication System

² Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM)

³ X-Ray Angiography

En el país existen aplicaciones que permiten realizar algunas de las tareas concernientes a los **PACS**, mas no brindan una solución integral al problema. Podemos citar como ejemplo más destacado a Imagis®, desarrollado por el Centro de Biofísica Médica de Santiago de Cuba, el que posee limitaciones en la visualización, reproducción y procesamiento de imágenes. Existen también algunos visores que han sido utilizados para suplir las necesidades de procesamiento de imágenes, pero no cuentan con todas las funcionalidades necesarias para realizar diagnósticos en especialidades como Cardiología, además de no poderse comunicar con servidores de imágenes, imposibilitándose el estudio de casos de forma remota.

Tomando en cuenta que los visores médicos que se encuentran a disposición de los especialistas no resuelven las necesidades mínimas requeridas, y que de estos sistemas depende el trabajo de diagnóstico que se realiza en los departamentos de radiología de nuestro país, se plantea el siguiente **Problema Científico**: ¿Cómo solucionar el problema de la visualización y procesamiento local de las imágenes médicas generadas por equipos de radiología digital?

Analizando el **Problema Científico** se puede discernir que el **Objeto de Estudio de la Investigación** es el proceso de visualización y procesamiento de imágenes médicas. Enmarcándose el **Campo de Acción** en el proceso de visualización y procesamiento de imágenes médicas en hospitales y centros de diagnóstico con áreas imageneológicas.

El **Objetivo General de la Investigación** es desarrollar una aplicación para la visualización y procesamiento de las imágenes médicas generadas en equipos de radiología digital.

A partir del objetivo general propuesto con anterioridad, se plantean las **Tareas** necesarias para darle cumplimiento:

- Estudiar el estado del arte de los visores especializados tanto dentro del Mercado Nacional como Internacional.
- Analizar las especificidades de lectura de imágenes desde ficheros DICOM 3.0.
- Analizar las principales necesidades referidas al tema de radiología digital en hospitales y centros de diagnóstico con áreas imageneológicas.
- Diseñar el software aplicando patrones de diseño y GRASP para mantener un alto grado de reutilización y facilidad en el mantenimiento.
- Implementar un módulo de visualización de imágenes médicas conforme al estándar DICOM 3.0.
- Implementar un módulo para el procesamiento de imágenes.

- Implementar un módulo para la realización de reportes y su posterior almacenamiento en un servidor de reportes.
- Implementar una interface intuitiva y de fácil utilización por parte de los especialistas.

Estructura del Contenido

El **Primer Capítulo** expone el fundamento teórico en el cual está basada la investigación. Se introducen las principales características de los PACS, haciendo énfasis en los componentes que lo forman y su interacción. Se explican también algunos aspectos del estándar DICOM, puntualizándose las cuatro áreas que este abarca dentro del proceso de transmisión y almacenamiento de imágenes médicas.

El **Segundo Capítulo** describe los principales conceptos identificados en el sistema. También, se detallan los requisitos y se modela la propuesta mediante los casos de uso del sistema.

El **Tercer Capítulo** se centra en el análisis y diseño del sistema. Se muestran y describen los diagramas de clases y secuencia correspondientes a este flujo de trabajo.

El **Cuarto Capítulo** especifica los componentes que forman el sistema y su relación. Se presenta también el diagrama de despliegue donde se identifican los componentes ejecutables distribuidos en nodos.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el presente capítulo se ofrece una introducción a los **PACS** y al estándar **DICOM**, con el objetivo de profundizar en los conceptos que brindan soporte a la investigación.

Asimismo, se exponen las características de las diferentes tecnologías y herramientas que serán empleadas en el desarrollo de la solución propuesta.

Por último, se presenta el estado del arte de los sistemas semejantes al propuesto y sus rasgos fundamentales, para de esta forma entender la necesidad de una nueva solución acorde a los requerimientos que en la actualidad tienen los hospitales de nuestro país.

1.1. Sistemas de Almacenamiento y Transmisión de Imágenes (PACS)

Al conjunto de equipos, redes y sistemas informáticos dedicados a la transmisión, almacenamiento y presentación de imágenes médicas se le denomina PACS. Estos fueron creados con el objetivo de brindar una solución para la gestión de imágenes en los departamentos de radiología.

En la década de los 80, los PACS comenzaron a utilizarse en los servicios de diagnóstico en la UCLA (Universidad de California, Los Ángeles), la que se convirtió en el principal centro de experimentación de estos sistemas. Posteriormente, se fue extendiendo su uso a Europa y en 1992 existían más de 20 PACS funcionando en distintos hospitales y centros de investigación. En la reunión de la Sociedad Norteamericana de Radiología (RSNA) realizada en 1997, se presentó una gran variedad de productos con gran potencialidad para el futuro, demostrando que los PACS eran una realidad. (Pérez, et al., 2000)

1.1.1. Componentes de los PACS

Los PACS están formados por distintos componentes, que cooperan entre sí para realizar las distintas tareas de gestión de imágenes, entre los que se destacan:

1. **Equipos de adquisición:** Son los encargados de realizar la exploración al paciente para obtener imágenes con valor diagnóstico. Existen distintas modalidades como: la Tomografía Axial Computarizada (TAC); el Ultrasonido (US); la Medicina Nuclear (MN); la Angiografía (XA); entre otras.

2. **Redes de comunicaciones:** son aquellas que transmiten a altas velocidades el gran flujo de imágenes que se genera por los equipos de adquisición.
3. **Sistemas de gestión y transmisión de imágenes e información:** Son los encargados de manejar las imágenes y su información asociada de manera eficiente. Incluye mecanismos de seguridad, automatización de tareas, administración de recursos y creación de copias de respaldo.
4. **Estaciones de visualización:** Son aquellos sistemas utilizados para acceder a la información contenida en los PACS. Permiten la visualización de imágenes médicas, ya sea desde la propia estación de trabajo, como desde un servidor remoto. Deben contar con monitores de alta resolución diseñados específicamente para estaciones de diagnóstico. También es importante la alta disponibilidad de memoria, pues usualmente las imágenes que son generadas por los equipos cuentan con gran tamaño.
5. **Sistemas de impresión:** Encargados de imprimir en placas fotosensibles las imágenes digitales para su estudio.

En general, los PACS son sistemas cerrados, que facilitan servicios a un número limitado de estaciones de trabajo, con frecuencia a través de conexiones de alta velocidad, tales como ATM⁴ o Ethernet de 100 Mb/s. Los usuarios necesitan acceso instantáneo a imágenes de alta resolución para revisión de diagnósticos y revisiones clínicas. (Pérez, et al., 2000)

1.2. Estándar DICOM

DICOM es el estándar industrial utilizado para la transmisión, intercambio, almacenamiento, impresión y procesamiento de imágenes médicas. Es desarrollado por NEMA⁵ y ACR⁶, y surge por la necesidad de lograr sistemas interoperables.

El estándar DICOM ha evolucionado desde el año 1985 transitando por distintas versiones, hasta llegar en el 1992 a la versión 3.0. Esta versión es utilizada en la actualidad por un amplio grupo de fabricantes. El estándar es actualizado con relativa periodicidad, corrigiéndolo y agregándole nuevas características.

⁴ Asynchronous Transfer Mode

⁵ National Electrical Manufacturers Association

⁶ American College of Radiology

El alcance del estándar DICOM está contenido en cuatro áreas de aplicación general: la gestión de imágenes a través de la red; la gestión de impresión a través de la red; procesamiento de imágenes médicas y la gestión del almacenamiento local. Para realizar los procesos que se incluyen en cada una de las áreas, DICOM define:

1. **Formato de datos en el fichero DICOM:** Se especifica mediante reglas cómo deben almacenarse los datos en el fichero en dependencia de las codificaciones incluidas en la parte 5 del estándar.
2. **Clases de servicios:** Los servicios que soporta DICOM son expresados mediante clases, las que encapsulan una determinada funcionalidad, que frecuentemente está relacionada con transmisión de datos a través de la red o almacenamiento en media como CD o cinta magnética. Dentro de las funciones más frecuentes se encuentran: STORE⁷, FIND⁸, ECHO⁹, etc.
3. **Definición de Objetos de Información:** Colección de datos relacionados, que representan una entidad del mundo real, como un paciente, un estudio, una imagen. etc.
4. **Protocolo de mensajes:** Para la transmisión a través de la red, las clases de servicio se envían mensajes. DICOM define una secuencia de mensajes, con una estructura determinada, para la comunicación entre los distintos servicios.
5. **Declaración de conformidad:** Para determinar hasta que punto pueden integrarse distintos sistemas compatibles con DICOM son especificados en la **declaración de conformidad** los servicios soportados.

Se debe señalar que el estándar DICOM favorece y simplifica el desarrollo de los PACS, aunque no garantiza el cumplimiento de todos los objetivos necesarios para el funcionamiento de un sistema de gestión de imágenes médicas. (Bidgood, 1997)

1.2.1. Lectura de Imágenes médicas en formato DICOM

En las siguientes secciones se profundiza en el proceso de lectura de la imagen. Se explica la estructura del fichero DICOM, es decir, como está organizada la información dentro del fichero y como debe ser

⁷ STORE Servicio responsable de almacenar imágenes desde un punto de red a otro.

⁸ FIND Servicio responsable de hacer búsquedas de información. Generalmente en un servidor DICOM.

⁹ ECHO Determina la conexión punto a punto con otra componente de la red compatible con DICOM.

interpretada. Además, se describen los distintos formatos que pueden tomar los pixeles, para de esta forma lograr una correcta representación de la imagen.

1.2.1.1. Formato del Fichero DICOM

La unidad básica de información de DICOM es denominada **Elemento**, el que es almacenado en el fichero, como se muestra en la **Fig. 1 Estructura de Elemento**, y está compuesto por:

1. **Etiqueta**: Es el identificador del **Elemento**. Este valor es comparado con un diccionario para determinar su representación. Ej.: Nombre del Paciente, Sexo, etc.
2. **Representación del valor (VR)**¹⁰: Determina el tipo de dato que tiene el **Elemento**. Ej.: entero, cadena de caracteres, etc.
3. **Valor de longitud**: Contiene la cantidad de bytes que se encuentran en el campo.
4. **Valor del Campo**: Se encuentran los valores del **Elemento**.

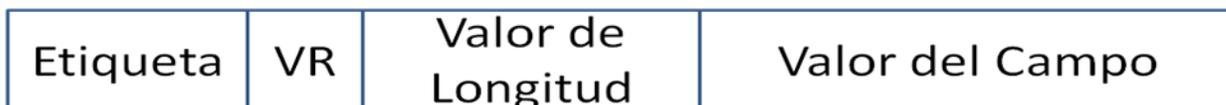


Fig. 1 Estructura de Elemento

Cada uno de los campos que conforman el **Elemento**, es utilizado para interpretarlo y darle un significado comprensible.

El fichero DICOM no está compuesto solamente por un elemento, sino por un conjunto de ellos. Estos están estructurados dentro del fichero de manera secuencial, véase **Fig. 2 Estructura del Fichero DICOM.** Además, el fichero cuenta con un encabezado para detectar el tipo y codificación de la imagen.



Fig. 2 Estructura del Fichero DICOM.

¹⁰ VR: Value Representation

El elemento más significativo para la lectura que se encuentra en el encabezado es **Transfer Syntax**¹¹. El que representa los distintos tipos de compresión que puede presentar la imagen contenida en el fichero como pueden ser: JPEG¹², RLE¹³, entre otras. (LEAD, 2003)

1.2.1.2. Codificación del Pixel Data

Los pixeles de la imagen se encuentran en el Elemento **Pixel Data** que está formado por un arreglo de bytes, que son interpretados en dependencia del Elemento **Photometric Interpretation**, el que puede tomar como valores más comunes RGB, MONOCHROME1 y MONOCHROME2.

1.2.1.2.1. RGB

El **Pixel Data** representa una imagen a color con canales rojo, verde y azul.. En dependencia del valor que tenga el Elemento **Samples Per Pixel** los canales pueden estar dispuestos de forma secuencial Fig. 3 Imagen RGB con canales secuenciales o dividida en tres planos Fig. 4 Imagen RGB por planos.

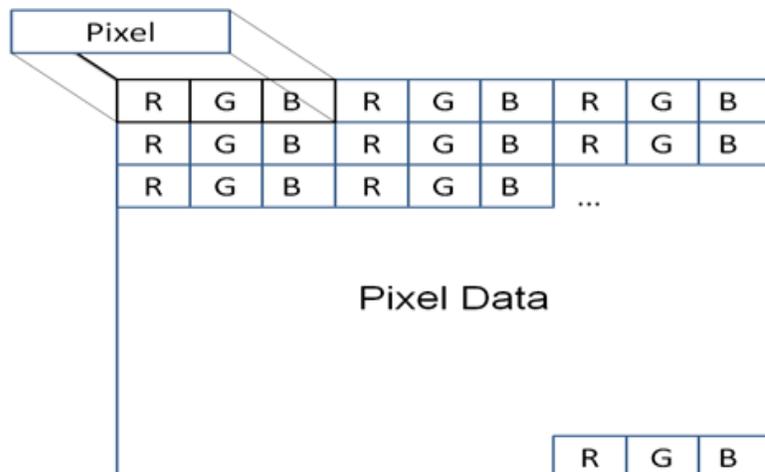


Fig. 3 Imagen RGB con canales secuenciales

¹¹ Sintaxis de transferencia.

¹² Joint Photographic Experts Group : algoritmo de compresión de imágenes.

¹³ Run-Lenth Encoding: algoritmo de compresión de datos.

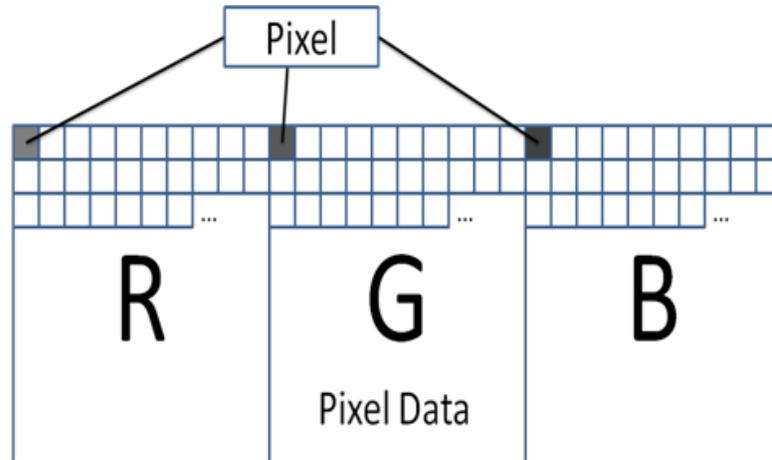


Fig. 4 Imagen RGB por planos

1.2.1.2.2. MONOCHROME1 Y MONOCHROME2

El **Pixel Data** representa una imagen en escala de grises. Los pixeles pueden tomar valores en dependencia del valor del Elemento **Bits Allocated** que indica la cantidad de bits destinado a cada pixel. La diferencia entre MONOCHROME1 Y MONOCHROME2 radica en que el pixel más pequeño es representado con el color blanco en el caso de MONOCHROME1, y con el negro, en el caso MONOCHROME2.

El estándar DICOM especifica un conjunto de transformaciones que deben aplicarse a las imágenes en escala de grises, para garantizar su correcta representación con independencia del dispositivo de visualización. Estas transformaciones son:

- Paso de Normalización (Modality LUT): Se realiza para llevar los pixeles de una imagen generada por un equipo a un espacio normalizado y con significado para la modalidad específica. Esta transformación depende de la proporcionalidad existente entre los pixeles y los valores de intensidad de una modalidad dada. En el caso que los valores tengan una proporción lineal se utilizan los Elementos **Rescale Slope** y **Rescale Intercept** para realizar la transformación. En el

caso que la proporción no sea lineal se aplica una tabla indexada almacenada en el Elemento **Modality LUT Sequence**. (NEMA, 2007)

- Paso para la Conversión a Escala de Grises: se realiza con el resultado de la Normalización y tiene como objetivo escoger una gama secundaria de píxeles con la información relevante para la modalidad. La Conversión a Escala de Grises puede tomar más de un valor en dependencia del área que se desea resaltar. Pueden aplicarse dos tipos de conversión: lineal y no lineal. En el caso de la lineal se utilizan los Elementos **Window Center** y **Window Width** para realizar la transformación. En el caso de la conversión no lineal se emplea una tabla indexada almacenada en el Elemento **VOI LUT Sequence**. (NEMA, 2007)

Como se pudo apreciar, el estándar DICOM presenta una complejidad considerable. A la vez, la lectura y representación de imágenes, requiere de un conocimiento profundo y especializado en el tema.

1.3. Principales Herramientas y Tecnologías

En la presente sección se enumeran y describen las herramientas, lenguajes y tecnologías que se emplean para desarrollar el sistema propuesto.

1.3.1. Plataforma .NET

La Plataforma .NET es la más moderna plataforma de desarrollo de software creada por la empresa Microsoft Corp. Está formada por un grupo de tecnologías que permite el desarrollo ágil de aplicaciones haciendo énfasis en los entornos web. Entre sus principales ventajas se destacan la independencia de la plataforma y lenguaje de programación, la seguridad, la reutilización y la robustez.

Dentro de la plataforma se destaca la Librería de Clase Base (BCL) y el Entorno Común de Ejecución para Lenguajes (CLR). La BCL está provista de un amplio conjunto de clases, donde se encapsulan las funcionalidades más utilizadas en el desarrollo de aplicaciones, como por ejemplo: manejo de datos; manejo y administración de excepciones; framework para el trabajo con gráficos; etc. La BCL permite la extensión de sus funcionalidades mediante la herencia. Por otra parte el CLR es el núcleo de la plataforma .NET. Es el motor encargado de gestionar la ejecución de las aplicaciones desarrolladas sobre .NET ofreciéndole un ambiente de ejecución segura y multilenguaje.

1.3.2. Lenguaje de programación Visual C# 2.0

C# es un lenguaje de programación orientado objetos, creado y estandarizado por Microsoft para el uso óptimo de su plataforma. Su sintaxis se deriva del C/C++ e implementa el modelo de objetos de .NET, por lo que en él se combinan, el control que tienen los lenguajes de bajo nivel, como C y la agilidad en el desarrollo característicos de lenguajes de alto nivel, como Visual Basic. Asimismo, logra capturar los mejores rasgos de los lenguajes de programación más populares que le precedieron, combinándolo en uno.

Entre las características innovadoras que presenta este lenguaje están:

- El código escrito es **autocontenido**, por lo que no se necesitan ficheros de cabecera o de otro tipo.
- El tamaño de los tipos de datos básicos es fijo e independiente del compilador, sistema operativo o máquina para quienes se compile, lo que facilita la portabilidad del código.
- Incluye la instrucción **foreach** que permite recorrer colecciones con facilidad y es ampliable a tipos definidos por el usuario.
- Soporta la extensibilidad de operadores, facilitando así, la legibilidad del código y de esta forma conseguir que los nuevos tipos estén al mismo nivel que los básicos predefinidos en el lenguaje.
- Soporta la genericidad, o sea, especificar los tipos utilizados en las definiciones de otros tipos de datos y de métodos de forma parametrizada.
- Soporta punteros, que son utilizados para el manejo rápido de memoria y la interacción con memoria no gestionada.

En la actualidad, C# es una de las mejores opciones en cuanto a lenguajes de programación, debido a su gran flexibilidad, sencillez y seguridad. Con este se puede lograr una alta productividad en el desarrollo de aplicaciones de diversos tipos.

1.3.3. Microsoft Visual Studio Team Suite 2005

Visual Studio.NET es un entorno de desarrollo integrado, creado por Microsoft Corp., para sus sistemas operativos Windows, que permite crear aplicaciones web, consola, win32, móviles y servicios web. (Wikipedia, 2007)

Cuenta con un grupo de herramientas que permiten un desarrollo ágil de aplicaciones además de lograr una integración completa con todas las plataformas soportadas por Microsoft Windows, Windows Mobile, .NET Framework y .NET Compact Framework.

El editor de texto contiene características avanzadas como IntelliSense y Refactoring que permiten la escritura de código en un ambiente de alta eficiencia. El sistema, cumpliendo con la política de la plataforma, soporta un diverso grupo de lenguajes de programación tales como Visual C++.NET, Visual C#.NET, Visual J#.NET y Visual Basic.NET.

1.3.4. MyDicom.Net SDK

MyDicom.NET es un conjunto de librerías y aplicaciones que implementan parte del estándar DICOM 3.0. Está diseñado para el desarrollo rápido de aplicaciones en el área de productos médicos. Asimismo, corre completamente sobre la plataforma Mono, por lo que la portabilidad de soluciones desarrolladas sobre este SDK son viables y pueden ser llevada a cabo con poco esfuerzo. (MyDicom, 2006)

Dentro del conjunto de funcionalidades que implementan, están los más importantes servicios de red y las clases bases para el procesamiento de imágenes, de las que hay que extender para lograr una total funcionalidad.

Se valora el uso de MyDicom.Net sobre otros toolkits por estar implementadas sobre la plataforma .NET y ser fáciles de utilizar.

1.3.5. RUP y UML

RUP¹⁴ es un proceso de desarrollo de software. Los tres principios que contempla para su implantación son: guiado por casos de uso, centrado en la arquitectura e iterativo-incremental. Basado en esos tres

¹⁴ Rational unified Process, *en español Proceso Unificado de Rational.*

aspectos y apoyado en UML¹⁵ como herramienta de modelación se crea una metodología para la construcción de proyectos. (Wikipedia, 2007)

RUP es considerado el proceso más utilizado para el análisis, implementación y documentación de sistemas orientados a objetos. Esto se debe a que RUP es más que un simple proceso, es un marco de trabajo genérico que puede especializarse para diferentes áreas de aplicación, tipo de organizaciones, niveles de aptitud y tamaños de proyectos.

UML es el lenguaje de modelado de software orientado a objetos, más conocido y utilizado en la actualidad. Es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema de software. Es empleado en RUP para la construcción de todos los esquemas de los sistemas de software. (Wikipedia, 2007)

1.3.6. Enterprise Architect 7.0 (EA)

Herramienta CASE¹⁶ para el diseño y construcción de sistemas de software, modelación de procesos de negocio y modelos de propósito general (2). EA está basado en la especificación UML 2.1 y soporta todos los aspectos del ciclo de desarrollo de RUP, permitiendo la completa trazabilidad de los distintos diagramas de construcción de software. (Sparx, 2008)

EA brinda características como: la generación de código en visual C# 2.0; integración con Visual Studio Team Suite.NET 2005; soporte para pruebas; usabilidad; velocidad; entre otras, que justifican su selección como herramienta CASE para este proyecto.

1.4. Actualidad

1.4.1. En el mundo

En la actualidad existe un amplio grupo de empresas dedicadas al desarrollo de PACS como son: General Electric; Siemens, Philips; Agfa; Kodak; entre otras, que lideran el desarrollo de sistemas dedicados a la salud, y en especial, la radiología. Estas empresas no sólo se destacan en el desarrollo de equipos médicos, sino que además, proveen todo el software y hardware necesarios para explotarlo al máximo. En

¹⁵ Unified Modeling Language *en español Lenguaje Unificado de Modelado.*

¹⁶ Computer Aided Software Engineering : Ingeniería de software asistida por computadoras

resumen, brindan soluciones integrales (PACS), caracterizadas por una alta calidad y probada eficiencia. Sin embargo, se puede citar como principal desventaja los precios prohibitivos que presentan estos productos, siendo de difícil acceso para países con pocos recursos como Cuba.

Además, existen una amplia gama de productos bajo licencia de software libre que permiten muchas de las tareas de visualización y procesamiento de imágenes, pero cuentan con la limitante que son difíciles de utilizar por un usuario no especializado y no cuentan con servicios de comunicación.

A continuación se brindan las descripciones de algunos de los PACS y visores encontrados en el mercado. Estos son:

- **Advantage Workstation VolumeShare™:** Software desarrollado por General Electric. Utiliza tecnología de 64 bits y puede gestionar hasta 5.000 imágenes. Dentro de las facilidades de usabilidad que presenta está la manipulación intuitiva del ratón, permitiendo cambios de color y transformaciones espaciales. Dentro de sus capacidades de procesamiento se destacan: resaltado automático de lesiones en el colon, incluye nuevas herramientas de análisis y seguimiento de segmentación de trombos. (Care, 2007)
- **Syngo Imaging:** Es un PACS desarrollado por Siemens. Posee un conjunto de herramientas que facilitan su usabilidad. La herramienta **Smart Select** permite el rápido acceso a las funciones más utilizadas en el diagnóstico. **Dynamic Loading** este permite ahorrar tiempo al radiólogo pues carga las imágenes de manera dinámica. (Siemens, 2008)
- **OsiriX Imaging Software:** Visor de imágenes open-source. Creado para el sistema operativo MacOS. Presenta diversas características como: la visualización de imágenes multidimensionales, posee incorporado los servicios de DICOM para la recuperación de imágenes. Interfaz con énfasis en la fácil navegación dentro de las imágenes. Desarrollado con Objective-C. (Osirix Imaging Software, 2007)

1.4.2. En Cuba

En los años de Revolución el país ha alcanzado un avance sustancial en el campo de la salud. Dentro de estos progresos se incluyen el desarrollo de la radiología donde se cuenta con personal calificado y

equipos de alta tecnología. Sin embargo, esto no viene aparejado con el desarrollo de sistemas informáticos que soporten precedentes.

En el presente existe como principal solución de gestión y visualización de imágenes médicas Imagis®. Este software ha sido creado por el Centro de Biofísica Médica de Santiago de Cuba y se encuentra desplegado en numerosos hospitales del país; inclusive pudo ser comercializado en el área de Centro América y el Caribe. Imagis® funciona como servidor, es decir, gestionando el envío y almacenamiento de imágenes en formato DICOM provenientes de equipos médicos. Además, puede ser utilizado como cliente para la visualización de imágenes, aunque sólo soporta un grupo reducido de funcionalidades.

A partir de los altos precios y limitaciones de los sistemas expuestos, y con el propósito de potenciar el desarrollo y comercialización de soluciones competitivas en el mercado, se propone a la UCI desarrollar un sistema que cumpla con las necesidades actuales del país, y que además puede servir de fuente de ingresos a la economía nacional. Esta tarea fue confiada a GPI¹⁷, el que implementa el sistema Cassandra PACS/RIS (Solución integral para departamentos de radiología digital).

En el desarrollo de este capítulo se realiza una breve introducción al tema de los PACS, explicando sus principales características y los componentes que lo conforman. Posteriormente, se hace referencia al estándar DICOM 3.0 y se profundiza en los distintos tipos de imágenes y formatos que soporta. Asimismo, se describen las tecnologías, herramientas y lenguajes que se proponen para desarrollar la solución. Finalmente, se investigan los sistemas que en la actualidad lideran el mercado en el área de la imagenología médica, tanto en Cuba, como en el mundo.

¹⁷ Grupo de Procesamiento Digital de Imágenes y Señales

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

En este capítulo se explican qué procesos se desean automatizar dentro de los flujos de negocios presentes en las áreas de radiología. Se describen las principales características de la solución propuesta, y su vinculación con otros componentes de Cassandra PACS. Por último, se detallan los requisitos funcionales y no funcionales, los casos de uso y actores del sistema.

2.1. Situación Problemática

La adquisición de moderno equipamiento radiológico para los hospitales del país, ha contribuido a mejorar la calidad de los servicios médicos que ofertan estos centros.

Sin embargo, en la actualidad se presentan problemas en el departamento de radiología para la gestión y diagnóstico de las imágenes médicas que se obtienen de los estudios realizados a pacientes. Estas dificultades se deben a que el almacenamiento y examen de las imágenes se realiza en los propios equipos de adquisición, lo que trae como resultado:

- Eliminación de imágenes por insuficiente capacidad de almacenamiento.
- Pérdida de imágenes debido a rotura del hardware de los equipos.
- Realización de menos estudios por tener que hacerse el diagnóstico en el equipo.
- Poca explotación de las redes, PC y servidores puestos a disposición de los hospitales para soportar un servicio de radiología digital.

2.2. Objeto de Automatización

El proceso de analizar imágenes médicas se enmarca dentro del flujo de negocio **realizar diagnóstico a un paciente**, el que comienza cuando el paciente llega al equipo y el técnico realiza el estudio, posteriormente el especialista va al equipo y mediante las herramientas que posee el software de visualización instalado, analiza las imágenes para emitir un reporte con su diagnóstico. El paciente recoge el reporte y de esta manera concluye el flujo del negocio.

Es necesario señalar, que el proceso que se pretende automatizar no cubre todo el flujo de negocio que se describió con anterioridad, sino que solo se concentra en la parte del análisis de las imágenes y la generación del reporte médico.

2.3. Propuesta del Sistema

Investigando las principales funcionalidades presentes en los sistemas de visualización y las necesidades de los especialistas de radiología, se determinaron las principales funcionalidades que debe tener el sistema. Cassandra Viewer debe ser capaz de visualizar imágenes compatibles con el estándar DICOM 3.0 presentes en los departamentos de radiología, con independencia del tipo de compresión, modalidad o equipo de origen. En el caso de que las imágenes no se encuentren en la propia estación de diagnóstico el sistema debe comunicarse con un servidor DICOM para encontrarlas mediante la herramienta de búsqueda **Bandeja de Casos**.

Una vez visualizada la imagen, el especialista puede aplicarle distintos filtros y transformaciones para su estudio y posterior diagnóstico. Finalmente el sistema debe brindar la posibilidad de emitir un reporte, que puede ser impreso en un documento Word o ser enviado a un repositorio de reportes (Cassandra X-Web).

Es importante destacar que el sistema propuesto está orientado principalmente a los especialistas de radiología, por lo que se debe, en la medida de lo posible, reutilizar toda la experiencia de usuario adquirida en sistemas precedentes, para así favorecer el uso de Cassandra Viewer y no provocar el rechazo por parte de sus usuarios finales.

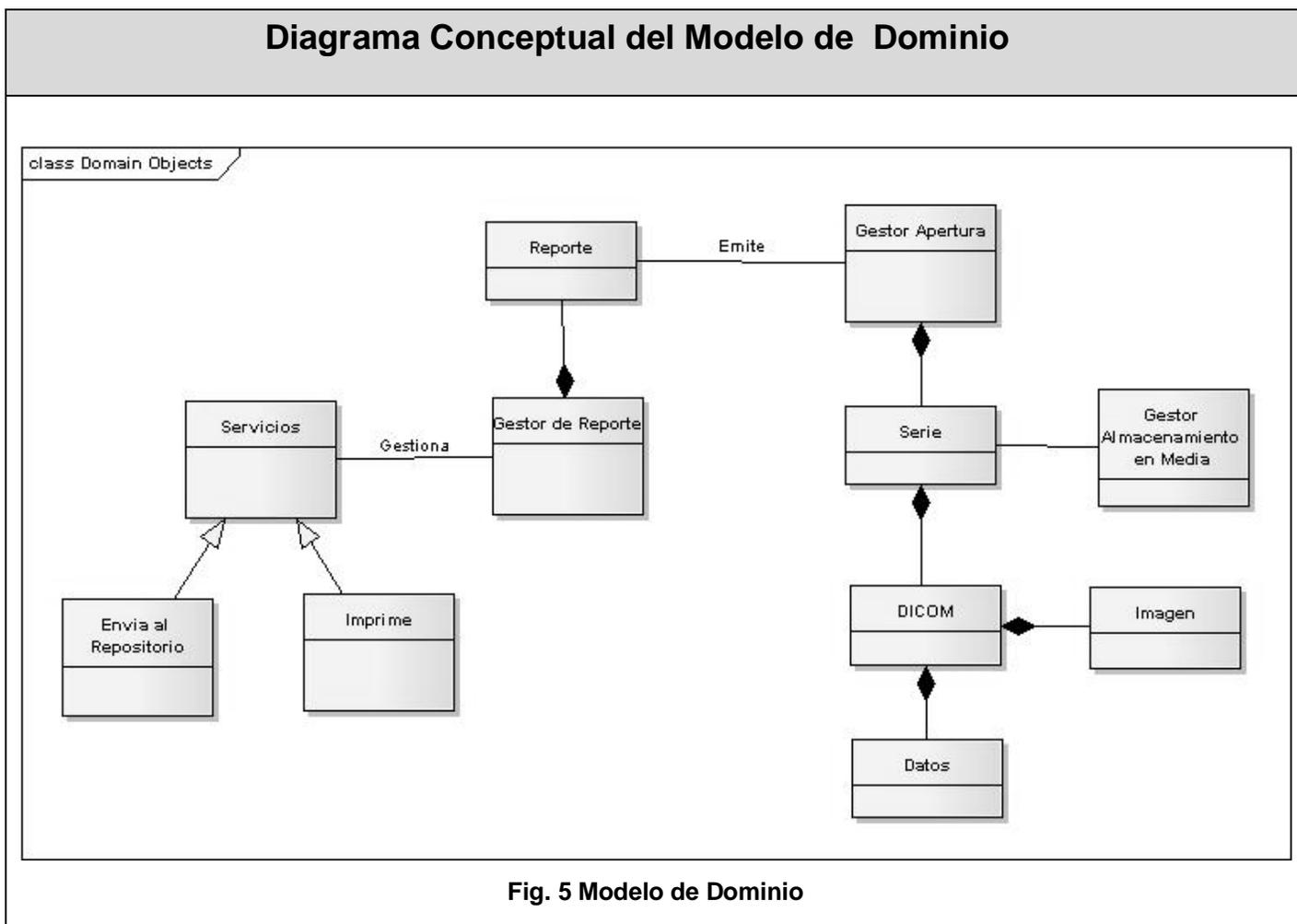
Como sistema dedicado al mismo campo de la solución propuesta se destaca Imagis®. El mismo ya ha sido introducido en otras secciones de esta investigación (véase 1.4.2), pero no se ha realizado un análisis profundo de sus características.

Imagis® es un sistema para recibir, visualizar y almacenar imágenes en formato DICOM provenientes de los equipos médicos. Ha sido utilizado ampliamente en los hospitales del país trayendo, en general, buenos resultados. Debido a la adquisición de nuevos equipos, quedó obsoleto, por presentar las siguientes limitaciones: imposibilidad de reproducción de imágenes con múltiples marcos y visualización de imágenes con determinados tipo de compresión JPEG; mala gestión de los recursos del sistema; contar con pocas herramientas especializadas para el procesamiento de imágenes médicas; etc.

El sistema que propone esta investigación, está orientado a soportar las imágenes médicas que generan los equipos de radiología digital más modernos, haciendo énfasis en la correcta gestión de recursos y brindar a los especialistas herramientas que faciliten su trabajo.

2.4. Modelo de Dominio

Como se explicó en 2.2, el sistema propuesto no automatiza un flujo de negocio completo, sino que trata solo una parte. No existiendo elementos para la realización de un modelo de casos de uso del negocio, se decide realizar un modelo de dominio, donde se exponen los principales conceptos presentes en el área estudiada.



2.5. Especificación de los Requisitos del Sistema

Con el objetivo de construir el sistema que cumpla con las exigencias de los clientes -- en este caso los especialistas de radiología--, se realiza la captura de requisitos. Para realizar esta tarea, se ha tomado como punto de partida las necesidades de los usuarios finales y posteriormente se han agregado las características de otros sistemas dedicados a la visualización y procesamiento de imágenes médicas.

2.5.1. Requerimientos Funcionales

Los requerimientos funcionales del sistema expresan todas las operaciones que éste debe soportar. El sistema propuesto consta de 8 paquetes de requerimientos:

1. VISUALIZAR IMÁGENES

- 1.1. Visualizar imágenes DICOM simples y multiframe¹⁸ ya sean monochrome1, monochrome2 y RGB.
- 1.2. Visualizar simultáneamente varias imágenes DICOM de una misma serie.
- 1.3. Visualizar mosaicos de imágenes.
- 1.4. Ubicar referencias de imágenes de diferentes vistas.
- 1.5. Mostrar toda la información de la metadata adjunta en el fichero DICOM.
- 1.6. Navegar por las imágenes que componen el fichero DICOM multiframe.
- 1.7. Reproducir las imágenes multiframe a la velocidad especificada en el fichero DICOM
- 1.8. Visualizar el histograma de las imágenes tanto RGB como en tonos de grises así como datos estadísticos.
- 1.9. Visualizar las imágenes almacenadas en un dispositivo de almacenamiento.
- 1.10. Visualizar la reconstrucción multiplanar.

¹⁸ La imagen está compuesta por un grupo de marcos que pueden ser vistos como una película

2. GENERAR INFORMES IMAGENOLÓGICOS

- 2.1. Editar informes médicos con un conjunto de plantillas definidas y configuradas por los especialistas.
- 2.2. Generar informes médicos con el codificador de enfermedades establecido por la ACR.
- 2.3. Imprimir los reportes en formato .rtf.
- 2.4. Enviar el reporte de un estudio hacia un repositorio central de reportes

3. TRANSFORMACIONES ESPACIALES

- 3.1. Rotar imágenes a ángulos fijos (90, 180, 270).
- 3.2. Realizar zoom sobre la imagen.
- 3.3. Realizar zoom sobre toda la imagen.
- 3.4. Realizar zoom sobre una región de interés en la imagen.
- 3.5. Realizar espejos horizontales y verticales sobre la imagen.
- 3.6. Aplicar transformaciones espaciales a las imágenes que son almacenadas en CD.

4. PROCESAR IMÁGENES

- 4.1. Aplicar filtros de inversión de los niveles de grises.
- 4.2. Aplicar brillo y contraste a la imagen.
- 4.3. A partir de cambiar ancho y centro de ventanas.
- 4.4. A partir de valores etiquetados de ancho y centro de ventana.
- 4.5. Filtrar imágenes RGB a niveles de grises.
- 4.6. Filtrar imágenes por ecualización.
- 4.7. Filtrar imágenes por filtros paso bajo y paso alto con algunas variantes.
- 4.8. Filtrar imágenes por filtros de suavizados.
- 4.9. Aplicar paletas de colores a las imágenes médicas a partir de ficheros LUT estandarizados.

5. REALIZAR MEDICIONES

- 5.1. Medir ángulos sobre las imágenes.
- 5.2. Medir perímetro sobre las imágenes.
- 5.3. Medir distancias sobre las imágenes.
- 5.4. Medir área para regiones geoméricamente conocidas o dibujadas de forma irregular.
- 5.5. Medir los valores de densidad sobre las imágenes
- 5.6. Realizar las operaciones de mediciones a las imágenes que son almacenadas en CD.

6. EXPORTAR IMÁGENES

- 6.1. Exportar imágenes DICOM a otros formatos conocidos (jpg, bmp, tiff).
- 6.2. Exportar imágenes DICOM multiframe al formato de video avi.

7. ANONIMIZAR UN FICHERO DICOM

- 7.1. Permitir eliminar información demográfica del paciente o información de la institución que son irrelevante en el diagnóstico.

8. ALMACENAMIENTO EN MEDIA

- 8.1. Permitir almacenar las imágenes en un dispositivo de almacenamiento (CD) con su directorio DICOM.
- 8.2. Incorporar un visor Live que permita la visualización y el manejo básico de las imágenes DICOM almacenadas.
- 8.3. Permitir la navegación ordenada de las imágenes a partir del directorio DICOM incorporado en el CD.

2.5.2. Requerimientos no Funcionales

1. GENERALES

- 1.1. Los ficheros de configuración deben poderse mover de una estación a otra.
- 1.2. Permitir una fácil configuración del sistema.

2. **SEGURIDAD**

- 2.1. Debe enviar los reportes al repositorio de forma segura.
- 2.2. El sistema debe utilizar algún mecanismo que regule la correcta instalación del mismo sin que este pueda ser distribuido sin autorización.

3. **SOFTWARE**

- 3.1. .NET Framework v2.0.
- 3.2. Microsoft Windows XP.
- 3.3. Open Office.

4. **HARDWARE**

- 4.1. Pentium IV 3.0 GHz.
- 4.2. Memoria RAM 512 MB.

5. **Usabilidad**

- 5.1. Permitir el fácil acceso a las opciones más utilizadas por los especialistas.
- 5.2. Permitir el acceso por teclado a las principales funcionalidades del sistema.
- 5.3. Permitir la navegación a través de las imágenes de forma intuitiva por pestañas.

6. **Rendimiento**

- 6.1. Debe soportar la carga de grandes volúmenes de imágenes gestionando la memoria de forma eficiente.

7. **Legales**

- 7.1. El sistema y toda la documentación generada con el mismo, pertenecen al Grupo de Procesamiento de Imágenes y Señales de la Universidad de la Ciencias Informáticas.

2.6. Definición de los Casos de Uso

Los casos de uso se emplean para capturar el comportamiento deseado del sistema en desarrollo, sin tener que especificar cómo se implementa ese comportamiento. Proporcionan un medio para que los desarrolladores, los usuarios finales del sistema y los expertos del dominio lleguen a una comprensión común del sistema. Además ayudan a validar la arquitectura y a verificar el sistema mientras evoluciona a lo largo del desarrollo. Por lo general el nombre de un caso de uso comienza con un verbo en infinitivo. Un caso de uso describe un proceso de principio a fin, es decir, una secuencia de eventos, las acciones y las transacciones que se requieren para realizarlo.

2.6.1. Definición de los Actores

Actores	Justificación
Especialista	Es la persona interactúa con el sistema. Hace una evaluación de las imágenes generadas en los estudios llega a un diagnostico y procede a emitir un reporte.
Bandeja de Casos	Es un subsistema a través del cual el sistema interactúa con el servidor de imágenes para poder procesar las imágenes almacenadas en el mismo.
Repositorio de reporte	Es un subsistema externo donde están almacenados los reportes emitidos por los especialistas.

2.6.2. Descripción de los Casos de Uso del Sistema

CU-1	Visualizar imágenes.
Actor	Especialista

Descripción	El especialista escoge la(s) imagen(es) que desea visualizar, y a continuación el sistema la(s) muestra con la información adjunta.
Referencia	RF 1.1, RF 1.2, RF 1.3, RF 1.4, RF 1.5, RF 1.6, RF 1.7, RF 1.8, RF 1.9

CU-2	Generar reporte
Actor	Especialista, Repositorio de reporte
Descripción	Al terminar el diagnóstico, el especialista edita los campos para emitir el reporte y/o escoge la(s) imagen(es) que necesita para imprimir. Una vez generado el reporte puede ser impreso en un documento o enviado a un repositorio central de reportes.
Referencia	RF 2.1, RF 2.2, RF 2.3, RF 2.4

CU-3	Rotar imagen
Actor	Especialista
Descripción	El especialista selecciona la imagen que desea transformar, selecciona el ángulo, el sistema muestra la imagen resultante.
Referencia	RF 3.1

CU-4	Aplicar Espejo
Actor	Especialista
Descripción	El especialista puede aplicar el espejo con respecto a la horizontal o la vertical, selecciona respecto a que eje, el sistema muestra la imagen modificada.
Referencia	RF 3.3

CU-5	Aplicar zoom sobre la imagen
Actor	Especialista

Descripción	El especialista puede ampliar la imagen y disminuirla a conveniencia, ya sea a toda la imagen o una región específica utilizando una lupa, en esta última forma el cursor toma forma rectangular ampliando la parte imagen por donde esté pasando el cursor.
Referencia	RF 3.2, RF 3.3, RF 3.4

CU-6	Aplicar filtros sobre la imagen
Actor	Especialista
Descripción	El especialista selecciona la imagen que desea transformar, selecciona el tipo de filtro, el sistema muestra la imagen filtrada.
Referencia	RF 4.1, RF 4.2, RF 4.3, RF 4.4, RF 4.5, RF 4.6, RF 4.7, RF 4.8, RF 4.9

CU-7	Realizar mediciones sobre la imagen
Actor	Especialista
Descripción	El especialista selecciona la imagen sobre la que va a realizar la medición, escoge el tipo de medición, procede a ejecutar la medición, el sistema pinta la figura y resultados.
Referencia	RF 5.1, RF 5.2, RF 5.3, RF 5.4, RF 5.5, RF 5.6

CU-8	Exportar imágenes a otros formatos
Actor	Especialista
Descripción	El especialista escoge la imagen y selecciona el formato en que desea exportarla, le indica al sistema en que directorio deben almacenarse, y las son exportadas.
Referencia	RF 6.1, RF 6.2

CU-9	Guardar imagen DICOM anonimizada
Actor	Especialista

Descripción	El especialista puede guardar el fichero DICOM de forma anonimizada, es decir que los datos sensibles, como los datos del paciente son retirados del mismo.
Referencia	RF 7.1

CU-10	Referenciar imágenes.
Actor	Especialista
Descripción	Permite crear una referencia espacial proyectando cualquier imagen de una serie sobre otra imagen de una serie diferente, permitiendo de esta forma saber exactamente donde esta posicionada una imagen sobre la otra intersección de dos planos.
Referencia	RF 1.4

2.6.3. Diagrama de Casos de Uso

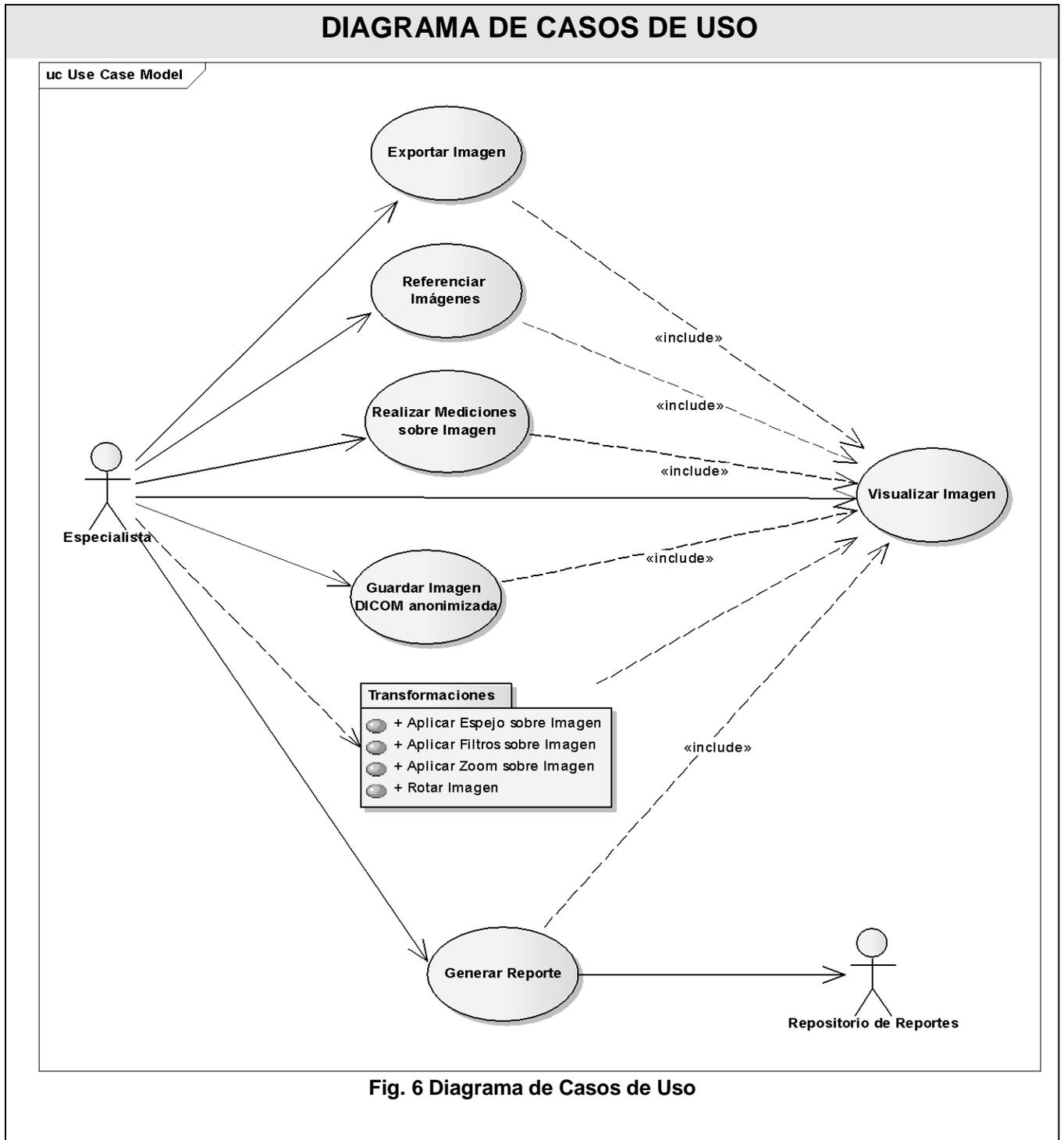
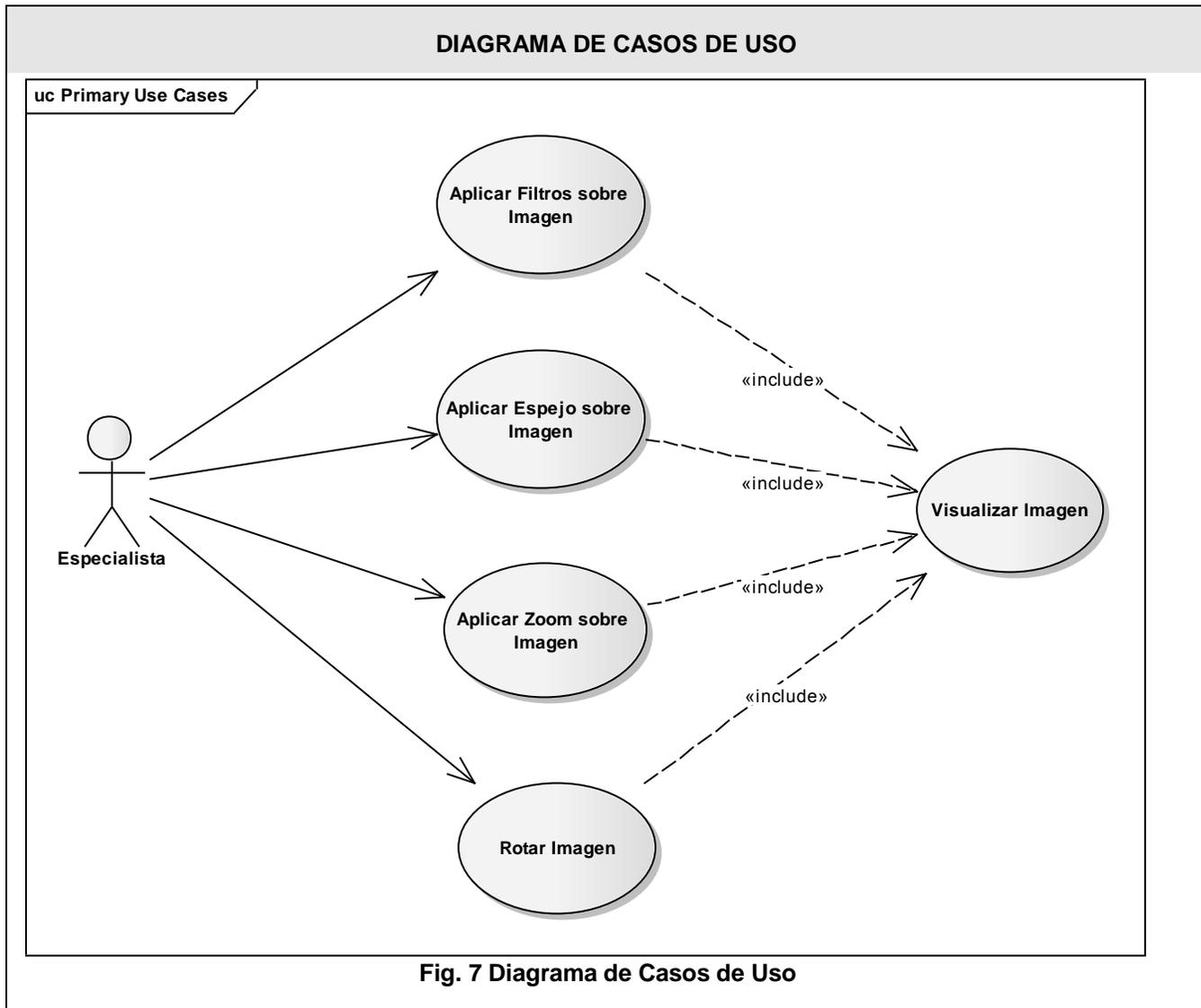


Fig. 6 Diagrama de Casos de Uso



2.6.4. Casos de Uso por Ciclos de Desarrollo

A continuación se muestran los casos de uso por ciclos de desarrollo.

1. Ciclo 1.

Cód	Nombre de caso de uso	Justificación de la selección.
CU - 1	Visualizar Imágenes	Estos casos de uso son los más importantes, debido a que cumplen con las necesidades básicas que pueden tener los especialistas en el momento de realizar un estudio de las imágenes que pueden ser
CU - 2	Generar Reporte	
CU - 6	Aplicar Filtros sobre la Imagen	
CU - 7	Realizar mediciones sobre la imagen	

CU - 10	Referencias múltiples	generadas por los equipos de radiología digital.
----------------	------------------------------	---

2. Ciclo 2.

Cód	Nombre de caso de uso	Justificación de la selección.
CU - 3	Rotar Imagen	Estos casos de uso dependen de la visualización de imágenes y como son también críticos, se pospone su desarrollo para este ciclo.
CU - 4	Aplicar Espejo sobre Imagen	
CU - 5	Aplicar Zoom sobre Imagen	
CU - 8	Exportar Imagen	
CU - 9	Guardar Imagen DICOM anonimizada	

2.6.5. Casos de Uso Expandidos

Los casos de uso expandidos son útiles para conocer en profundidad cómo interactúan los usuarios y el sistema.

Ver Casos de Uso Expandidos en el ANEXO 1: CASOS DE USO EXPANDIDOS.

En este capítulo se describe la problemática que da origen a la investigación. Posteriormente se explica que proceso se pretende automatizar y se definen las características que debe presentar el sistema propuesto, mediante la captura de requisitos como casos de uso. También, se muestran los diagramas de casos de uso, que en conjunto con los casos de uso expandidos brindan una vista más profunda de cómo se relacionan los actores con el sistema.

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA

Una vez definidos los requisitos del sistema y cuales presentan mayor prioridad, comienza el proceso de análisis y diseño. En este flujo de trabajo –Análisis y Diseño– se identifican clases que mediante su interacción puedan realizar las funcionalidades del sistema, de esta forma los desarrolladores pueden tener una vista interna de los requisitos, facilitándose su comprensión, modificación y mantenimiento. En este capítulo se describen los artefactos generados en este flujo de trabajo como son: clases de análisis; diagramas de secuencia; diagrama de clases; entre otros.

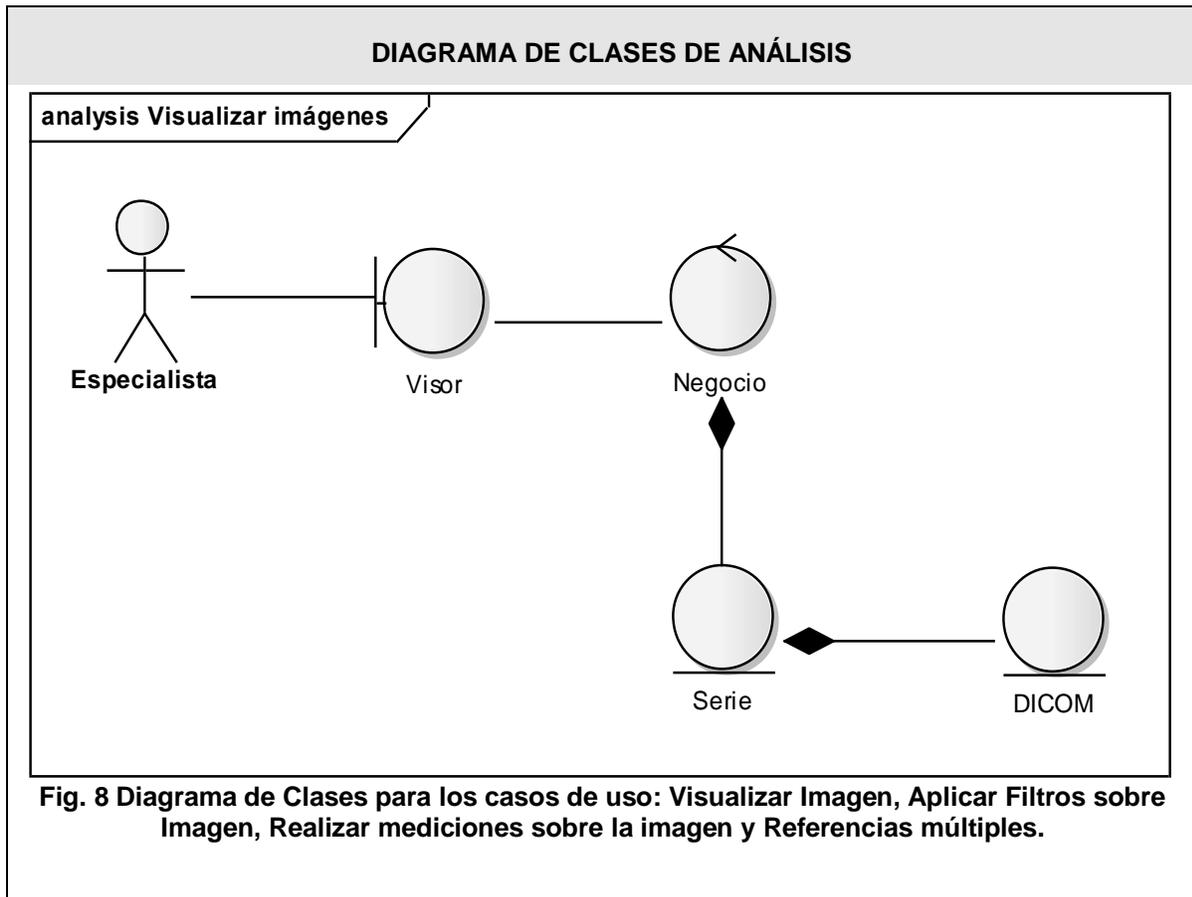
3.1. Análisis del Sistema

El proceso de captura de requisitos se centra en recolectar las necesidades del cliente para así, llegar a un acuerdo con respecto al sistema que se desea construir. Sin embargo, al estar los requisitos definidos en un lenguaje poco técnico y por tanto informal, se hace difícil su comprensión por parte del equipo de desarrollo. Con el objetivo de refinar los requisitos y comprender de una manera más precisa que debe hacer el sistema, se realiza el proceso de análisis.

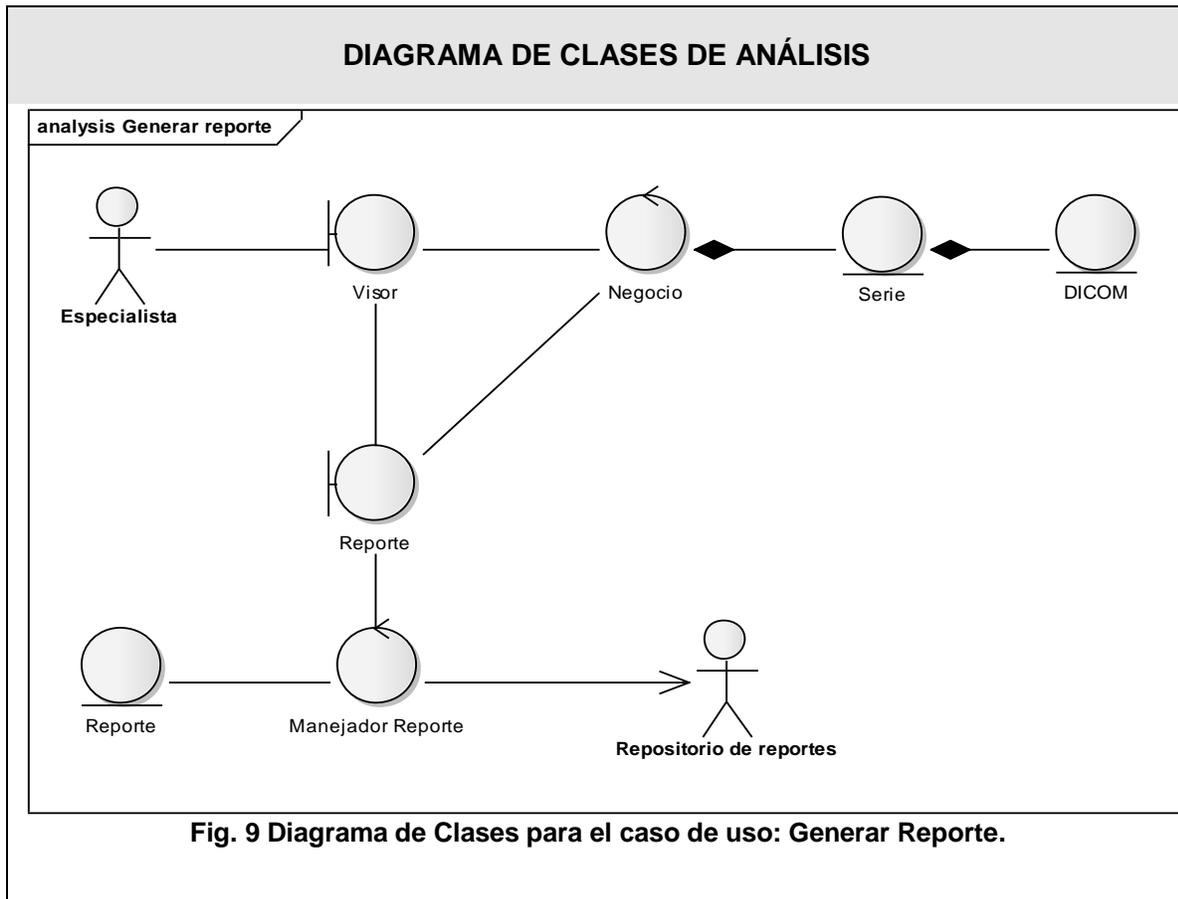
El lenguaje utilizado en el análisis se basa en un modelo de objetos, llamado *modelo de análisis*, el que cuenta con clases que ayudan a definir las partes internas del sistema. Estas clases interactúan entre sí, para realizar cada una de las funcionalidades necesarias. En resumen, el modelo de análisis ayuda a estructurar y refinar los requisitos, además de brindar una vista interna del sistema.

Debido a la utilidad del análisis, se ha realizado el mismo, para la construcción del sistema propuesto, refinando cada uno de los requisitos y modelando la realización de casos de uso mediante las clases de análisis encontradas.

La Fig. 8 muestra los diagramas de clases realizados a los casos de uso Visualizar Imagen, Aplicar Filtros sobre Imagen, Realizar mediciones sobre la imagen y Referencias múltiples. Básicamente, el especialista interactúa con el visor (clase interfaz) para solicitar una funcionalidad determinada. Posteriormente la clase Negocio (clase controladora) gestiona las acciones solicitadas sobre las clases serie (clase entidad) y DICOM (clase entidad) y muestra los resultados.



La Fig. 9 muestra el diagrama el diagrama de clases realizado para el caso de uso gestionar reporte. El especialista solicita al visor (clase interface) que se muestre la interface reporte, la que le brinda distintas opciones para la realización del reporte. El especialista puede también enviar el reporte al repositorio.



3.2. Diseño del Sistema

En el diseño se modela el sistema, para que soporte todo los requisitos –incluyendo los requisitos no funcionales y otras restricciones– y adquiera una arquitectura sólida, robusta y flexible. El propósito concreto del diseño es especificar la forma y comportamiento del sistema desde una vista menos abstracta que el análisis, es decir, centrándose en una implementación concreta que debe tomar en cuenta los lenguajes de programación, componentes reutilizables, sistemas operativos, tecnologías de distribución y concurrencia, etc.

3.2.1. Diagrama de Clases

Los diagramas de clases son usados para mostrar las clases y paquetes que conforman el sistema. Estos –diagramas de clases– brindan una vista estática de los elementos lógicos que componen un sistema y sus relaciones. Las clases que participan en la realización de cada uno de los casos de la primera iteración se muestran en los diagramas de clases del ANEXO 2: DIAGRAMA DE CLASES DEL DISEÑO.

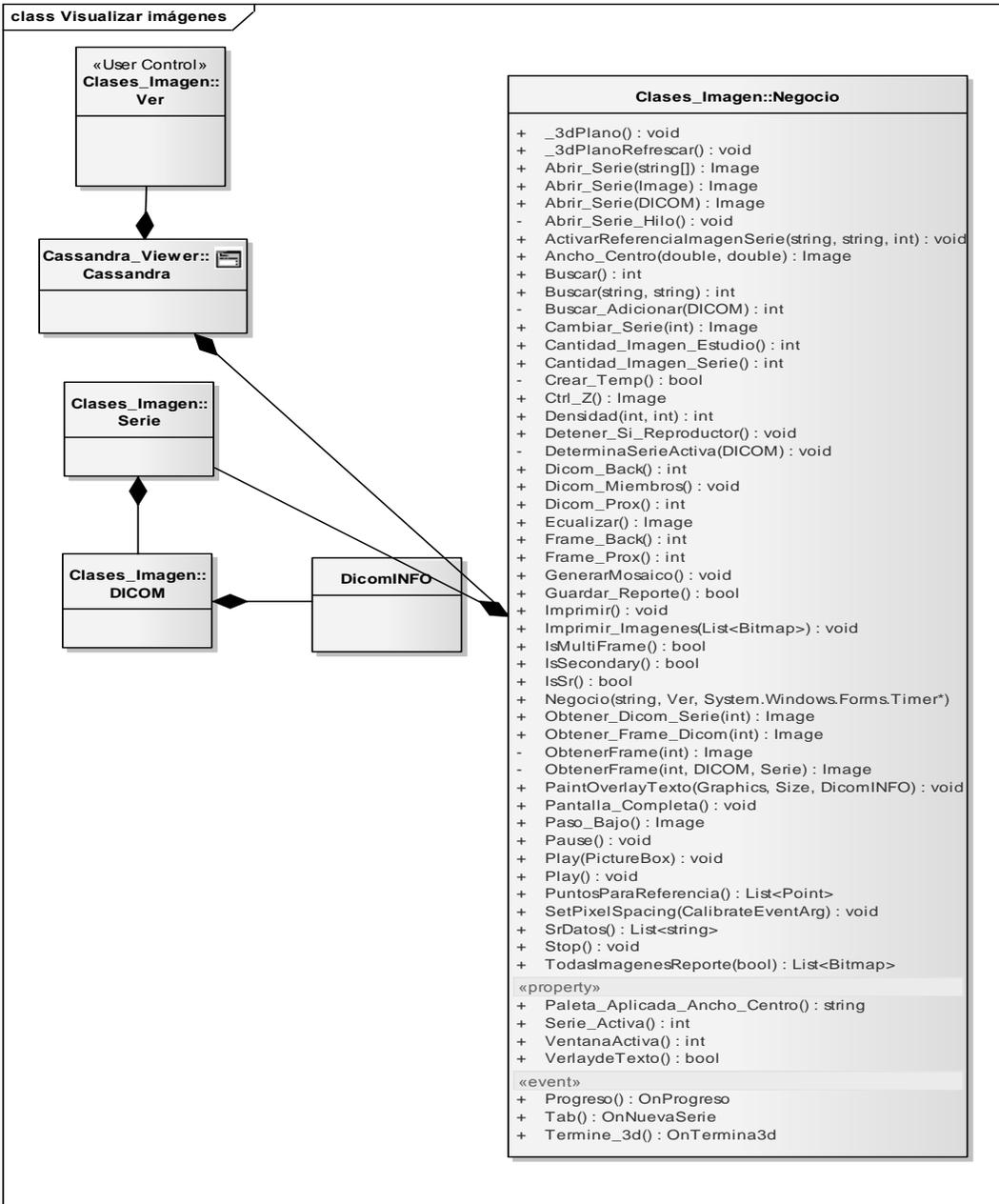
3.2.2. Diagramas de interacción

Dentro de los artefactos que define el diseño para alcanzar sus objetivos se encuentra los diagramas de interacción. Estos especifican la secuencia de acciones que deben llevarse a cabo, entre los objetos que conforman el sistema, para realizar un caso de uso.

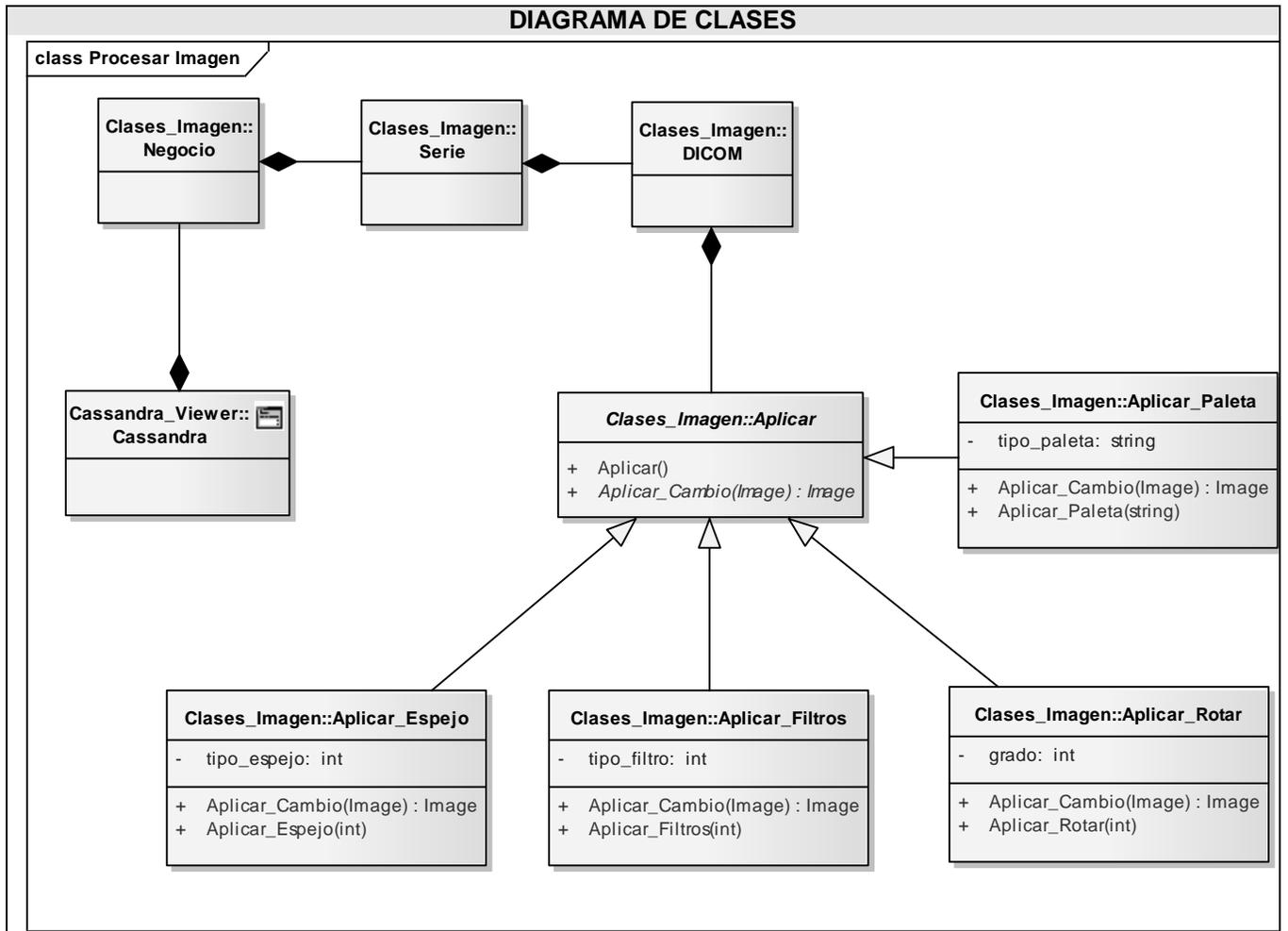
CON EL OBJETIVO DE COMPRENDER COMO SE RELACIONAN LOS DISTINTOS COMPONENTES QUE CONFORMAN EL SISTEMA, SE DECIDE INCLUIR LOS DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN DEL DISEÑO EN ESTA INVESTIGACIÓN, LOS QUE SE MUESTRAN EN EL ANEXO 2: DIAGRAMA DE CLASES DEL DISEÑO

2.1. Diagrama de Clases: Visualizar Imagen

DIAGRAMA DE CLASES



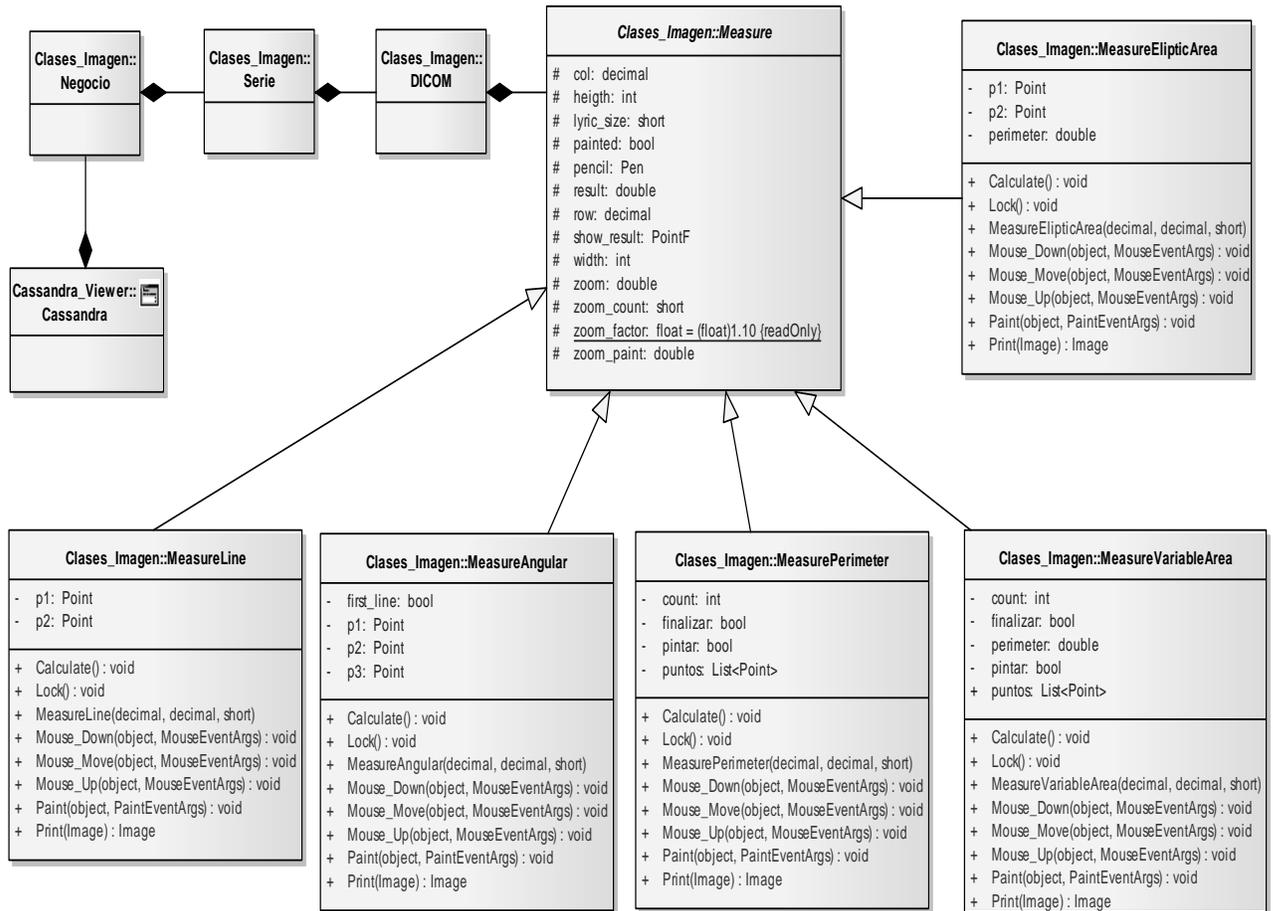
2.2. Diagrama de Clases: Aplicar Filtros sobre Imagen



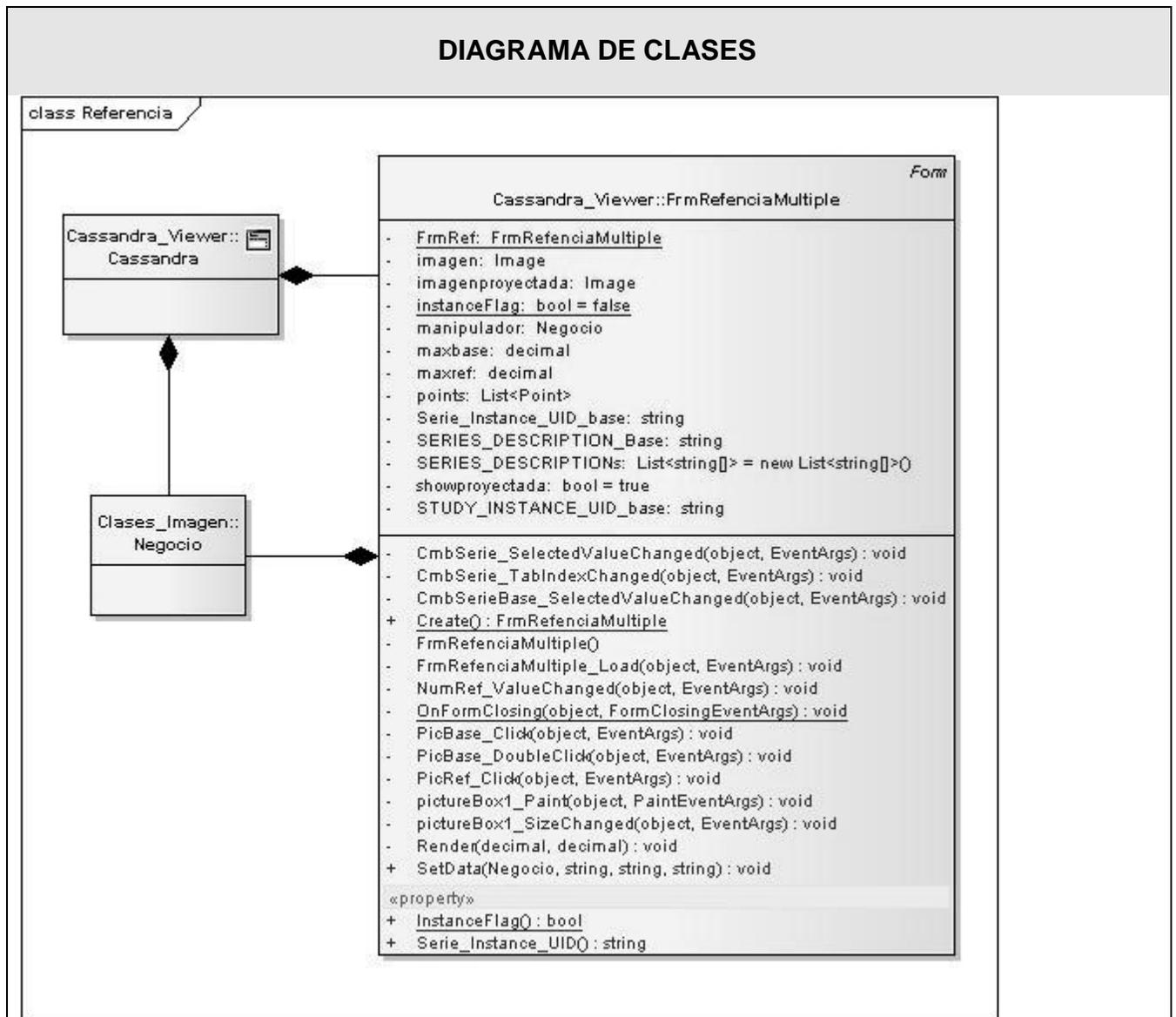
2.3. Diagrama de Clases: Realizar mediciones sobre la imagen

DIAGRAMA DE CLASES

class Medir

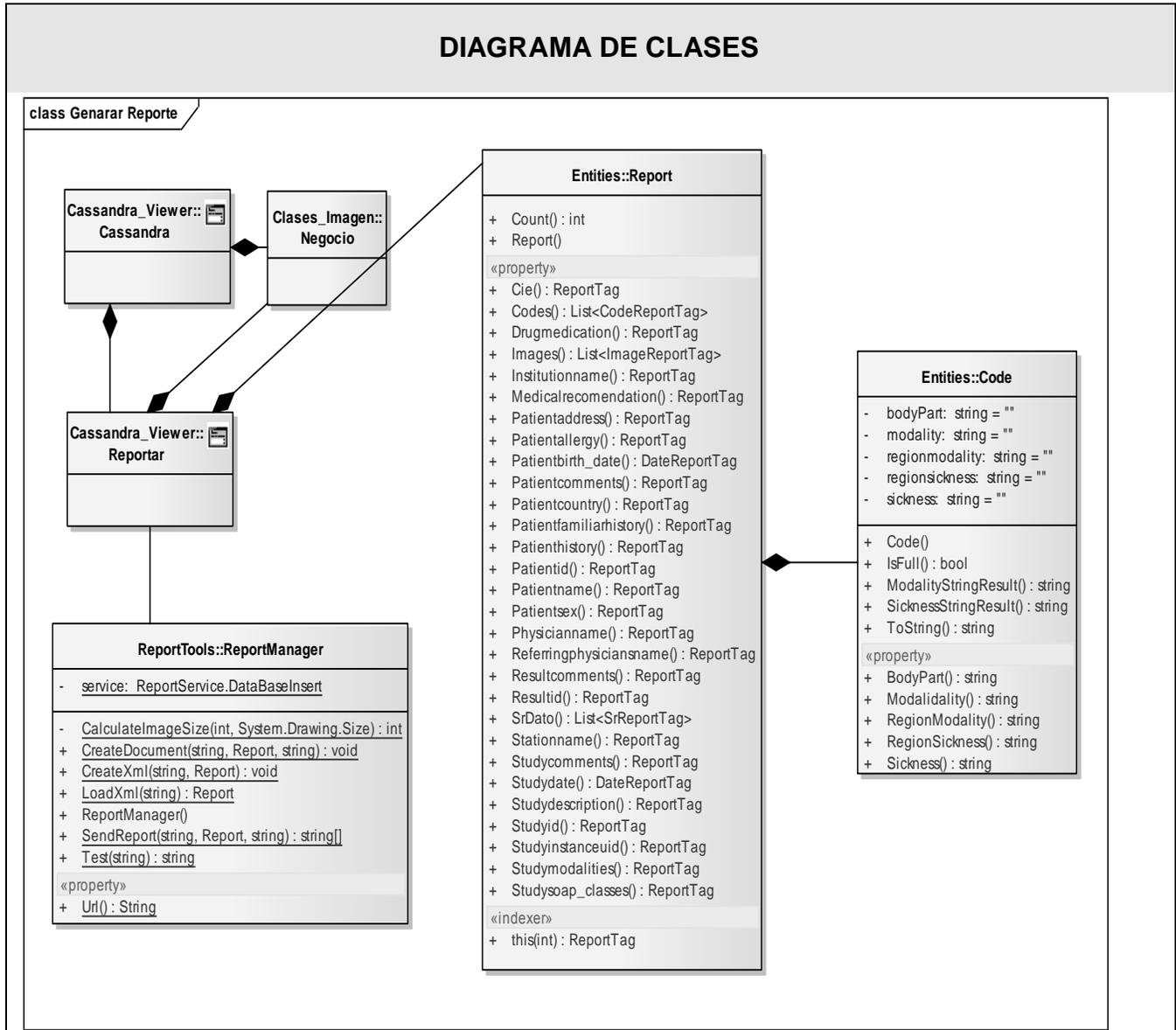


2.4. Diagrama de Clases: Referencias múltiples



2.5. Diagrama de Clases: Generar Reporte

DIAGRAMA DE CLASES



. En estos se puede observar cómo se desarrollan el flujo de eventos, para realizar un determinado caso de uso.

3.2.3. Especificación de las clases de diseño

Las clases son los elementos estructurales básicos que conforman el resto de los artefactos propuestos para el diseño, por lo que se hace necesario conocer sus especificidades.

En el **ERROR! REFERENCE SOURCE NOT FOUND.** se muestran cada una de las clases relevantes para el diseño y la definición de cada uno de sus métodos y propiedades con una breve descripción.

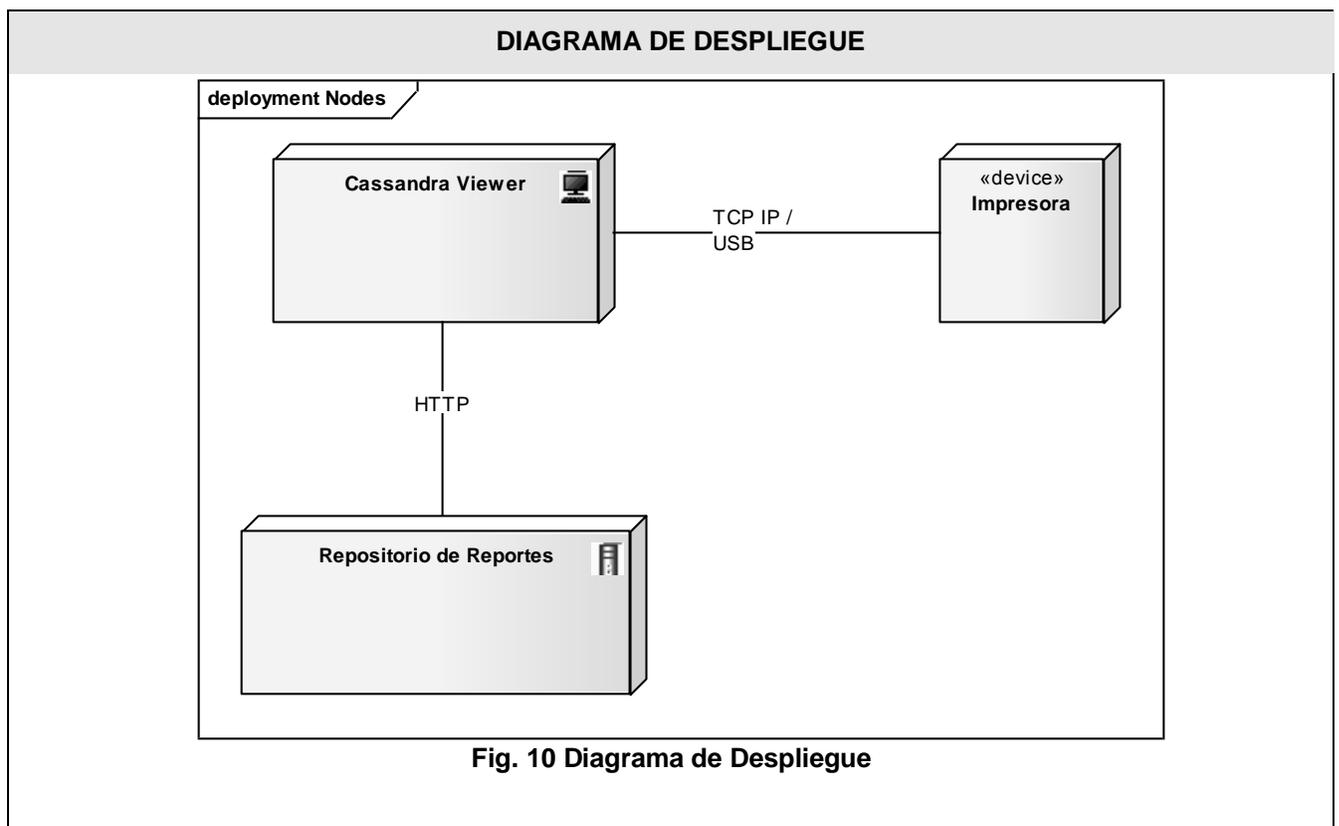
En este capítulo se ha brindado una panorámica general del Análisis y Diseño del sistema propuesto. Se comenzó por el refinamiento de los requerimientos encontrados en el capítulo anterior, con el objetivo de formalizarlos y lograr una primera vista interna del sistema de fácil comprensión por parte de los desarrolladores. Posteriormente se realizaron las actividades de diseño, donde se modelaron las clases que componen el sistema, sus relaciones y su interacción para realizar los casos de uso de la primera iteración.

CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN

El presente capítulo cubre el flujo de implementación realizado para la primera iteración del sistema propuesto. El resultado principal de la implementación, es la obtención de componentes, dentro de los que se incluyen ficheros y ejecutables, y sus dependencias. Además, este flujo especifica cómo van a estar desplegadas físicamente las distintas partes del sistema y mediante que protocolos se comunicarán.

4.1. Diagrama de Despliegue

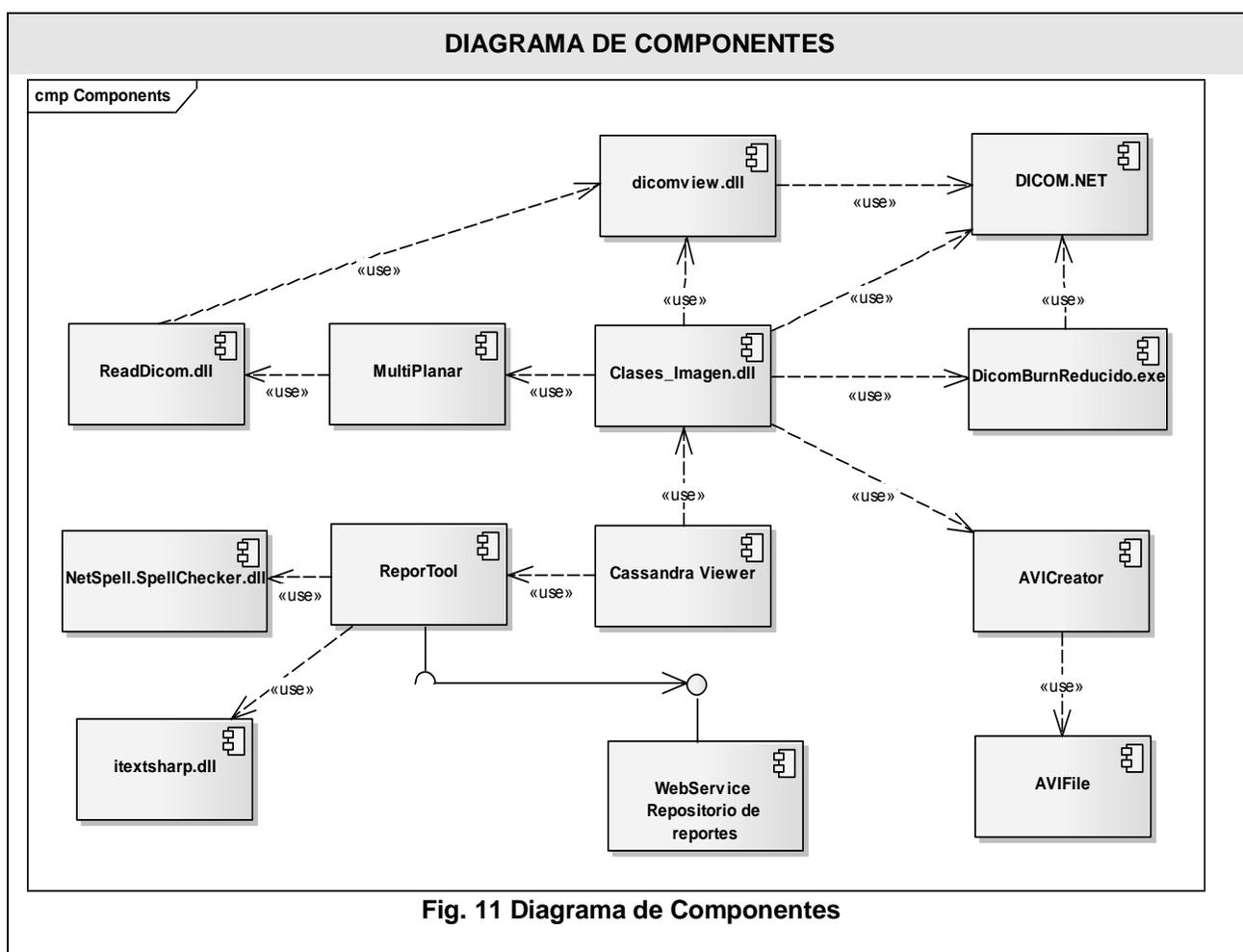
El diagrama de despliegue, véase *Fig. 10*, muestra la distribución física de la solución propuesta. Este diagrama está formado por procesadores y dispositivos, que se representan mediante nodos y por conexiones que los enlazan. En el caso específico de la *Fig. 10* se pueden identificar los nodos: Cassandra Viewer (visor de imágenes); Impresora (para la copia en papel de reportes e imágenes) y Repositorio de Reportes (para el almacenamiento de los reportes generados por los especialistas).



4.2. Diagrama de Componentes

Un componente representa una parte física del sistema, por ejemplo, una librería, un ejecutable, una tabla, etc., que engloba la implementación de un grupo de clases del diseño. Cada componente define una interface que describe su funcionalidad y forma de empleo. Los componentes bien diseñados no deben depender directamente de otros, sino de las interfaces que soporta, para de esta forma facilitar el encapsulamiento.

El diagrama de componentes, véase *Fig. 11*, permite conocer a los desarrolladores y clientes la estructura física que tiene el sistema y como se relacionan sus partes.



En este capítulo se realizaron los diagramas de componentes y despliegue correspondientes al flujo de trabajo **Implementación**. Estos modelos especifican tanto la distribución física como la estructura de los componentes implementados para la aplicación desarrollada.

CONCLUSIONES

La realización de la presente investigación ha permitido el desarrollo de un sistema capaz de visualizar y procesar correctamente las imágenes médicas DICOM 3.0 compatible, generadas por los equipos médicos existentes en el país. Cassandra Viewer es una solución que brinda a los especialistas la posibilidad de realizar el diagnóstico y análisis de los estudios radiológicos, utilizando un variado grupo de herramientas para el tratamiento de imágenes.

Concretamente, Cassandra Viewer permite:

- Visualizar imágenes médicas de distintas modalidades, lográndose la utilización del sistema en distintas especialidades como Oftalmología, Cardiografía, entre otras.
- Aplicar transformaciones sobre imágenes médicas con el objetivo de mejorar su calidad para un diagnóstico más acertado y seguro.
- Generar, imprimir y almacenar los reportes de los distintos casos atendidos por los especialistas.
- Proveer a los especialistas de una herramienta cómoda y usable para su trabajo.

RECOMENDACIONES

Con el objetivo de brindar a los radiólogos un mejor sistema para la visualización y procesamiento de imágenes médicas, los autores recomiendan:

- Agregarle al sistema las funcionalidades propuestas para el segundo ciclo de desarrollo.
- Hacer un estudio detallado sobre la migración a plataformas libres.
- Se le brinde capacitación a los especialistas que van a interactuar con el sistema.
- Lograr una interacción con sistemas de información radiológicas (RIS) que se están desarrollando en nuestra universidad.
- Agregar herramientas basadas en la renderización 3D.
- Imprimir en impresoras DICOM compatibles.
- Aplicarle pruebas de calidad al sistema para verificar su correcto funcionamiento y pueda ser instalado en las instituciones que lo requieran.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- (Bidgood, 1997) Bidgood, Dean. The Journal of the American Medical Informatics Association. 1997. [Disponible en: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=61235>]
- (LEAD, 2003) LEAD, Technologies. LEAD Technologies. 2003. [Disponible en: <http://www.leadtools.com/SDK/Medical/DICOM/ltdc1.htm>]
- (NEMA, 2007) NEMA. DICOM Standard. Data Structures and Encoding. 2007.
- (MyDicom, 2006) MyDicom.FAQ. 2006. [Disponible en: <http://www.mydicom.net/SDKFAQ.aspx>]
- (Pérez, et al., 2000) Pérez, J.L. and Tejeiro, J. Sistemas de Comunicación y Gestión de Imágenes Médicas . 2000. [Disponible en: <http://www.imerdir.udc.es/pages/memoria.html/2007.Perez.et.al.Sistemas.de.comunicacion.y.Gestion..pdf>]
- (Osirix, 2007) Osirix Imaging Software. About. 2007. [Disponible en: <http://www.osirix-viewer.com/>]
- (Sparx, 2008) Sparx, Systems. Enterprise Architect. 2008. [Disponible en: <http://www.sparxsystems.com.ar/products/ea.html>]
- (Wikipedia, 2007) Wikipedia. Microsoft Visual Studio. 2007. [Disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio]
- (Wikipedia, 2007) Wikipedia. Proceso Unificado de Rational. 2007. [Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Proceso_Unificado_de_Rational]
- (Wikipedia, 2007) Wikipedia. UML. 2007. [Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/UML>]

BIBLIOGRAFÍA

Acharya, Tinku, y Ajoy K Ray. Image processing:Principles and applications. New Jersey: Wiley-Interscience, 2005.

Bidgood, Dean. The Journal of the American Medical Informatics Association.1997. [Disponible en: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=61235>]

BIOFÍSICA MÉDICA. Software Imagis. 2007.[Disponible en: <http://www.biofiscamedica.sld.cu/>]

Boggs, Wendy and Boggs, Michael. Mastering UML with Rational Rose 2002. s.l. : SYBEX, 2002.

BOOCH, GRADY JACOBSON and IVAR RUMBAUGH, JAMES. El lenguaje Unificado de Modelado. 2002.

Care, GE Health. AW Volume share. 2007. [Disponible en:

<http://www.gehealthcare.com/euen/advantage-workstation/products/aw-volume-share/index.html>]

Gonzalez, Rafael C, y Richard E Woods. Digital Image Processing. New Jersey: Prentice Hall, 2002.

GROUP, A.-G. Sitio de AGFA Corp, 2007. [Disponible en: <http://www.agfa.com/en/co/index.jsp>]

Hamilton, Kill and Miles, Russell. Learning UML 2.0. Sebastopol : O' Reilly, 2006.

Hernández Orallo, Enrique. El Lenguaje Unificado de Modelado (UML). 2002.

Huang, H.K. PACS, Basic Principles and Applications. New York : Wiley-Liss, 1999.

Jacobson, Ivar, Booch, Grady and Rumbaugh, James. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. s.l. : Addison Wesley, 1999.

LEAD, Technologies. LEAD Technologies.2003 [Disponible en:

<http://www.leadtools.com/SDK/Medical/DICOM/itdc1.htm>]

NEMA. DICOM Standar, Introduction and Overview. 2007.
— . DICOM Standard, Conformance. 2007.
— . DICOM Standard, Information Objects Definitions. 2007.
— . DICOM Standard. Data Dictionary. 2007.
— . DICOM Standard. Data Structures and Encoding. 2007.
— . DICOM Standard. Service Class Specifications. 2007.

MyDicom.SDK FAQ. 2006. [Disponible en: <http://www.mydicom.net/SDKFAQ.aspx>]

Osirix Imaging Software. About. 2007.[Disponible en: <http://www.osirix-viewer.com/>.]

Pérez, J.L. and Tejeiro, J.. Sistemas de Comunicación y Gestión de Imágenes Médicas .2000. [Disponible en:
<http://www.imedir.udc.es/pages/memoria.html/2007.Perez.et.al.Sistemas.de.comunicacion.y.Gestion..pdf>]

Ronda, D., Ferrer, O. and Alvarez, N. A.. Imagis: Sistema para la Transmisión de Imágenes Médicas Multimodales. Ciudad de La Habana : s.n., 2001.

Russ, John C. The image processing handbook. Materials Science and Engineering Department North Carolina State University Raleigh, North Carolina. 1998.

Schmuller, Joseph. Aprendiendo UML en 24 Horas. México : Pearson Education, 2000.

Sparx, Systems. Enterprise Architect. 2008.[Disponible en:
<http://www.sparxsystems.com.ar/products/ea.html>.]

Visual Studio 2005 Team Suite. MSDN. 2007.[Disponible en: <http://msdn2.microsoft.com/en-us/teamssystem/aa718822.aspx>.]

Wikipedia. Microsoft Visual Studio. 2007. [Disponible en:
http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio.]

—. Proceso Unificado de Rational. 2007.[Disponible en:
http://es.wikipedia.org/wiki/Proceso_Unificado_de_Rational]

—. UML. 2007.[Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/UML>]

ANEXO 1: CASOS DE USO EXPANDIDOS

Caso de uso	
CU - 1	Visualizar imágenes
Propósito	Visualizar una o una serie imágenes compatibles con el estándar DICOM v3.0, así como mostrar la información almacenada en el metadata de las imágenes DICOM.
Actores: Especialista (Inicia).	
Resumen: El especialista escoge la(s) imagen(es) que desea visualizar, y a continuación se muestra(n), además de la información del metada de cada imagen. Por otra parte el sistema le da la posibilidad de navegar por las imágenes en caso de que el DICOM sea multiframe.	
Referencias	RF1.1, RF1.2, RF1.3, RF1.4, RF1.5, RF1.6, RF1.7, RF1.8, RF1.9
Acción del actor	Respuesta del sistema
1. Este caso de uso comienza cuando el especialista escoge la(s) imagen(es) que desea visualizar. Estas imágenes están almacenadas localmente en la maquina.	2. El sistema visualiza la(s) imagen(es) y en la parte derecha de la pantalla principal las miniaturas correspondientes a esa imagen(es).
	3. El sistema le da la facilidad de mostrar la información del metadata, de navegar por las series de imágenes y mostrarlas en forma de mosaico. En caso de que las imágenes sean multiframe se puede reproducir utilizando los botones del reproductor que aparece en la parte inferior. Termina el caso de uso.

Caso de uso	
CU - 2	Generar reporte
Propósito	Generar un reporte con los resultados del diagnostico del paciente
Actores: Especialista (Inicia).	
Resumen: El especialista edita todos sus campos para el reporte, los del paciente, los del estudio y los datos generales, y/o escoge la(s) imagen(es) que necesita para imprimir y utiliza el codificar internacional para la enfermedad y la modalidad. Una vez generado el reporte puede ser impreso en un documento o enviado a un repositorio central de reportes.	
Referencias	RF2.1, RF2.2, RF2.3, RF2.4
Acción del actor	Respuesta del sistema
1. Este caso de uso comienza cuando el especialista decide emitir un reporte.	2. El sistema muestra la interfaz para editar el reporte. La misma ofrece la posibilidad de: <ul style="list-style-type: none"> – Imprimir el reporte. – Imprimir las imágenes. – Enviar a un repositorio central de reporte.
3. El especialista selecciona las imágenes que desea reportar, edita los campos necesarios para generar el reporte así como los datos del paciente y del estudio.	4. El sistema crea el reporte.
5. Escoge enviar a un repositorio central de reporte.	6. El sistema verifica si está disponible, en caso de estar disponible, envía el reporte, de lo contrario. Se crea un XML local para enviarlo luego.
Flujo alternativo: Imprimir Reporte	
Acción del Actor	Respuesta del Actor
5. Imprimir el reporte.	6. Levanta un documento listo para la

	impresión con la información del reporte y las imágenes asociadas.
Flujo alternativo: Imprimir imágenes	
Acción del Actor	Respuesta del Actor
5. Imprimir las imágenes.	6. Levanta un documento listo para la impresión con las imágenes asociadas.

Caso de uso	
CU - 3	Rotar imagen
Propósito	El especialista puede Rotar las imágenes para lograr ver la imagen desde un ángulo que quiera.
Actores: Especialista (Inicia).	
Resumen: El especialista selecciona la imagen que desea transformar, selecciona el ángulo, el sistema muestra la imagen resultante.	
Referencias	RF3.1
Acción del actor	Respuesta del sistema
1. Este caso de uso comienza cuando el especialista escoge la imagen a la que se quiere realizar la transformación.	2. El sistema muestra la imagen seleccionada. Da la posibilidad de seleccionar el ángulo de rotación.
3. Selecciona un ángulo 90, 180, 270.	4. El sistema muestra la imagen después de ser rotada. Termina el caso de uso.

Caso de uso	
CU - 4	Aplicar Espejo sobre Imagen

Propósito	El especialista puede aplicarle dos tipos de espejo a la imagen, con respecto a la horizontal y con respecto a la vertical.	
Actores:	Especialista (Inicia).	
Resumen:	El especialista selecciona la imagen que desea modificar, selecciona respecto a que eje, el sistema muestra la imagen modificada.	
Referencias	RF3.3	
Acción del actor	Respuesta del sistema	
1. Este caso de uso comienza cuando el especialista escoge la imagen a la que se quiere realizar la modificación.	2. El sistema muestra la imagen seleccionada. Da la posibilidad de seleccionar el eje (Vertical, Horizontal).	
3. Selecciona el eje deseado.	4. El sistema muestra la imagen después de ser modificada. Termina el caso de uso.	

Caso de uso		
CU - 5	Aplicar Zoom sobre Imagen	
Propósito	El especialista puede ampliar la imagen y disminuirla a conveniencia, ya sea a toda la imagen o una región específica utilizando una lupa, en esta última forma el cursor toma forma rectangular ampliando la parte imagen por donde esté pasando el cursor.	
Actores:	Especialista (Inicia).	
Resumen:	El especialista puede ampliar la imagen y disminuirla a conveniencia, ya sea a toda la imagen o una región específica utilizando una lupa, en esta última forma el cursor toma forma rectangular ampliando la parte imagen por donde esté pasando el cursor.	

Referencias	RF 3.2, RF 3.3, RF 3.4	
Acción del actor	Respuesta del sistema	
1. Este caso de uso comienza cuando el especialista escoge la imagen a la que se quiere realizar la transformación.	2. El sistema muestra la imagen seleccionada. Da la posibilidad de seleccionar el tipo de zoom. - Zoom In - Zoom Out - Lupa	
3. Selecciona el tipo deseado y procede a dar clic en la región de interés.	4. El sistema muestra la imagen más grande o más pequeña según selección. Termina el caso de uso.	

Caso de uso		
CU - 6	Aplicar filtros sobre la imagen.	
Propósito	Realizar transformaciones a las imágenes con el objetivo de buscar una mayor calidad de visualización de la imagen procesada.	
Actores: Especialista (Inicia).		
Resumen: El especialista selecciona la imagen que desea transformar, selecciona el tipo de filtro, el sistema muestra la imagen que queda como resultado de aplicarle el filtro.		
Referencias	RF 4.1, RF 4.2, RF 4.3, RF 4.4, RF 4.5, RF 4.6, RF 4.7, RF 4.8, RF 4.9	
Acción del actor	Respuesta del sistema	
1. Este caso de uso comienza cuando el especialista escoge la imagen a la que se quiere realizar la	2. El sistema muestra la imagen seleccionada. Da la posibilidad de seleccionar el tipo de filtro a aplicar mediante un menú con los siguientes filtros:	

transformación.	<ul style="list-style-type: none"> - Brillo/Contraste - Invertir - Escala de gris - Suavizado - Paletas - Ecuilizar - Por paso alto (suave o fuerte) y paso bajo.
3. Selecciona el tipo de filtro, de seleccionar Brillo/Contraste se ejecuta 5	4. El sistema muestra la imagen después de ser transformada por el filtro. Termina el caso de uso.
Flujo alternativo: Aplicar brillo y contraste	
Acción del actor	Respuesta del sistema
5. El especialista selecciona una de las variantes y ajusta el ancho y centro a su preferencia. Pasa al evento 4.	6. El sistema ofrece dos formas de aplicar brillo y contraste que son las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> - Mediante una ventana donde se define el ancho y centro. - Realizando movimientos horizontales (ancho) y verticales (centro) sobre la imagen con el clic derecho presionando.

Caso de uso	
CU - 7	Realizar mediciones sobre la imagen
Propósito	El especialista puede realizar diferentes tipos mediciones sobre la imagen, de esta forma puede saber la distancia que hay entre dos puntos o a través de una trayectoria cuales quiera además puede calcular el área y el perímetro de una región predefinida.

Actores: Especialista (Inicia).	
Resumen: El especialista selecciona la imagen sobre la que va a realizar la medición, escoge el tipo de medición, procede a ejecutar la medición, el sistema pinta la figura y resultados.	
Referencias	RF 5.1, RF 5.2, RF 5.3, RF 5.4, RF 5.5, RF 5.6
Acción del actor	Respuesta del sistema
1. Este caso de uso comienza cuando el especialista escoge un tipo de medición.	2. El sistema muestra la imagen seleccionada. Da la posibilidad de seleccionar el tipo de zoom. <ul style="list-style-type: none"> - Distancia. - Perímetro. - Ángulo. - Área Circular. - Área Rectangular. - Área Variable.
3. Selecciona el tipo deseado y procede a ejecutar los movimientos del mouse de acuerdo a la selección.	4. El sistema dibuja los gráficos que se hallan pintado sobre la imagen con el resultado de la medición.

Caso de uso	
CU - 8	Exportar imágenes a otros formatos
Propósito	Guardar la imagen en formatos clásicos (jpeg, bmp, tif) y en el caso que sea multiframe exportar a formato de video (AVI).
Actores:	

Especialista (Inicia).	
Resumen: El Especialista visualiza la imagen, selecciona exportar, Llena los datos necesarios de la dirección destino de almacenamiento, presiona salvar.	
Referencias	RF 6.1, RF 6.2
Acción del actor	Respuesta del sistema
1. Este Caso de Uso comienza cuando el especialista escoge la imagen que desea exportar.	2. El sistema muestra la imagen seleccionada.
3. El especialista selecciona exportar.	4. Da la posibilidad de seleccionar el formato al que quiere exportar: <ul style="list-style-type: none"> - Imagen - Serie - Video
5. Selecciona una opción (Imagen, serie).	6. Muestra un cuadro de dialogo para salvar.
7. La nombra y selecciona la extensión, dirección destino, presiona salvar.	8. Almacena la(s) imagen(s) en la dirección especificada. Termina el caso de uso.
Flujo alternativo: Selecciona Video	
Acción del actor	Respuesta del sistema
3. Selecciona la opción video.	4. Muestra un cuadro de dialogo para exportar video.
5. Selecciona la opción buscar dirección destino.	6. Muestra un cuadro de dialogo para salvar.
7. Le escribe un nombre, escoge una dirección y extensión.	8. Retorna al cuadro de dialogo exportar.
9. Selecciona si tendrá compresión.	10. El sistema muestra el estado en un cuadro

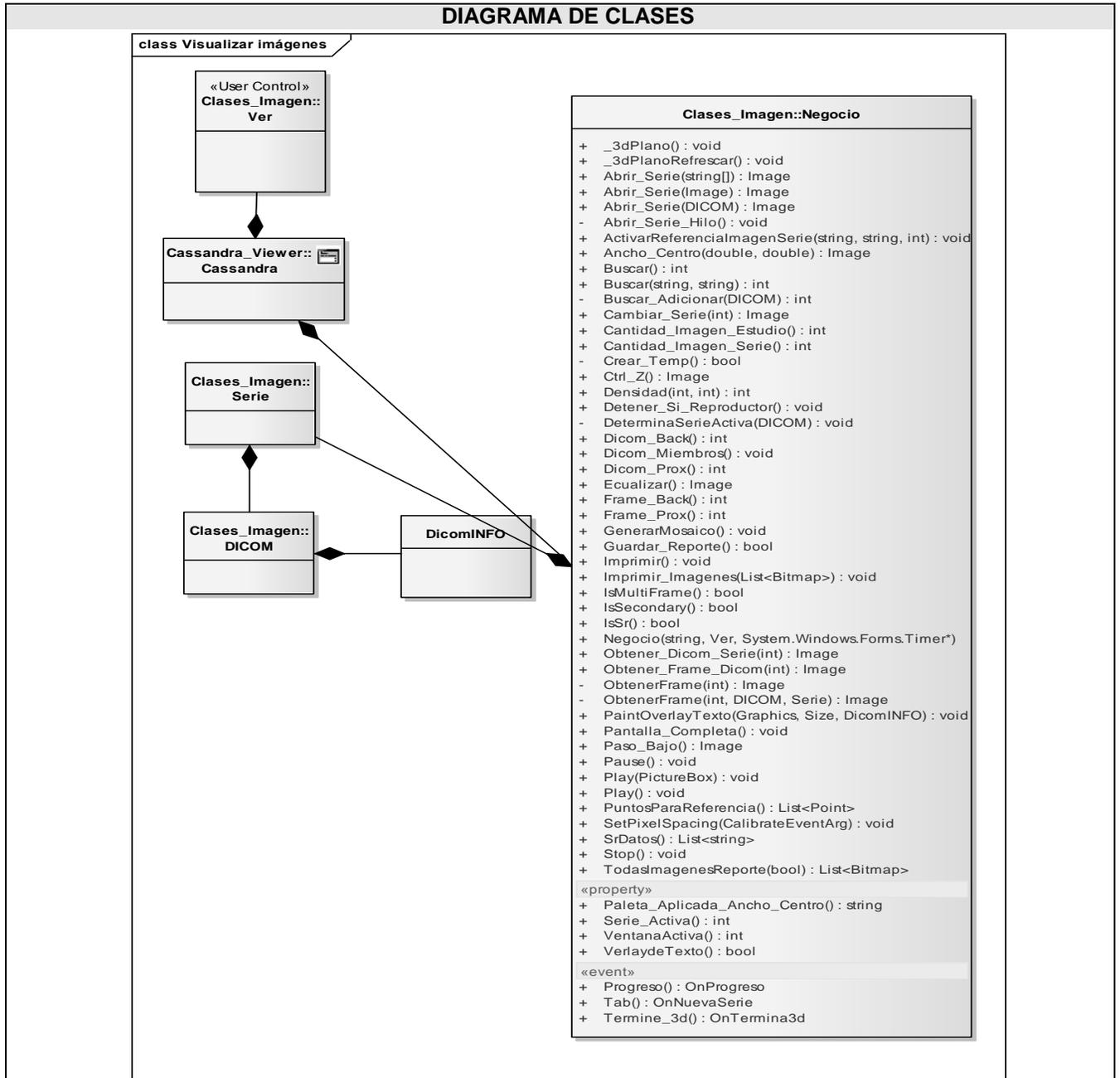
	de chequeo.
11. Elige exportar.	12. Guarda el video según los datos especificados en la dirección destino. Fin del caso de uso.

Caso de uso	
CU- 9	Guardar imagen DICOM anonimizada
Propósito	El especialista puede almacenar la imagen DICOM sin datos que puedan comprometer al paciente, institución hospitalaria otros datos identificativos.
Actores: Especialista (Inicia).	
Resumen: El Especialista visualiza la imagen luego selecciona anonimizar, Llena los datos de la dirección donde lo desea almacenar. Cliquea salvar.	
Referencias	RF 7.1
Acción del actor	Respuesta del sistema
1. Este Caso de Uso comienza cuando el Especialista escoge la imagen que desea anonimizar.	2. Muestra la imagen activa.
3. Selecciona anonimizar imagen.	4. El sistema muestra un cuadro de dialogo para salvar. Termina el caso de uso.
5. Selecciona dirección en destino, escribe el nombre para el fichero, presiona salvar.	6. Almacena la imagen en el destino.

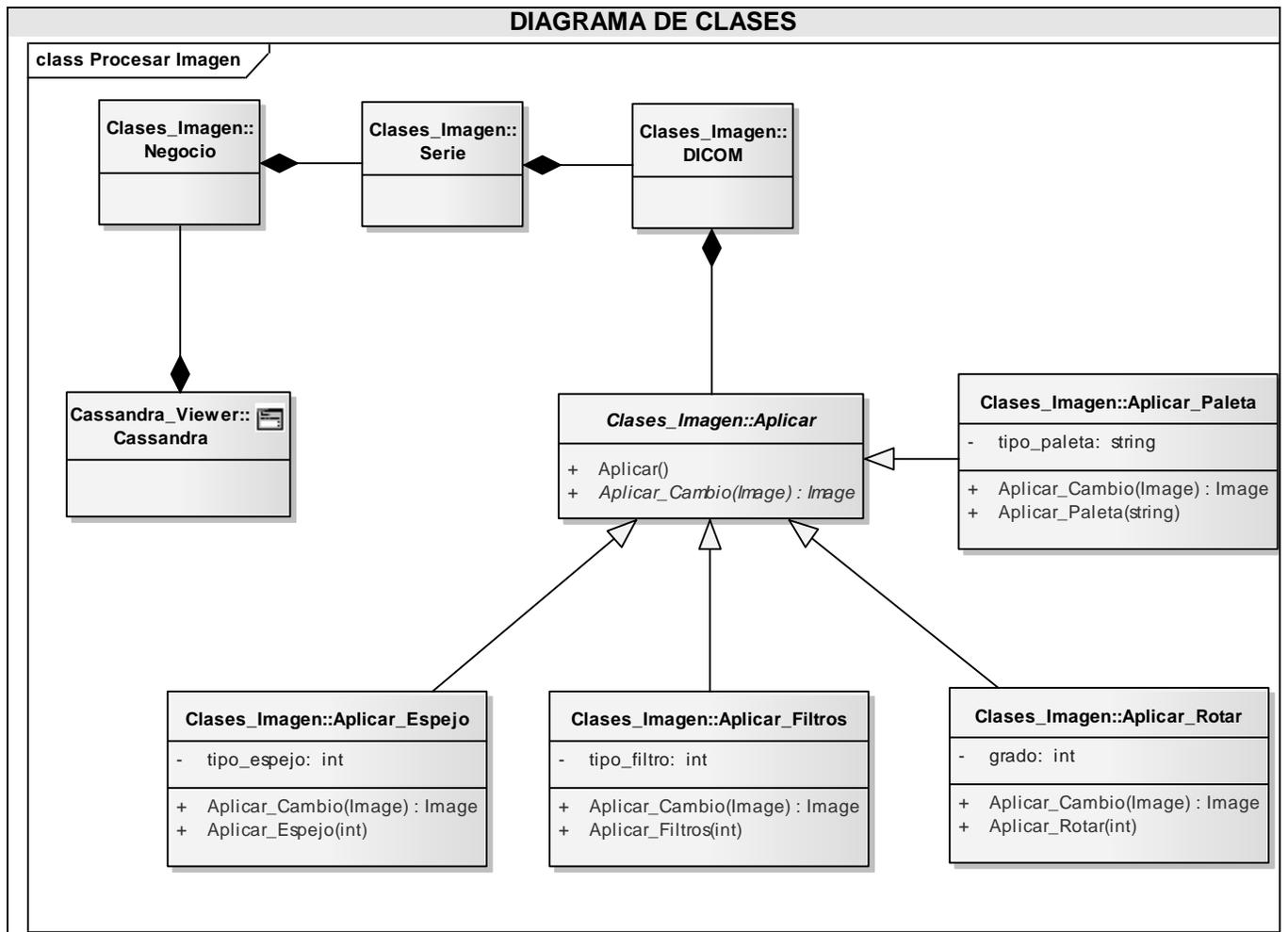
Caso de uso	
CU - 10	Referenciar imágenes.
Actores:	Radiólogo
Resumen:	Permite crear una referencia espacial proyectando cualquier imagen de una serie sobre otra imagen de una serie diferente, permitiendo de esta forma saber exactamente donde esta posicionada una imagen sobre la otra intersección de dos planos.
Referencia:	RF 1.4
CU asociados:	
Precondiciones:	
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
1. El caso de uso comienza cuando el actor escoge la serie de imágenes que quiere proyectar	2. Muestra la imagen activa de la serie selecta.
3. El actor escoge la opción referencia.	4. El sistema muestra la pantalla del visor de referencias.
5. Modifica que serie proyectar y cual serie es la base.	6. El sistema cambia las imágenes para las serie seleccionadas.
7. Navega por las imágenes de la serie activa.	8. El sistema pinta una línea sobre la imagen activa de la serie base, mostrando la posición de la imagen activa de la serie a proyectar.

ANEXO 2: DIAGRAMA DE CLASES DEL DISEÑO

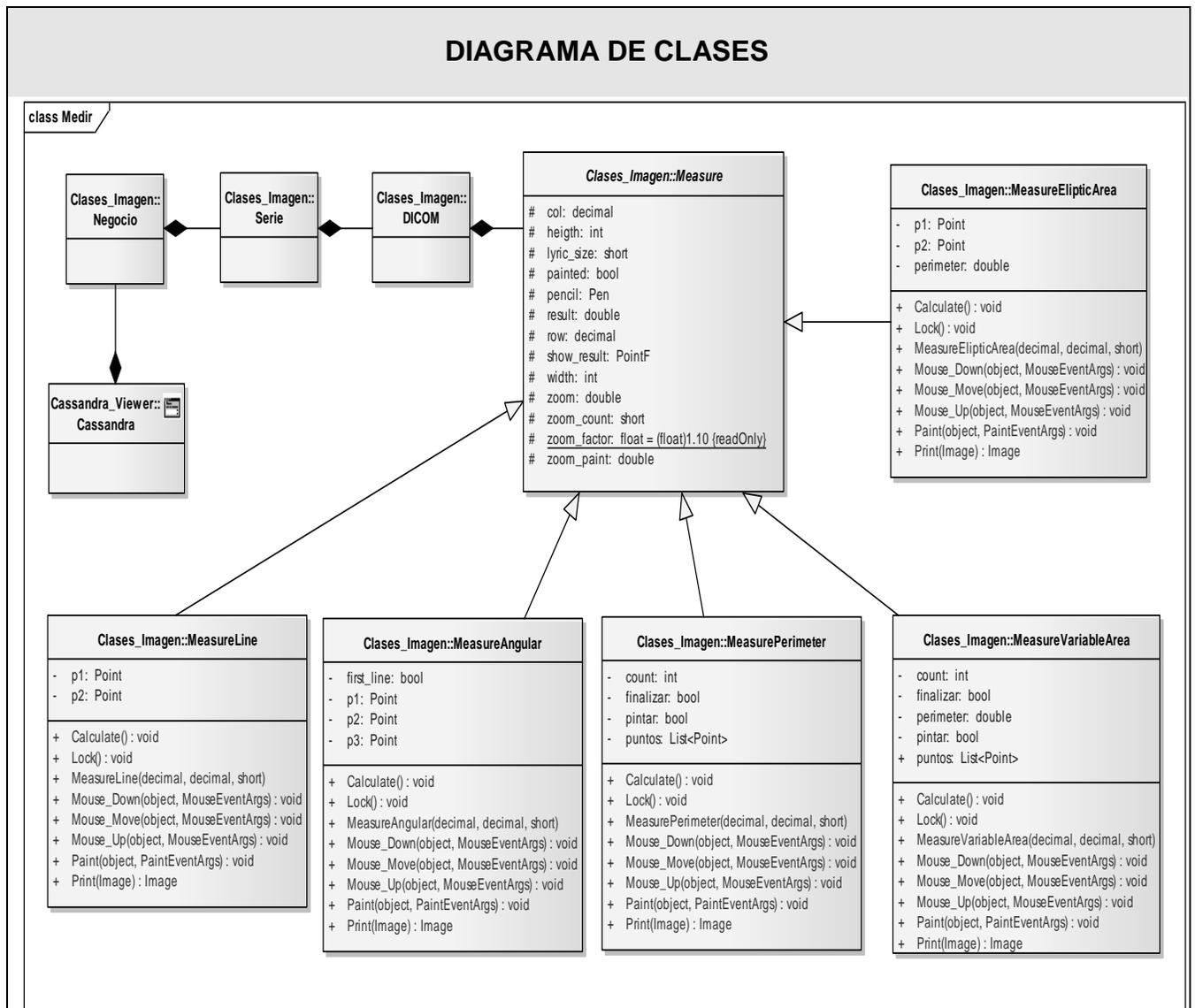
2.6. Diagrama de Clases: Visualizar Imagen



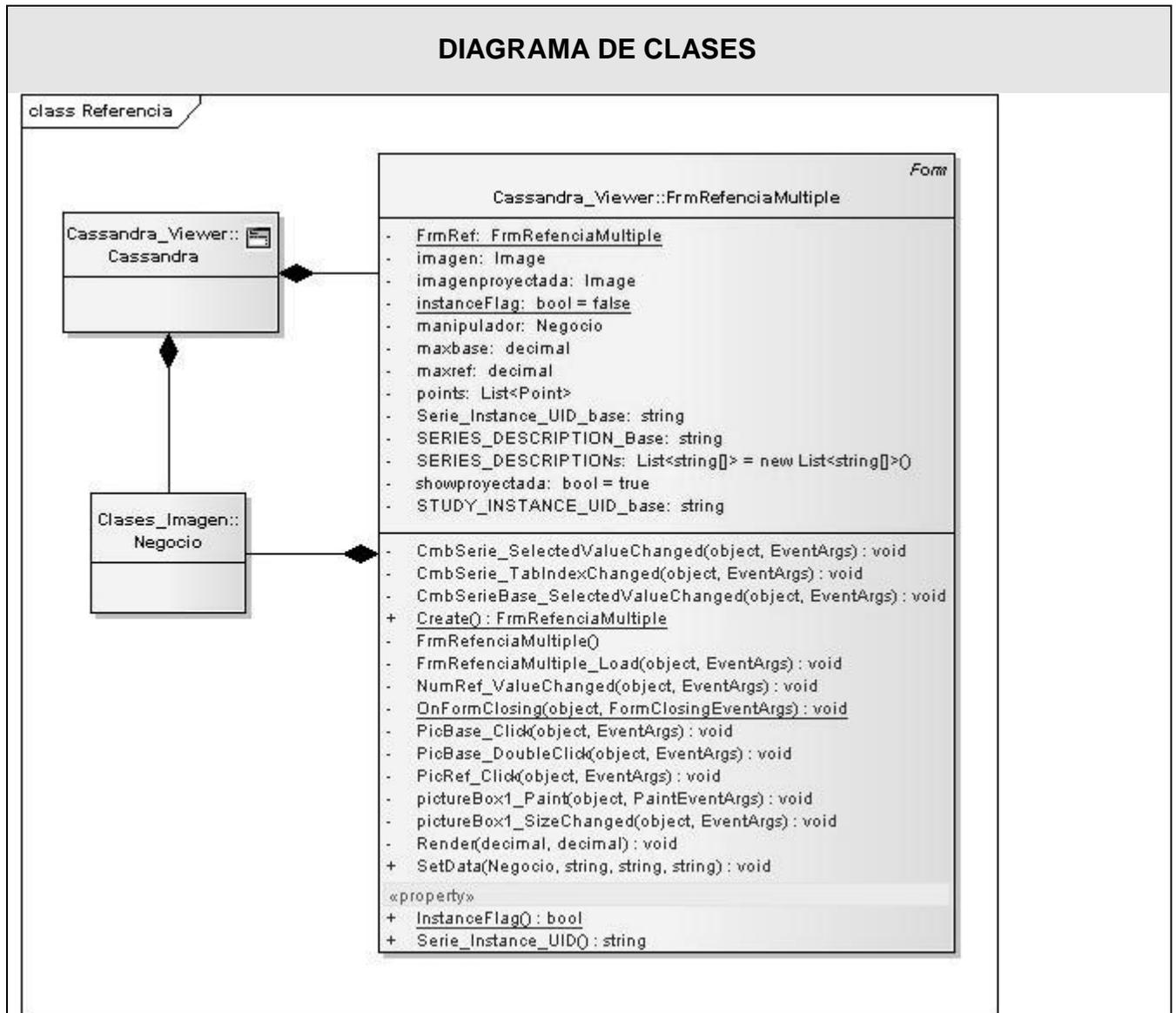
2.7. Diagrama de Clases: Aplicar Filtros sobre Imagen



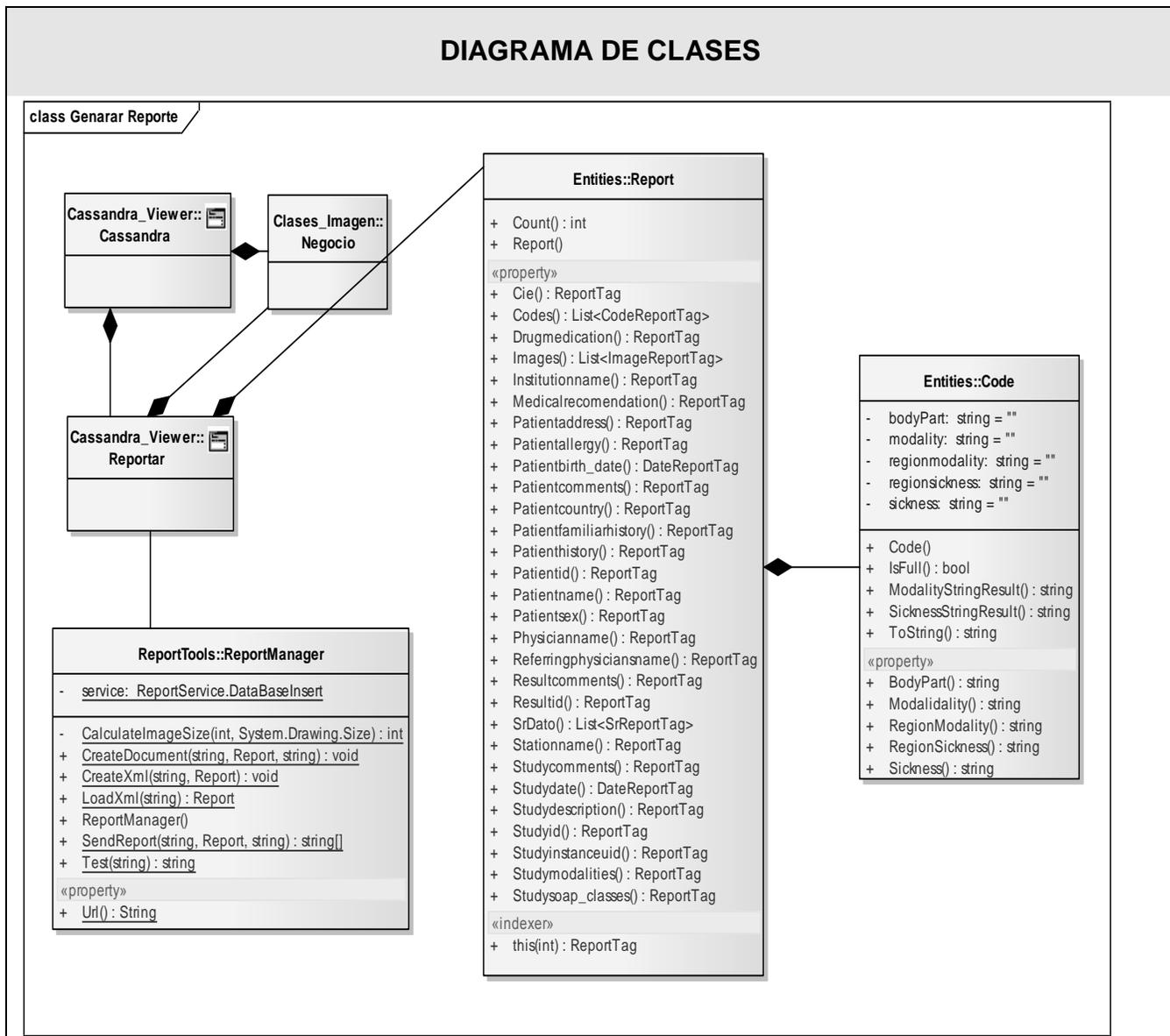
2.8. Diagrama de Clases: Realizar mediciones sobre la imagen



2.9. Diagrama de Clases: Referencias múltiples

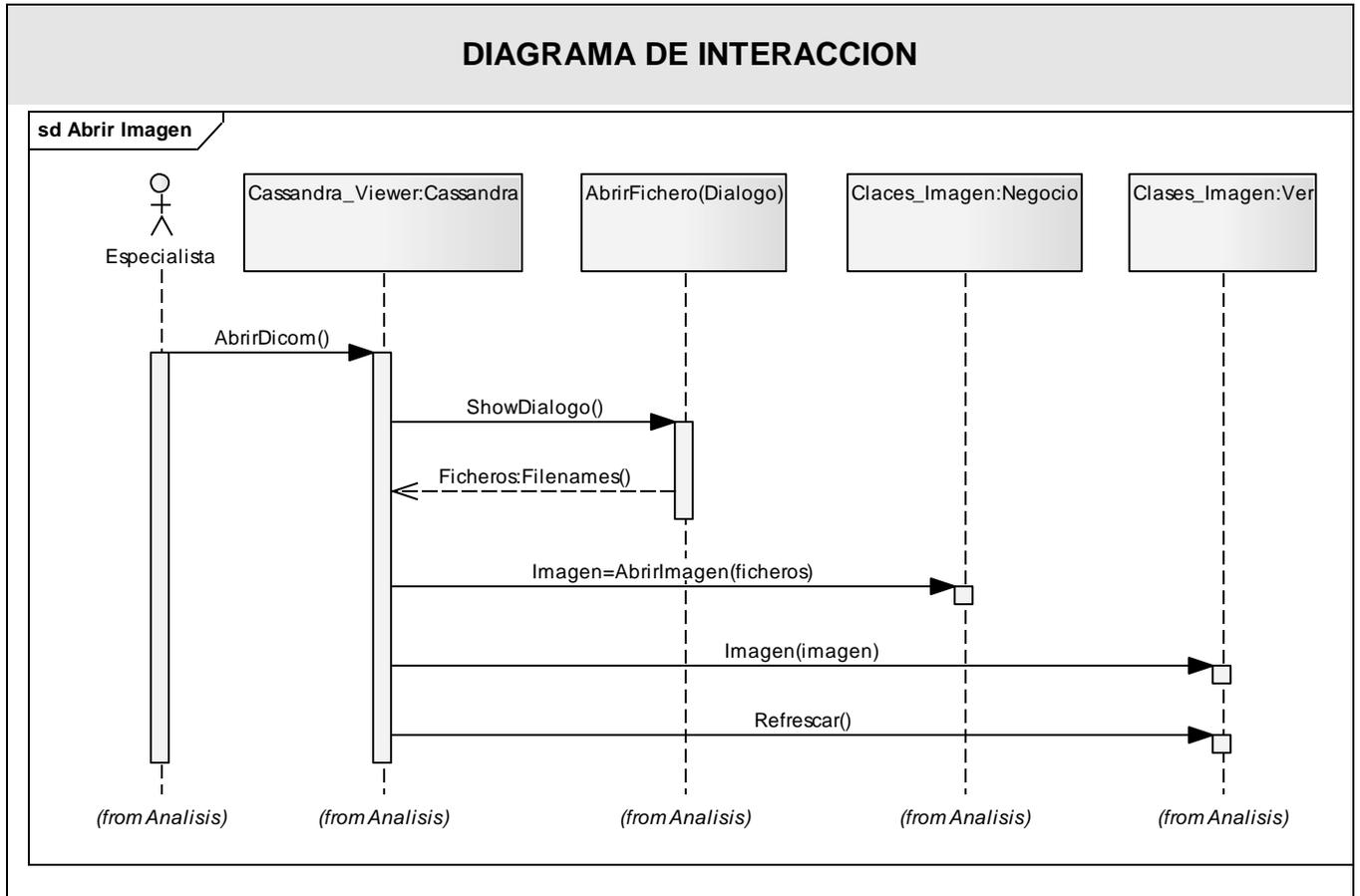


2.10. Diagrama de Clases: Generar Reporte

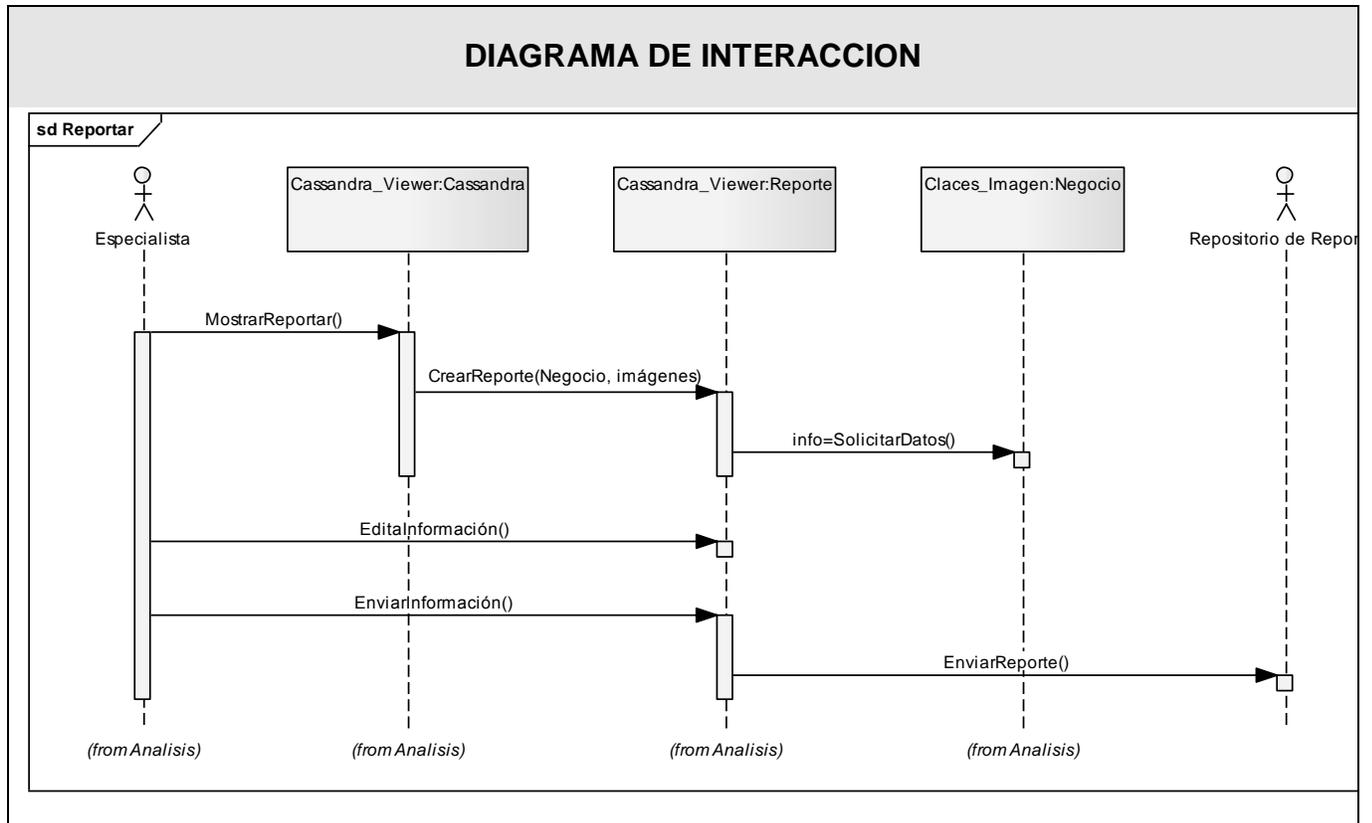


ANEXO 3: DIAGRAMAS DE SECUENCIA

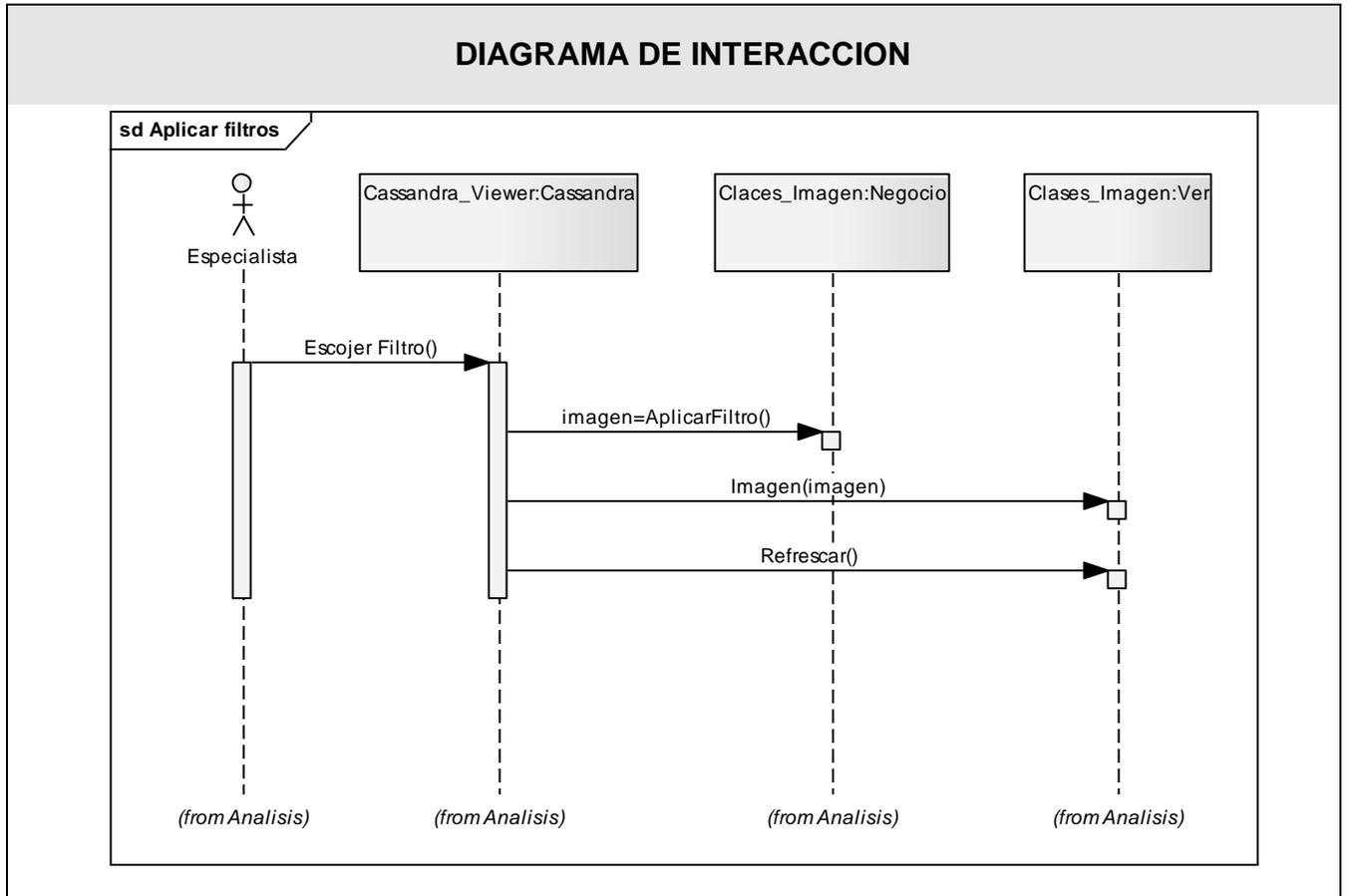
3.1. Diagrama de Interacción: Visualizar Imagen



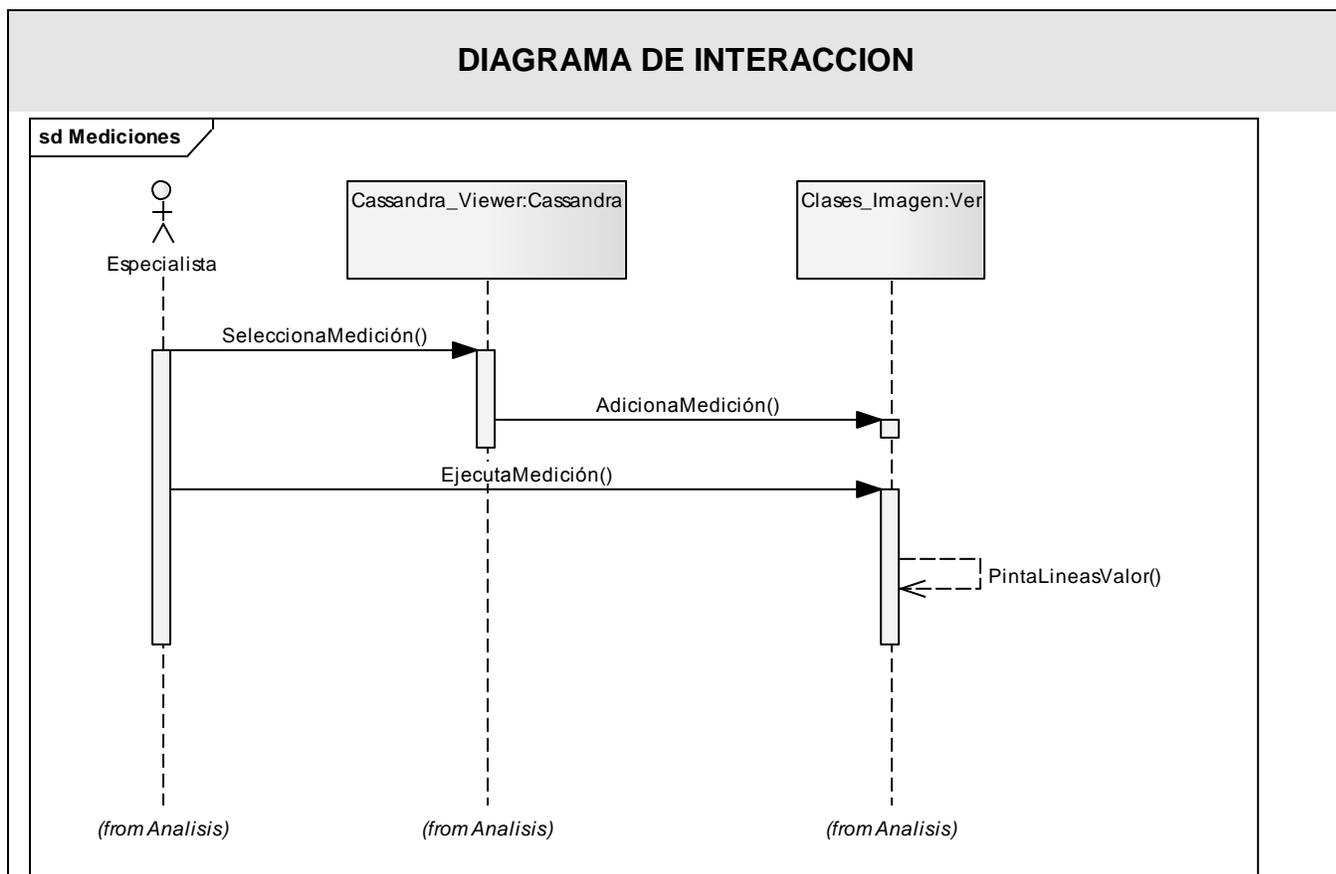
3.2. Diagrama de Interacción: Generar Reporte



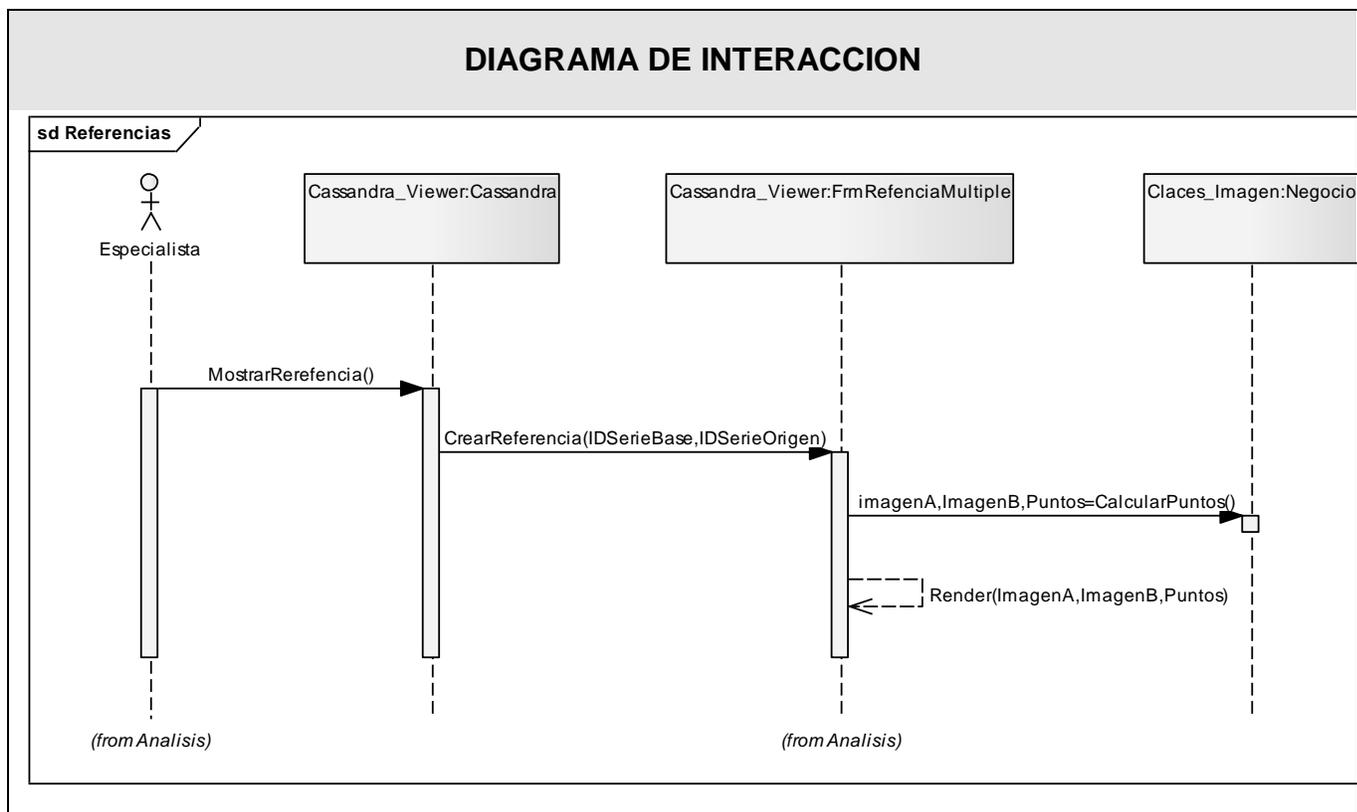
3.3. Diagrama de Interacción: Aplicar Filtros sobre Imagen



3.4. Diagrama de Interacción: Realizar mediciones sobre la imagen



3.5. Diagrama de Interacción: Referencias múltiples



ANEXO 4: ESPECIFICACIÓN DE LAS CLASES DE DISEÑO

Nombre: Serie	
Tipo de clase (interfaz, controladora, entidad): Entidad	
Atributo	Tipo
ancho	double
centro	double
ventanas	Double[]
Dicoms	List<DICOM>
memento	MementoSerie
Método	
Nombre	Descripción
AdicionarDicom	Adiciona Dicoms a una serie
Obtener_Dicom	Retoma una imagen de una serie dada su posición en la misma.
AplicarHistorial	Aplica las transformaciones aplicada a la serie a la imagen que entra por parámetros.
Historia	Retorna las aplicaciones aplicadas a la serie.
Ctrl_Z	Deshacer la última transformación.
GenerarMosaico	Inicia el proceso de creación de los mosaicos
Cantidad_Imagenes	Retorna la cantidad de imágenes que forman la serie.

Nombre: DICOM	
Tipo de clase (interfaz, controladora, entidad): Entidad	
Atributo	Tipo
information	DicomINFO
Leída	bool
image	dicomview.DImage

Método	
Nombre	Descripción
LoadFile	Lee la primera imagen y lanza la lectura de las demás imágenes de forma asíncrona.
Obtener_Frame	Retorna el frame en la Position i dada con un centro y ancho de ventana.
Densidad	Retorna la densidad de un pixel (x,y)
IsMultiFrame	Retorna true si es MultiFrame
IsSecondary	Retorna true si la imagen es generada.
Anonimizar	Guarda un DICOM con algunos datos anonimizados

Nombre: Reporte	
Tipo de clase (interfaz, controladora, entidad): Entidad	
Atributo	Tipo
patientid	ReportTag
patientname	ReportTag
patientsex	ReportTag
studyid	ReportTag
studymodalities	ReportTag
srDato	List<SrReportTag>
images	List<ImageReportTag>
codes	List<CodeReportTag>
Datos	ReportTag
Método	
Nombre	Descripción

Nombre: Negocio

Tipo de clase (interfaz, controladora, entidad): Controladora	
Atributo	Tipo
Series	List<Serie>
Método	
Nombre	Descripción
AplicarFiltroAlmagen	Transforma la imagen en dependencia del filtro que se haya seleccionado.
ExportarVideo	A partir de las imágenes multiframe es esportada al formato avi.
ExportarSerie	Exporta todas las imágenes de una serie a formato jpg, bmp o tif.
ExportarImagen	Exporta una imagen a formato jpg, bmp o tif.
Play	Reproducir si es un multiframe.
Pause	Pausar la reproducción.
Stop	Detener la reproducción.
Eliminar_Serie	Eliminar una serie dada.
Eliminar_Todas	Eliminar todas las series.
ReconstruccionMultiplanar	Generar reconstrucción multiplanar.
SERIES_DESCRIPTIONs	Retorna una lista de todas las descripciones de serie del estudio.
ReferenciasMultiples	Retorna una lista de puntos de referencia donde esta proyectada una imagen en otra.
Frame_Prox	Se mueve al frame próximo de imagen multiframe.
Frame_Back	Se desplaza al frame anterior.
Dicom_Prox	Se mueve al dicom que le sigue en orden dentro de la serie.
Dicom_Back	Se desplaza al dicom que le precede en la serie.
Abrir_Serie	Abre las imágenes dadas.
Obtener_Dicom_Serie	Retorna el dicom especificado.
ObtenerFrame	Retorna el frame definido.

Nombre: ReportManager	
Tipo de clase (interfaz, controladora, entidad): Controladora	
Atributo	Tipo
service	ReportService.DataBaselInsert
Método	
Nombre	Descripción
Test	Probar conexión al servido de reportes
SendReport	Enviar al servidor de reportes
CreateXml	Almacenar el reporte en formato xml
LoadXml	Retorna un reporte a partir un xml almacenado
CreateDocument	Crear un documento rtf a partir de un reporte

Nombre: Code	
Tipo de clase (interfaz, controladora, entidad): Entidad	
Atributo	Tipo
bodyPart	string
modality	string
sickness	string
regionmodality	string
regionsickness	string
Método	
Nombre	Descripción
ModalityStringResult	Retorna parte del cuerpo modalidad.
SicknessStringResult	Retorna parte del cuerpo enfermedad.

Nombre: Cassandra	
Tipo de clase (interfaz, controladora, entidad): Interfaz	
Atributo	Tipo
Manipulador	Negocio
Método	
Nombre	Descripción
SeleccionarFiltro	Posibilita al especialista seleccionar el tipo de filtro que desea aplicar sobre la imagen.
SeleccionarMedición	Posibilita al especialista escoger el tipo de medición que desea realizar sobre la imagen.
ExportarVideo	Hace posible al especialista de poder exportas las imágenes multiframe a video.
ExportarImagen	Da la posibilidad al especialista de exportar un fichero de imagen.
ExportorSerie	Brinda la posibilidad al especialista de poder exportar todas las imágenes de una serie a fichero de imagen.
AbrirReporte	Brinda la posibilidad al especialista de poder crear un reporte para luego enviarlo a un repositorio de reportes.
Abrir_Serie	Abrir una serie de imágenes.
Mostrar_Imagen	Mostrar la imagen seleccionada
Imprimir	Imprimir las imágenes del reporte, imprimir la imagen activa o adicionar imágenes al reporte, según selección.
Construir_3d	Recopilar los datos para la reconstrucción multiplanar y ejecutarla.
Ver_Datos	Mostrar la información asociada a la imagen activa.

Nombre: Ver	
Tipo de clase (interfaz, controladora, entidad): Interfaz	
Atributo	Tipo
imagen	Image

mediciones		List<Medición>
Método		
Nombre	Descripción	
RealizarMedición	Realiza la medición que haya seleccionado el especialista sobre la imagen.	
NuevaMedición	Adiciona una nueva medición a la lista de mediciones.	
Refrescar	Refresca el control visual, modificando y ajustando la imagen por ejemplo los valores de ancho y centro de ventana.	
Ajustar	Ajusta los valores de la barras de desplazamiento, alto y ancho de la imagen logrando que la imagen no se distorsione en cuanto a tamaño y aproveche al máximo el espacio en pantalla.	

Nombre: ReporteVisual	
Tipo de clase (interfaz, controladora, entidad): Interfaz	
Atributo	Tipo
informe	Report
miniaturas	ImageList
manipulador	Negocio
corrector	Clases_Imagen.CorrectorOrtografico.Corrector
Método	
Nombre	Descripción
Enviar_a_XWeb	Envía el reporte al repositorio de reportes.
Enviar_Pendientes	Envía los reportes que no se hallan podido enviar por problemas de conexión.
Crear_Xml	Crea un fichero XML a partir de un reporte en caso de problemas de conexión.
Crear_Documento	Genera un documento RTF partiendo de un reporte.

