

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 2



Asistentes para el análisis de deformidad de la  
cadera y el análisis de alineación de las piernas,  
en el Sistema de Planificación Quirúrgica  
Ortopédica

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

Autor: Ricardo Ramos Rodríguez

Tutores: Ing. Yoel González Mesa  
Ing. Liudmila Sánchez Cruz

La Habana, 17 de Junio de 2014

“Año 56 de la Revolución”

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Declaro que soy el único autor de este trabajo y autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmo la presente a los 17 días del mes de Junio del año 2014.

---

Autor

---

Tutor

---

Tutora

## DATOS DE CONTACTO

### Tutores:

#### Tutor:

**Ing. Yoel González Mesa:** Ing. en Ciencias Informáticas graduado del curso 2008-2009 en la Universidad de Ciencias Informáticas de La Habana. Posee categoría docente de Instructor. Ha impartido las asignaturas de Procesamiento Digital de Imágenes y Señales (2do Perfil), Programación IV, Debate Histórico Contemporáneo y Práctica Profesional. Es Especialista del Departamento de Software Médico Imagenológico (SWMI) del Centro de Informática Medica (CESIM). Ha participado en el desarrollo de sistemas como el Visor web y se desempeña como jefe del proyecto Planificador Quirúrgico Ortopédico.

Correo electrónico: [yqmesa@uci.cu](mailto:yqmesa@uci.cu)

#### Tutora:

**Ing. Liudmila Sánchez Cruz:** Profesor Asistente. Graduada de Ingeniero en Ciencias Informáticas, egresada de la UCI en el año 2008. Ha impartido la asignatura de Práctica Profesional, Historia de la Informática, Fundamentos de Administración y Gestión de Organizaciones e Ingeniería de Software. Se desempeña como jefa del Departamento Software Médico Imagenológico del Centro de Informática Médica. Se ha desempeñado en el rol de Analista.

Correo electrónico: [lsacruz@uci.cu](mailto:lsacruz@uci.cu)

## **DEDICATORIA**

*A mi madre, por su amor, apoyo y dedicación.*

*A mi padre, por ser mi ejemplo y guía.*

*A mis abuelos por ser mis otros padres, sin existir nunca ninguna diferencia.*

*A mi familia, por apoyarme siempre.*

*Especialmente dedico esta tesis a mi hermanita que es la base de mi esfuerzo mayor.*

*Espero vea en mí un ejemplo que le permita alcanzar las metas que se proponga en la vida.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a la vida y a la Revolución la posibilidad de haberme graduado en este centro de altos estudios, de contar con un excelente colectivo de profesores y compañeros de estudio a lo largo de la carrera.*

*A mis padres por estar siempre ahí, por ser impulsores de mis sueños, por constituir mi ejemplo a seguir en todos los aspectos de la vida, por darme amor y haber hecho de mí el hombre que soy.*

*A mis abuelos por sus enseñanzas, su cariño y su confianza.*

*Gracias a mi hermanita por constituir mi fuente principal de inspiración.*

*Doy gracias a los tutores por su gran contribución, su guía y su interés por que las cosas salgan bien, Yoel por aclararme detalles de algunos detalles de la tesis y a Liudmila por ser la persona principal de que mi documento de tesis halla estado perfecto y por el apoyo y corrección de todo, y cuando digo todo hasta el lenguaje de cómo decir las cosas. A las amistades que en varios momentos interrumpí para resolver un problema y siempre brindaron su ayuda, Yoandy más conocido como el Yoyo, Maiquel Sánchez, y todos los otros que influyeron.*

*Gracias a todos los compañeros que he tenido en los grupos de los que he formado parte, el antiguo y el actual y a todo aquel con el cual he compartido algo de tiempo durante estos 5 años.*

## **RESUMEN**

En el sistema PQO el proceso de planificación preoperatoria es realizado en diversas áreas anatómicas. En el área de la cadera, para el especialista poder analizar la deformidad de dicha región, se ejecutan 3 mediciones. En el área de la rodilla para analizarse la alineación de las piernas deben ejecutarse primeramente 9 mediciones. Dichas mediciones se realizan de forma separada, lo que trae consigo que el proceso sea lento y engorroso.

El presente trabajo de diploma tiene como objetivo desarrollar los asistentes que permitan agrupar las mediciones asociadas a los procesos para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas respectivamente. Se analizaron las tendencias actuales en Cuba y el mundo relacionadas con la problemática descrita.

Para la implementación se utilizó C# como lenguaje de programación usando como plataforma de desarrollo .NET Framework, que incluye las tecnologías MEF, WPF y el patrón arquitectónico MVVM. Para el modelado del sistema se empleó la herramienta CASE Enterprise Architect 7.5. Para la creación de los diagramas correspondientes a las fases de desarrollo del software se empleó el Lenguaje Unificado de Modelado.

El desarrollo de los asistentes permitirá mayor agilidad y precisión en los procesos para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas en el sistema de planificación quirúrgica ortopédica, reduciendo el tiempo para obtenerse un diagnóstico final. Facilitará la manipulación de las imágenes médicas. Servirá de guía a especialistas sin experiencias y a estudiantes en formación.

### **Palabras claves:**

Asistentes, cadera, planificación quirúrgica ortopédica, rodilla

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	<b>15</b>
<b>1.1. PLANIFICACIÓN QUIRÚRGICA ORTOPÉDICA</b> .....	<b>15</b>
1.1.1. TÁCTICA QUIRÚRGICA.....	17
1.1.2. TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN.....	17
1.1.3. PROCESOS DE PLANIFICACIÓN QUIRÚRGICA ORTOPÉDICA PARA EL ANÁLISIS DE DEFORMIDAD DE LA CADERA Y EL ANÁLISIS DE ALINEACIÓN DE LAS PIERNAS.....	18
<b>1.2. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y TRANSMISIÓN DE IMÁGENES DIGITALES (PACS)</b> .....	<b>18</b>
<b>1.3. ESTÁNDAR DICOM</b> .....	<b>20</b>
<b>1.4. DIAGNÓSTICO ASISTIDO POR COMPUTADORAS</b> .....	<b>20</b>
<b>1.5. CIRUGÍA ORTOPÉDICA ASISTIDA POR COMPUTADORAS</b> .....	<b>21</b>
<b>1.6. SISTEMAS DE PLANIFICACIÓN QUIRÚRGICA ORTOPÉDICA A NIVEL INTERNACIONAL</b> .....	<b>22</b>
1.6.1. TRAUMACAD.....	22
1.6.2. ORTHOVIEW™.....	23
1.6.3. IMPAX ORTHOPAEDIC TOOLS.....	23
1.6.4. MERGE ADVANCED CASE PLAN.....	24
<b>1.7. SISTEMAS DE PLANIFICACIÓN PREOPERATORIA ORTOPÉDICA A NIVEL NACIONAL</b> .....	<b>25</b>
<b>1.8. TECNOLOGÍAS, PATRONES Y LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN UTILIZADAS</b> .....	<b>26</b>
1.8.1. PLATAFORMA DE DESARROLLO .NET.....	26
1.8.2. WINDOWS PRESENTATION FOUNDATION.....	27
1.8.3. MANAGED EXTENSIBILITY FRAMEWORK.....	28
1.8.4. C# 4.0.....	28
<b>1.9. MODELO DE CALIDAD, METODOLOGÍA DE DESARROLLO, LENGUAJE Y NOTACIÓN DE MODELADO</b> .....	<b>29</b>
1.9.1. MODELO DE CAPACIDAD Y MADUREZ.....	29
1.9.2. PROCESO UNIFICADO DE RATIONAL.....	30
1.9.3. LENGUAJE UNIFICADO DE MODELADO.....	30
<b>1.10. HERRAMIENTAS USADAS PARA LA SOLUCIÓN PROPUESTA</b> .....	<b>31</b>
1.10.1. ENTERPRISE ARCHITECT 7.5.....	31
1.10.2. MICROSOFT VISUAL STUDIO 2010.....	31

1.10.3. TORTOISESVN 1.6.6. ....	31
<b>CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.....</b>	<b>33</b>
2.1. BREVE DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	33
2.2. MODELO DEL DOMINIO .....	33
2.2.1. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE DOMINIO.....	34
2.3. ESPECIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS DE SOFTWARE.....	35
2.3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS FUNCIONALES.....	36
2.3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES.....	41
2.4. DEFINICIÓN DE LOS ACTORES DEL SISTEMA .....	43
2.5. DIAGRAMA DE CASOS DE USO DEL SISTEMA.....	44
2.6. DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE USO DEL SISTEMA .....	45
2.6.1. CUS 1. ANÁLISIS DE DEFORMIDAD DE LA CADERA.....	45
2.6.2. CUS 2. ANÁLISIS DE ALINEACIÓN DE LAS PIERNAS.....	46
2.6.3. CUS 3. MOSTRAR/OCULTAR ASISTENTE.....	47
2.6.4. CUS 4. RETROCEDER UN PASO DURANTE EL USO DEL ASISTENTE.....	47
<b>CAPÍTULO 3. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA .....</b>	<b>49</b>
3.1. DISEÑO.....	49
3.1.1. PATRONES DE DISEÑO.....	49
3.2. ARQUITECTURA.....	50
3.2.1. PATRONES ARQUITECTÓNICOS.....	51
3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES.....	52
<b>CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>53</b>
4.1. DIAGRAMA DE COMPONENTES.....	53
4.1.1. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL ASISTENTE PARA EL ANÁLISIS DE DEFORMIDAD DE LA CADERA.....	54
4.1.2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL ASISTENTE PARA EL ANÁLISIS DE ALINEACIÓN DE LAS PIERNAS.....	57
4.2. DIAGRAMA DE DESPLIEGUE.....	59
4.2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS NODOS.....	60
4.3. ESTÁNDARES DE CODIFICACIÓN.....	61

4.3.1. IDENTIFICADORES.....	61
4.3.2. LLAVES.....	63
4.3.3. COMENTARIOS.....	63
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>74</b>
ANEXO 1. PREFIJOS DE LOS REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES POR CATEGORÍA.....	74
ANEXO 2. CASOS DE USO DEL SISTEMA.....	74
ANEXO 3. DIAGRAMAS DE CLASES DEL DISEÑO.....	81
ANEXO 4. DIAGRAMAS DE SECUENCIA.....	83
ANEXO 5. DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES PERTENECIENTES A LOS CASOS DE USOS DEL SISTEMA ANÁLISIS DE LA DEFORMIDAD DE LA CADERA Y ANÁLISIS DE LA ALINEACIÓN DE LAS PIERNAS.....	83
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</b>	<b>88</b>

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

## INTRODUCCIÓN

La garantía de atención médica gratuita a toda la población cubana se convirtió desde los primeros momentos del triunfo de la Revolución en uno de los paradigmas sociales fundamentales. Esto se corresponde con la esencia humanista y de justicia social que caracteriza al proceso revolucionario.

Durante los últimos 20 años en un grupo de instituciones cubanas se han puesto en práctica sistemas encaminados a lograr determinados niveles de informatización de la salud. Estas soluciones carecían de integración y de una definición generalizable, aparte de que no existían los recursos tecnológicos necesarios para su ejecución en el Sistema Nacional de Salud. A partir de 1997 se concibe una primera estrategia, como respuesta del sector de la salud a los lineamientos estratégicos para la informatización de la sociedad cubana. (1)

Con el surgimiento de los primeros sistemas informáticos para el sector de la salud se inició el trabajo con las imágenes médicas digitales, permitiendo que se emplearan modalidades como la Fluoroscopia (FL), el Ultrasonido (US), la Tomografía Axial Computarizada (TAC), la Resonancia Magnética (RM), la Medicina Nuclear (MN), la Radiología Digital (RD), entre otras. Todas estas modalidades de imágenes constituyen la base principal de los diagnósticos médicos dentro de los sistemas de salud modernos a nivel mundial.

A raíz de la utilización de las diferentes modalidades diagnósticas, unido a la gran variedad de equipos de adquisición de imágenes incorporados y al desarrollo de la informática médica se desarrollan los sistemas para el Almacenamiento y Comunicación de Imágenes Digitales (PACS, por sus siglas en inglés). Estos le brindan al personal médico una amplia gama de herramientas para la visualización y procesamiento de las mismas. Su objetivo principal es permitir el funcionamiento de un servicio de imágenes sin la necesidad de archivarlas en documentos de papel o películas.

Para lograr la comunicación y compatibilidad entre los equipos médicos y los sistemas PACS de diferentes fabricantes surge el estándar de Imagen Digital y Comunicación en Medicina (DICOM, por sus siglas en inglés). El estándar describe el formato de archivos y la especificación de los datos primordiales de un paciente en la imagen, describiendo un lenguaje común a distintos sistemas médicos. De esta forma las imágenes pueden venir acompañadas de mediciones, cálculos e información descriptiva relevante para diagnósticos. (2)

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

Con el objetivo de mejorar el proceso de diagnóstico fueron surgiendo los sistemas de Diagnóstico Asistido por Computadora (CAD, por sus siglas en inglés). Son fundamentales en el apoyo a la medicina para la toma de decisiones y dentro de estos se encuentran los sistemas de Cirugía Ortopédica Asistida por Computadora (CAOS, por sus siglas en inglés) que permiten asistir a los cirujanos ortopédicos en la planificación preoperatoria. (3)

Como parte de la informatización de la sociedad cubana, en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) se crea el Centro de Informática Médica (CESIM) que tiene la importante tarea de desarrollar sistemas que puedan ser aplicables al sector de la salud, al cual pertenece el departamento Software Médico Imagenológico (SWMI) donde se trabaja en el desarrollo de aplicaciones para la gestión y procesamiento de imágenes médicas. Entre las soluciones implementadas e instaladas en varios hospitales de Cuba y Venezuela se encuentra el PACS, un sistema para la Transmisión y Visualización de Imágenes Médicas.

Otra de las aplicaciones en la cual se trabaja actualmente corresponde al sistema Planificador Quirúrgico Ortopédico (PQO), que permite realizar la planificación preoperatoria en las áreas de cadera, rodilla, extremidades, columna, trauma y pediatría. Éste brinda varias funcionalidades para cada una de las regiones anatómicas.

En el área de cadera, para el especialista determinar la deformidad de dicha región en un paciente debe trazar un total de 3 mediciones: Ángulo de sharp, Ángulo Perimetral Central e Índice de Reimer. En el área de rodilla para analizar la alineación de las piernas deben realizarse primeramente 9 mediciones: mLPFA (Ángulo Femoral Proximal Externo), mLDFEA (Ángulo Femoral Distal Externo), mMPTA (Ángulo Tibial Proximal Interno), mLDTA (Ángulo Tibial Distal Externo), JLCA (Ángulo de Convergencia Articular), MAD (Desviación del Eje Mecánico), longitud femoral, longitud de la tibia y longitud del fémur hasta la tibia.

Todas estas funcionalidades, a pesar de estar implementadas, se ejecutan de forma separada. Esto trae consigo que la planificación preoperatoria se realice a través de un proceso engorroso y lento, aumentando considerablemente el tiempo para obtener un diagnóstico final. También dificulta la manipulación de las imágenes médicas, al no poder obtenerse la claridad requerida y el nivel de detalle deseado en cuanto al estado de las articulaciones y los huesos. Tampoco existen herramientas especializadas de medición que constituyan una guía que permitan al especialista ubicar determinados puntos en una secuencia que den

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

lugar al trazo de las mediciones y al cálculo de los valores descriptivos de los análisis deseados en la imagen de estudio.

Por lo antes planteado se identifica como **problema a resolver**: ¿Cómo lograr mayor agilidad y precisión en los procesos para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas durante la planificación quirúrgica ortopédica?

Este problema se enmarca en el **objeto de estudio**: Los procesos para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas.

El objeto delimita el **campo de acción**: Los procesos para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas durante la planificación quirúrgica ortopédica asistida por computadora.

Para la solución de este problema se define como **objetivo general**: Desarrollar los asistentes que permitan agrupar las mediciones asociadas a los procesos para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas para el sistema Planificador Quirúrgico Ortopédico.

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados se proponen las siguientes **tareas de la investigación**:

1. Realización de un análisis de los sistemas informáticos de planificación preoperatoria ortopédica existentes a nivel nacional e internacional que incorporan asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas.
2. Realización de un análisis crítico y valorativo de las tendencias, técnicas, tecnologías, plataformas, librerías, metodologías y herramientas usadas en la actualidad en el Planificador Quirúrgico Ortopédico desarrollado en el CESIM.
3. Análisis de los procesos relacionados con la planificación preoperatoria ortopédica para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas.
4. Asimilación de la arquitectura definida en el Planificador Quirúrgico Ortopédico desarrollado en el CESIM.
5. Generación de los artefactos correspondientes a las disciplinas: “Modelado del Negocio”, “Requisitos”, “Análisis y Diseño” e “Implementación”.
6. Implementación de los asistentes aplicando las pautas de diseño y siguiendo lo establecido en la Especificación de Requisitos de Software.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

El diseño metodológico se realizó utilizando los métodos teóricos y empíricos que se describen a continuación:

## **Métodos teóricos**

**Analítico-sintético:** Contribuyó al análisis de los documentos; permitiendo sintetizar, clasificar y evaluar la información valiosa y la posibilidad de buscar la esencia de los fenómenos y los rasgos que caracterizan el proceso de planificación quirúrgica ortopédica.

**Histórico-lógico:** Necesario para el conocimiento evolutivo del software, sus etapas, funciones principales y desarrollo de cada proceso. Se utiliza en la primera fase de la investigación, en la cual se realiza un estudio del estado del arte, revisando cada uno de los documentos para lograr un mejor entendimiento de lo que se debe desarrollar y para estudiar los sistemas nacionales e internacionales, profundizando en los conceptos, términos y vocabularios propios del objeto de estudio y el campo de acción.

## **Método empírico**

**Análisis bibliográfico:** Se utiliza para la apropiación del conocimiento, teniendo en cuenta la experiencia de los autores, así como la vigencia y la confiabilidad de los documentos consultados.

## **Estructuración del Contenido**

**Capítulo 1:** Refiere lo concerniente al análisis del estado del arte de las principales herramientas que existen en el país y en el mundo; que contienen asistentes para realizar las mediciones de cada área donde se realiza la planificación quirúrgica ortopédica. Se mencionan características de la metodología y las tecnologías empleadas en la solución. Se establecen además las bases teóricas de la investigación.

**Capítulo 2:** Como parte de la propuesta de solución, se describen las características del sistema. Se realiza la especificación de los requisitos funcionales y no funcionales de la aplicación. Se modela y detalla el diagrama de casos de uso del sistema.

**Capítulo 3:** Contiene lo referente al análisis y diseño del sistema. Como parte de la solución se modelan los diagramas de clases del diseño y los diagramas de secuencia correspondientes. Se exponen los patrones de diseño empleados en la solución, con una breve descripción de sus características y el propósito de su uso en el sistema. Se muestra la estructura de la aplicación a través de la arquitectura de la misma.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

**Capítulo 4:** Aborda todo lo relacionado con la disciplina de implementación. Se muestran los diagramas de implementación y despliegue, así como la descripción de los componentes ejecutables del sistema y de los nodos en los que va a estar desplegado el mismo. Se describen los estándares de codificación utilizados en la solución del código.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

## CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este capítulo se recogen los principales conceptos vinculados a la investigación. Se realiza un análisis del estado del arte de los diferentes sistemas informáticos de planificación preoperatoria ortopédica que existen a nivel nacional e internacional que incluyen asistentes para facilitar el trabajo con mediciones. Se mencionan características de las tecnologías, patrones y lenguajes de programación utilizados. Se describen las herramientas, metodologías, modelo de calidad y notación de modelado utilizadas durante el desarrollo de los asistentes, argumentando los beneficios de las mismas.

### 1.1. Planificación quirúrgica ortopédica.

La planificación preoperatoria ortopédica es un procedimiento indispensable que debe realizarse previamente a la intervención quirúrgica y sus principales objetivos son determinar el resultado final de la cirugía y establecer la táctica quirúrgica a seguir en el procedimiento quirúrgico. (4)

Para tener éxito en el resultado final se deben de tomar en cuenta los factores iniciales del contacto médico paciente, realizar una historia completa, un examen físico detallado de la región lesionada; incluyendo pruebas especiales, radiografías, de preferencia sin inmovilizadores que obstaculicen la visión adecuada, estudios especiales como son mielografía<sup>1</sup>, tomografía y resonancia magnética, estudios de laboratorio completos, valoración preoperatoria y finalmente, la planificación preoperatoria. (5)

Para poder realizar un procedimiento quirúrgico se debe contar con los instrumentos y el equipo necesario para su ejecución. Para una adecuada planificación el especialista debe contar con:

- Radiografías donde esté presente el lado sano para realizar comparaciones con respecto al lado fracturado, teniendo en cuenta los factores de simetría del cuerpo.
- Papel semitransparente para calcos donde se realizarán los trazos pertinentes.

---

<sup>1</sup> Una forma de examen de radiografía que utiliza un tinte inyectado.

<sup>2</sup> La teoría de la computación utiliza la noción de procedimiento efectivo, una secuencia de pasos repetible y determinista. Esto quiere decir que, para los mismos conjuntos de valores de salida, siempre se

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

- Conjunto de plantillas de los implantes a utilizar (placas y tornillos) que son necesarios para la recuperación postoperatoria.
- Goniómetro, instrumento destinado para medir los ángulos y la amplitud de los movimientos de ciertas articulaciones. El más utilizado es el goniómetro de dos brazos pero existen los que se basan en la indicación permanente de la vertical; los que utilizan la desviación magnética y los electrónicos.

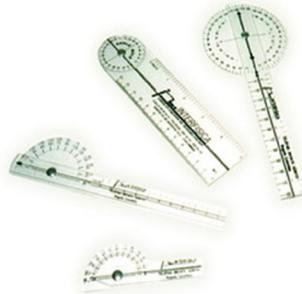


Figura 1. Goniómetros.

- Lápices de Colores.
- Negatoscopio con luz adecuada. Es un dispositivo que permite ver las radiografías a través de un sistema de iluminación por transparencia, utilizado para examinar radiografías.



Figura 2. Negatoscopio.

La elección del procedimiento quirúrgico será determinada por varios elementos: hueso, región, tipo de trazo, desviaciones angulares, rotaciones, acortamientos, número de fragmentos, tamaño de los fragmentos, condición clínica del paciente y las condiciones de los tejidos blandos. (5)

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

## 1.1.1. Táctica quirúrgica.

En la táctica quirúrgica el ortopedista deberá enumerar los pasos a seguir para el procedimiento con el fin de evitar distracciones y para el conocimiento del equipo quirúrgico. De esta forma el cirujano estará mejor concentrado ante problemas que se le puedan presentar (5). La táctica quirúrgica debe estar en el calco de la planificación preoperatoria y debe contener los siguientes aspectos:

- ✓ **Paciente:** Nombre o iniciales, edad, tipo de anestesia, uso de torniquete, posición del paciente, uso de mesa radiolúcida o de reducción.
- ✓ **Procedimiento:** Abordaje quirúrgico, principio biomecánico, tipo de reducción, implantes a utilizar, uso de equipo especial para la colocación de los implantes, sustitutos de sangre o injertos.
- ✓ **Equipos adicionales:** Radiografías transoperatorias, intensificador de imágenes, artroscopio, entre otros.
- ✓ **Manejo posoperatorio del paciente:** Uso de férulas o de movilizador continuo.

## 1.1.2. Técnicas de planificación.

**-Planificación usando como referencia el lado sano:** Se requiere de radiografías del lado sano. Se procede a realizar el calco del lado fracturado tomando en cuenta los fragmentos y rotaciones dibujándolas en otro color. Se realiza la colocación de los fragmentos dibujados en la radiografía del lado sano para hacerlos coincidir, otro método que se utiliza es realizar la colocación de los fragmentos y posteriormente se superpone a la radiografía del lado sano para valorar la adecuada colocación de los fragmentos. Una vez que se tiene la reducción de los fragmentos se utilizan las plantillas de implantes y se realizan los dibujos del implante. (5)

**-Planificación de calco directo o de superposición:** Se puede usar en huesos rectos y en el húmero. Se realiza el calco de los fragmentos fracturados en una proyección antero-posterior en hojas separadas, en otra hoja se traza una línea recta (eje del hueso) y sobre esta se colocan los fragmentos ensamblados para obtener el resultado final. (5)

**-Planificación usando como referencia los ejes fisiológicos:** Aplicable a fracturas periarticulares (Rodilla). En una fractura distal de fémur se usa la plantilla para marcar los ejes anatómicos de fémur y la

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

tibia y el eje mecánico de la rodilla. Se dibujan los fragmentos de la fractura y se superponen a la plantilla de los ejes para hacer coincidir los ejes del fémur, tibia y el eje mecánico de la rodilla. Una vez colocados todos los fragmentos reducidos se procede a la colocación de la plantilla del implante, si se usa placa condílea, la lámina o el tornillo quedan paralelos al eje mecánico de la rodilla y la placa yuxtapuesta al eje femoral. (5)

**-Planificación adicional:** Cuando no se está familiarizado con el procedimiento es aconsejable realizarlo inicialmente en huesos de plástico para comprobar que se realiza la fijación deseada. (5)

1.1.3. Procesos de planificación quirúrgica ortopédica para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas.

Actualmente, en las áreas de ortopedia de los hospitales cubanos se realiza un estudio a los pacientes antes de realizarle una operación de alto riesgo. Dicho estudio es conocido como planificación preoperatoria y se realiza en cada una de las regiones anatómicas del cuerpo humano. Para esto, primeramente se le indica al paciente que se realice una radiografía, sobre la cual se realizarán diferentes análisis.

En el área de la cadera para el especialista poder realizar un análisis de la posible deformidad de dicha región, debe realizar sobre la placa cada una de las mediciones que intervienen en dicho proceso: ángulo de sharp, ángulo perimetral central e índice de reimer. Esto es evidenciado en las prótesis e implantes, los cuales deben contar con una medición exacta.

En el área de la rodilla, si el especialista desea determinar si existe o no una correcta alineación de las piernas debe realizar el análisis de las mediciones: mLPFA (Ángulo Femoral Proximal Externo), mLDFEA (Ángulo Femoral Distal Externo), mMPTA (Ángulo Tibial Proximal Interno), mLDTA (Ángulo Tibial Distal Externo), JLCA (Ángulo de Convergencia Articular), MAD (Desviación del Eje Mecánico), longitud femoral, longitud de la tibia y longitud del fémur hasta la tibia sobre la radiografía realizada.

Al terminar los estudios planificados y haberse emitido el informe preoperatorio, el personal médico especializado procede a ejecutar el procedimiento quirúrgico.

## 1.2. Sistemas de Almacenamiento y Transmisión de Imágenes Digitales (PACS).

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

En los hospitales existen actualmente diversos equipos de adquisición de imágenes médicas que generan un elevado volumen de información. La administración de dichos datos se hace engorrosa, principalmente durante el proceso de impresión y almacenamiento. Para la gestión de las imágenes médicas dentro del entorno de trabajo de los departamentos de imagenología se utilizan los sistemas PACS (6).

Un PACS se compone de tres subsistemas conectados mediante redes informáticas y gobernados por software especializado: captación de imágenes médicas, almacenamiento en estructuras de archivo y visualización de los estudios de imagen en las estaciones de trabajo: (7).

**Captación de imágenes médicas:** La captación de imágenes médicas es la actividad mediante la cual una modalidad diagnóstica interactúa con el PACS con el objetivo de enviarle el examen plenamente identificado y libre de errores. Una modalidad se asocia con los métodos mediante los cuales se obtienen las imágenes diagnósticas. Estos procedimientos dependen tanto del fenómeno físico en el que se basan (ultrasonidos, RX, resonancia magnética, emisión de fotones) como del preproceso utilizado (angiografía por sustracción digital, tomografía computarizada o digitalización de película, entre otros).

**Almacenamiento:** El almacenamiento es uno de los elementos fundamentales de un sistema PACS. Las imágenes deben almacenarse y estar a disposición de quien las solicite en cualquier momento. Debido a los grandes volúmenes de información que deben gestionarse, el sistema de almacenamiento debe caracterizarse por su seguridad, rapidez y fiabilidad.

**Visualización de los estudios de imagen:** La estación de trabajo permite al especialista disponer de los estudios para su interpretación y posterior informado. Esta estación de trabajo accederá al PACS para conseguir las imágenes asociadas a ese estudio.

Utilizar un sistema PACS posibilita la reducción del costo por la utilización de las placas radiológicas o por el daño o la pérdida de información y mejora la accesibilidad de las imágenes debido a que las agrupa en una misma base de datos.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

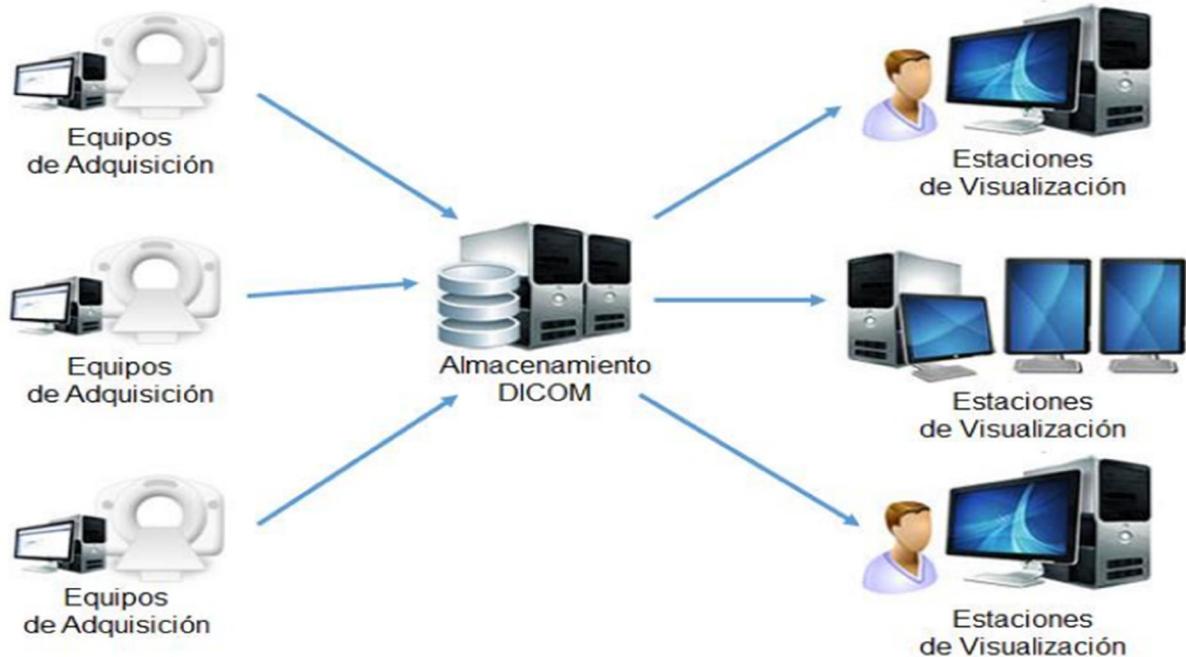


Figura 3. Componentes básicos de un PACS.

## 1.3. Estándar DICOM.

Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM, por sus siglas en inglés) es el estándar reconocido mundialmente para el manejo, almacenamiento, impresión y transmisión de imágenes médicas.

Su gran importancia radica en que brinda la posibilidad de interconectar sistemas informáticos aunque sean de distintos fabricantes y hace posible la comunicación entre ellos en un hospital donde los equipos médicos son de marcas diferentes debido a la especialización.

DICOM logra que los archivos médicos puedan viajar de forma segura entre hospitales, centros de investigación y departamentos. Luego esa información puede ser vista remotamente por especialistas que puedan diagnosticar y buscar diferentes opiniones de otros expertos de una forma rápida y sencilla. (8)

## 1.4. Diagnóstico Asistido por Computadoras.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

El sistema de Diagnóstico Asistido por Computadoras (CAD, por sus siglas en inglés) se define como el diagnóstico que realiza un radiólogo que tiene en cuenta el resultado de un análisis cuantitativo realizado por un ordenador sobre imágenes médicas. Aportan una segunda opinión al especialista sobre un diagnóstico determinado, su objetivo fundamental es ayudar al profesional a mejorar su rendimiento, dirigiendo la atención del mismo hacia las zonas de la imagen más propensas a irregularidades.

Los CAD son sistemas de autoevaluación y reciclaje para radiólogos con diversos grados de experiencia, así como de aprendizaje para estudiantes en proceso de formación. Las ventajas del empleo de estos es que traen consigo un efecto complementario con la capacidad de los médicos para elaborar un diagnóstico final correcto. Su eficiencia ha sido probada mediante varios estudios y se ha comprobado que mejoran el rendimiento del radiólogo. Su uso permite una mayor calidad del diagnóstico y la disminución del tiempo de lectura del caso o estudio. (9)

## **1.5. Cirugía Ortopédica Asistida por Computadoras.**

Dentro de los sistemas CAD, existe una clasificación conocida como sistemas de Cirugía Ortopédica Asistida por Computadora (CAOS, por sus siglas en inglés). Estos permiten asistir al cirujano ortopédico en la planificación preoperatoria de cirugías del sistema musculo esquelético. Con ellos los especialistas pueden realizar las planificaciones preoperatorias y tener un proceso más preciso y repetible<sup>2</sup> que los métodos convencionales. Además, integran la información quirúrgica con las imágenes médicas, brindando la posibilidad de determinar las medidas exactas de los implantes a utilizar. Dichas imágenes médicas están basadas en las dimensiones físicas reales del paciente, para la adecuada colocación de los implantes y pueden contener un repositorio de los mismos a utilizar para una reducción de fractura. De esta forma se reduce el tiempo de búsqueda de las mismas. (10)

Estos sistemas pueden emplear las imágenes reales de cualquier articulación del cuerpo humano proveniente de equipos médicos imagenológicos utilizados en radiología, tales como el ultrasonido, los rayos X y el tomógrafo; además pueden crear imágenes virtuales de la articulación dañada. Esta

---

<sup>2</sup> La teoría de la computación utiliza la noción de procedimiento efectivo, una secuencia de pasos repetible y determinista. Esto quiere decir que, para los mismos conjuntos de valores de salida, siempre se obtendrán los mismos conjuntos de valores de entrada.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

característica constituye una enorme ventaja respecto a otros sistemas, pues estas imágenes están en formato DICOM y el proceso de obtención, transmisión y procesamiento de las mismas está controlado por un sistema PACS (10). Así se asegura que dicho proceso además de seguro sea de cierta forma más sencillo.

## **1.6. Sistemas de Planificación Quirúrgica Ortopédica a nivel internacional.**

### 1.6.1. TraumaCad.

Sistema desarrollado por Voyant Health, este posibilita a los cirujanos ortopédicos lograr la evaluación y manipulación de imágenes digitales, asistiéndoles para realizar una mejor planificación preoperatoria de cirugías ortopédicas. Es compatible con los sistemas PACS, lo que le ofrece al software pleno acceso a la información de pacientes y sus perfiles. Contiene una extensa librería de plantillas digitales de grandes fabricantes que es actualizada regularmente. (11)

Con TraumaCad el cirujano puede evaluar la alineación anatómica postoperatoria de varios escenarios quirúrgicos (corte o implante), para crear un óptimo plan quirúrgico. Proporciona soluciones fáciles de usar para varias áreas ortopédicas: cadera, rodilla, pediatría, trauma, columna, pie, tobillo, extremidades superiores y una suite 3D opcional.

En su versión 2.2, el software tiene una integración con OrthoFlow, componente que proporciona una distribución rápida de las imágenes digitales en las clínicas ortopédicas gracias a la posibilidad de cargar automáticamente las imágenes del PACS. También se integra con el OrthoWeb, un entorno de alta seguridad basado en web que le permite a los especialistas acceder a las imágenes y plantillas de la cirugía a través de Internet. De esta forma se puede realizar la planificación desde cualquier lugar. Ambos sistemas también son desarrollados por la compañía Voyant Health. (12)

Contiene el procedimiento automático de cadera, el cual es un módulo para la señalización automática de los puntos específicos dentro de la pelvis en imágenes, vista antero-posterior, de rayos-X. Además incluye el procedimiento automático de deformidad que simula el procedimiento correctivo y constituye una herramienta de análisis, la cual permite a los médicos tomar medidas anatómicas, incluso los ejes mecánicos de las extremidades deformes. En el procedimiento automático para realizar el análisis de alineación de las piernas dentro del módulo de rodilla, existe un asistente que realiza el proceso mediante el empleo de las mediciones especializadas correspondientes a dicho análisis.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

Un aspecto principal es que cuenta con una herramienta para calibrar automáticamente una imagen al tamaño real de los huesos.

El sistema tiene el inconveniente de que sólo se puede instalar en los sistemas operativos Windows XP Professional de 32 bits, Windows XP SP2/SP3 o Windows Vista Business 32/64 bits (idioma inglés), Windows Vista SP1. Esto constituye una desventaja ya que con la aparición de Windows 7 y 8, se restringe el alcance de su despliegue considerablemente. (12)

## 1.6.2. OrthoView™.

Es un producto desarrollado por Meridian Technique Limited Company y ampliamente utilizado en muchas prestigiosas clínicas y hospitales del mundo, siendo reconocido mundialmente como líder de la planificación de ortopedia digital. Fue diseñado específicamente para cirujanos ortopédicos. Puede crear una plantilla ortopédica para una artroplastia completa de la cadera en solamente 60 segundos. El módulo soporta todas las articulaciones principales de más de 30 fabricantes de prótesis así como más de 1.300 plantillas internacionales.

Los paquetes de servicio posibilitan la descarga de plantillas actuales de alta calidad gratuitamente de una librería en línea. Estas plantillas facilitan la planificación preoperatoria de caderas, rodillas, hombros, prótesis de revisión y articulaciones pequeñas.

El módulo de la corrección de la deformidad de cadera proporciona el planeamiento para la planificación ortopédica usando una gama de las herramientas que ayudan a idear todos los aspectos de la cirugía de la corrección de la misma.

El producto sólo es compatible con Windows 2000, Windows XP y Windows Vista. Actualmente no existe soporte para sistemas operativos de 64 bits. (13)

## 1.6.3. IMPAX Orthopaedic Tools.

Constituye una solución escalable para la gestión de imágenes e información que se ejecuta a través de Internet, diseñada para optimizar el flujo de trabajo de las empresas dedicadas a la atención médica<sup>12</sup>. Fue creado por Agfa Healthcare, miembro del Grupo Agfa-Gevaert, líder del mercado actual de los sistemas de informática clínica.

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

Diseñado para el análisis, las medidas y el planeamiento ortopédico, esta caja de herramientas modular proporciona escalabilidad creciente para abastecer al aspecto exacto y a las medidas verdaderas del tamaño de las plantillas del implante. Los cirujanos ortopédicos pueden utilizar esta herramienta pre-operativa para plantillas digitales en varios de los pasos del planeamiento de la cirugía. Es compatible con la presentación del software de IMAX y proporciona el acceso inmediato a todas las imágenes situadas en cualquier estación de exhibición en la red de IMAX. Esta herramienta incluye características de la simulación y una biblioteca comprensiva de la plantilla.

Además, esta caja de herramientas modular apoya a través de plantillas para todo el trauma, espina dorsal, lesiones y gravamen relacionados con la deformidad del miembro, que incluye esquemas ortopédicos variados de una medida. También cuenta con asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el planeamiento del reemplazo de la espina dorsal y de la rodilla.

Este sistema no cuenta con un asistente para el análisis de deformidad de las piernas específicamente. (14)

### 1.6.4. Merge Advanced Case Plan.

Es un sistema desarrollado por la compañía Merge Healthcare, que permite a los cirujanos planear las operaciones en pantalla y ejecutar complejas mediciones con un clic. Se integra fácilmente dentro de todo el sistema PACS y puede ser desplegado en todas las clínicas y hospitales.

Advanced Case Plan soporta importación y exportación de archivos DICOM (Rayos X, Tomografía Computarizada, Resonancia Magnética) de una estación de trabajo local o central del sistema PACS.

Los archivos JPEG, imágenes de escáner y cámaras digitales son los únicos que pueden ser importados. Proporciona herramientas de calibración automática. Actualiza automáticamente la librería de plantillas de implantes. Cuenta con herramientas de mediciones específicas para las subespecialidades como columna, pediatría, pie y tobillo. Posee una herramienta para la pelvis pediátrica, la cual proporciona una medición exacta del índice acetabular, detección del ángulo central e índice de reimer.

Este sistema no cuenta con un asistente para el análisis de la alineación de las piernas. (15)

Los sistemas antes mencionados se caracterizan por ser propietarios y presentar altos costos, tanto para su compra como para su posterior soporte. Por este motivo su adquisición representaría un gasto elevado

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

para el país. Cuba se encuentra bloqueada económicamente por Estados Unidos y todos estos sistemas en su mayoría pertenecen a compañías americanas, por lo que no se cuenta con la autorización para poder adquirirlos ni posteriormente poder usarlos. Además, cuentan con limitantes tecnológicas en cuanto al soporte de los sistemas operativos de última generación. También se encuentran delimitadas sus funcionalidades, ya que solo tienen incorporado un asistente para determinar la deformidad de la cadera o la alineación de las piernas.

Aunque estos sistemas presentan grandes desventajas para poder ser utilizados en el país, el estudio del TraumaCad fue de gran ayuda para definir los requerimientos funcionales de los asistentes a desarrollar. Éste cuenta con funcionalidades que facilitan el trabajo con las mediciones especializadas en las regiones anatómicas de estudio. Además cuenta con herramientas que guían al especialista para analizar la deformidad de la cadera y la alineación de las piernas.

## **1.7. Sistemas de planificación preoperatoria ortopédica a nivel nacional.**

Actualmente no se tiene en el país un software que posibilite a los especialistas en ortopedia realizar una planificación preoperatoria digital, sin embargo, la Universidad de las Ciencias Informáticas se encuentra hoy desarrollando un sistema que dé solución a este problema.

En el sistema Planificador Quirúrgico Ortopédico se encuentran incluidas diversas funcionalidades que permiten el procesamiento general de imágenes, con el objetivo de mejorar la nitidez de la misma o de resaltar ciertas zonas de importancia. Entre las herramientas destinadas al tratamiento de imágenes están zoom, brillo, contraste, filtro, paletas de colores, entre otras. Este sistema realiza la integración con un entorno inter-hospitalario a través del estándar DICOM 3.0 y obtiene estudios desde servidores PACS.

La generación de reportes es una de sus funcionalidades, en los cuales se almacenan datos concernientes al paciente y detalles de la intervención quirúrgica. Los reportes pueden ser impresos y exportados como PDF o HTML.

El PQO cuenta con diferentes módulos integrados: cadera, rodilla, extremidades, columna, trauma y pediatría; cada uno de los cuales permite al especialista el uso de herramientas especializadas para realizar mediciones específicas en cada una de las regiones anatómicas. Con este, el proceso de

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

planificación preoperatoria se agilizaría y se obtendrían mejores resultados en las cirugías ortopédicas en general.

En el área de la cadera, algunas de las mediciones que se realizan por separado son: ángulo de sharp, ángulo perimetral central e índice de reimer y estas en su conjunto dan lugar al proceso para el análisis de deformidad de la cadera. En el área de la rodilla para obtenerse un diagnóstico final en el proceso para el análisis de alineación de las piernas, deben ejecutarse una a una las siguientes mediciones: mLPFA (Ángulo Femoral Proximal Externo), mL DFA (Ángulo Femoral Distal Externo), mMPTA (Ángulo Tibial Proximal Interno), mLDTA (Ángulo Tibial Distal Externo), JLCA (Ángulo de Convergencia Articular), MAD (Desviación del Eje Mecánico), longitud femoral, longitud de la tibia y longitud del fémur hasta la tibia.

Con el estudio realizado de los sistemas de planificación quirúrgica ortopédica existentes a nivel nacional e internacional, se demuestra que no se le da solución a los problemas antes descritos. Es por ello que se llega a la conclusión de que se necesita implementar asistentes para lograr mayor agilidad y precisión en los procesos para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas respectivamente. Para ello es necesaria la utilización de herramientas, patrones y un lenguaje de programación.

## **1.8. Tecnologías, patrones y lenguajes de programación utilizadas.**

### **1.8.1. Plataforma de desarrollo .NET.**

La plataforma .NET fue creada por Microsoft en el año 2000 con el objetivo de hacer frente a las nuevas tendencias de la industria del software y a la dura competencia de la plataforma Java de Sun. Es un amplio conjunto de bibliotecas de desarrollo que pueden ser utilizadas por otras aplicaciones para aumentar el desarrollo y obtener características avanzadas de seguridad y rendimiento. Ofrece al usuario un entorno de ejecución de aplicaciones, nuevos lenguajes de programación y compiladores y permite el desarrollo de todo tipo de funcionalidades que van desde programas de consola o servicios Windows hasta aplicaciones para dispositivos móviles. Además integra múltiples tecnologías tales como ASP.NET, ADO.NET, LINQ, WPF, Silverlight y otras; junto con el potente entorno integrado de desarrollo Visual Studio, que permite la creación de múltiples tipos de aplicaciones. (16)

Entre las aplicaciones que pueden desarrollarse haciendo uso de esta plataforma se tienen:

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

- Aplicaciones de línea de comandos.
- Servicios de Windows.
- Aplicaciones de escritorio con Windows Forms o WPF.
- Aplicaciones web con el framework ASP.NET, o Silverlight.

.NET Framework es el núcleo de esta plataforma y ofrece una infraestructura que permite desarrollar y ejecutar aplicaciones .NET.

Contiene dos componentes principales: Common Language Runtime y la biblioteca de clases de .NET Framework. Una completa colección orientada a objetos de tipos reutilizables. Estos se pueden emplear para el desarrollo de aplicaciones que abarcan desde las tradicionales herramientas de interfaz gráfica de usuario (GUI) o de línea de comandos hasta las aplicaciones basadas en las innovaciones más recientes proporcionadas por ASP.NET, como los formularios Web Forms y los servicios Web XML. (17)

## 1.8.2. Windows Presentation Foundation.

Es un conjunto de librerías para implementar aplicaciones interactivas. Presenta muchos aspectos interesantes: separación de apariencia y lógica, soporte del patrón “orden” (command), fácil conexión a fuentes de datos vía ligaduras (bindings), simplificación de trabajo con objetos observables mediante propiedades de dependencia, herencia de valores para propiedades por relación jerárquica entre componentes, acceso directo a hardware gráfico, animaciones, personalización completa de componentes mediante plantillas, entre otros.

Es el subsistema de presentación unificado de Microsoft para Windows, expuesto a través de WinFX, modelo de código administrado de Windows Vista que extiende Microsoft .NET Framework. Está compuesto por un motor que saca ventaja del hardware con gráficos modernos y por un conjunto de clases administradas que los desarrolladores tienen la posibilidad de usar para crear aplicaciones ricas visualmente.

Windows Presentation Foundation (WPF) potencia las capacidades de desarrollo de interfaces de interacción integrando y ampliando las mejores características de las aplicaciones de escritorio y de las aplicaciones web. Separa, con el lenguaje declarativo XAML y los lenguajes de programación de .NET, la

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

interfaz de interacción de la lógica del negocio. Se puede crear una amplia gama de aplicaciones independientes y hospedadas en el navegador. (18)

## 1.8.3. Managed Extensibility Framework.

Managed Extensibility Framework (MEF, por sus siglas en inglés) es una biblioteca para crear aplicaciones ligeras y extensibles. Permite a los desarrolladores detectar y utilizar extensiones sin requisitos de configuración, así como encapsular código con facilidad y evitar dependencias lógicas frágiles. Brinda no sólo la posibilidad de reutilizar extensiones dentro de las aplicaciones sino también entre ellas. Los elementos MEF especifican sus capacidades mediante declaración y son reconocibles en tiempo de ejecución, por lo que una aplicación puede utilizar elementos sin referencias incluidas en el código. Permite a las aplicaciones detectar y examinar elementos por sus metadatos, sin crear instancias ni cargar sus ensamblados. Por consiguiente, no hay necesidad de especificar meticulosamente qué extensiones se deben cargar y cuándo. (19)

Es una parte integral de .NET Framework 4 y puede utilizarse en aplicaciones cliente que usen WPF que es utilizado para el desarrollo de los asistentes.

## 1.8.4. C# 4.0.

C# es un lenguaje orientado a objetos que permite a los desarrolladores compilar diversas aplicaciones sólidas y seguras que se ejecutan en .NET Framework. Se utiliza para crear aplicaciones cliente de Windows tradicionales, servicios Web XML, componentes distribuidos, aplicaciones cliente-servidor y aplicaciones de base de datos. Visual C# 2010 proporciona un editor de código avanzado, depurador integrado y numerosas herramientas que facilitan el desarrollo de aplicaciones basadas en la versión 4.0 del lenguaje C# y la versión 4 de .NET Framework. (20)

Facilita el desarrollo de componentes de software a través de varias construcciones de lenguaje innovadoras, entre las que se incluyen las siguientes:

- Firmas de métodos encapsulados denominadas delegados, que habilitan notificaciones de eventos con seguridad de tipos.
- Propiedades, que actúan como descriptores de acceso para variables miembro privadas.
- Atributos, que proporcionan metadatos declarativos sobre tipos en tiempo de ejecución.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

- Comentarios en línea de documentación XML.
- Language-Integrated Query (LINQ) que proporciona funciones de consulta integradas en una gran variedad de orígenes de datos. (21)

## **1.9. Modelo de calidad, metodología de desarrollo, lenguaje y notación de modelado.**

### 1.9.1. Modelo de Capacidad y Madurez.

El Modelo de Capacidad y Madurez (CMMI, por sus siglas en inglés) es un modelo para la mejora y evaluación de los procesos de desarrollo y mantenimiento de sistemas y productos de software de una empresa, desarrollado por el Instituto de Ingeniería del Software de la Universidad Carnegie Mellon (SEI).

Representa un camino de mejoramiento, permite determinar la madurez y evaluar las capacidades de las organizaciones que desarrollan software. Es una colección estructurada de elementos, que describe características de procesos que han demostrado, por experiencia, ser exitosos. Es recomendado para organizaciones que quieren incrementar la capacidad de su proceso de desarrollo y desarrollar software con calidad. (22)

Posee dos enfoques, siendo estos la representación continua y la escalonada. La primera brinda un método flexible para la mejora de procesos. Con este, una empresa puede elegir mejorar el rendimiento de un problema único de un proceso, trabajar en varias áreas que están fuertemente alineadas con los objetivos del negocio de la organización y mejorar diferentes procesos hasta varios niveles.

La representación escalonada brinda un método sistemático y estructurado para el proceso de mejoras. La obtención de cada nivel asegura que una mejora adecuada ha establecido una base para el próximo, estableciéndose de esta manera una mejora incremental. (23)

De los 5 niveles que caracteriza la representación escalonada, en la universidad se llevó a cabo un proceso de mejoras para certificar el nivel 2 de CMMI, el cual comprende la administración básica del proyecto. Actualmente algunos centros de desarrollo como es el caso de CESIM, ya se encuentran certificados. De esta forma, la organización asegura que sus procesos son planeados, documentados, realizados, monitoreados y controlados a nivel de proyectos.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

Este nivel está compuesto por 7 áreas de proceso: Gestión de Requisitos (REQM), Planificación de Proyectos (PP), Seguimiento y Control de Proyectos (PMC), Acuerdos con Proveedores (SAM), Medición y Análisis (MA), Aseguramiento de la Calidad de Procesos y Productos (PPQA) y Gestión de la Configuración (CM).

Durante el proceso de mejoras en la UCI se definieron los libros: Libro de Proceso para la Administración de Requisitos (IPP-3510\_2009) donde se describen las actividades, los roles y los artefactos para cumplir con las prácticas y subprácticas de REQM y el libro Ciclo de Vida de Proyectos que especifica las fases y las disciplinas por las que deben transitar todos los proyectos. Ambos materiales tuvieron como base lo que define CMMI en su nivel 2 para el área de REQM y el criterio de expertos.

## 1.9.2. Proceso Unificado de Rational.

El Proceso Unificado de Rational (RUP, por sus siglas en inglés), es la metodología utilizada para la creación de los artefactos que se obtienen durante el desarrollo de las disciplinas: “Modelado del Negocio”, “Requisitos”, “Análisis y Diseño” e “Implementación”.

RUP pretende implementar las mejores prácticas actuales en Ingeniería de Software:

- Desarrollo iterativo del Software
- Administración de requerimientos
- Uso de arquitecturas basadas en componentes
- Modelación visual del software
- Verificación de la calidad del software
- Control de cambios. (23)

Se encuentra definido por tres aspectos fundamentales: dirigido por casos de uso, iterativo e incremental y centrado en la arquitectura. Utiliza el Lenguaje Unificado de Modelado (UML) como lenguaje de modelado para presentar todos los esquemas y diagramas del sistema.

## 1.9.3. Lenguaje Unificado de Modelado.

Se utilizará el Lenguaje Unificado de Modelado (UML, por sus siglas en inglés) como lenguaje gráfico, a fin de visualizar, especificar, construir y documentar cada uno de los artefactos generados durante el ciclo de vida del software.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

UML no es un método de desarrollo, lo que significa que no sirve para determinar qué hacer en primer lugar o cómo diseñar el sistema, sino que simplemente ayuda a visualizar el diseño y a hacerlo más accesible para otros. Está controlado por el grupo de administración de objetos (OMG) y es el estándar de descripción de esquemas de software. (24)

Está diseñado para su uso con software orientado a objetos, y tiene un uso limitado en otro tipo de cuestiones de programación.

Se compone de muchos elementos de esquematización que representan las diferentes partes de un sistema de software. Estos elementos se utilizan para crear diagramas, que representa alguna parte o punto de vista del sistema. (25)

## **1.10. Herramientas usadas para la solución propuesta.**

### 1.10.1. Enterprise Architect 7.5.

Para realizar el modelado se definió por el departamento SWMI la herramienta Enterprise Architect (EA, por sus siglas en inglés) en su versión 7.5. Es una herramienta comprensible de diseño y análisis UML, cubriendo el desarrollo de software desde el paso de los requerimientos a través de las etapas del análisis, modelos de diseño, pruebas y mantenimiento. Está diseñada para ayudar a construir un software robusto y fácil de mantener. (26)

### 1.10.2. Microsoft Visual Studio 2010.

Como entorno de desarrollo integrado (IDE, por sus siglas en inglés) se ha seleccionado Microsoft Visual Studio. Soporta el lenguaje de programación Visual C#. (27)

Visual Studio permite a los desarrolladores crear aplicaciones, sitios y aplicaciones web, así como servicios web en cualquier entorno que soporte la plataforma .NET (a partir de la versión .NET 2002). Así se pueden crear aplicaciones que se intercomunican entre estaciones de trabajo, páginas web y dispositivos móviles. (28)

### 1.10.3. TortoiseSVN 1.6.6.

Es un cliente gratuito de código abierto para el sistema de control de versiones Apache™ Subversion®. TortoiseSVN, maneja ficheros y directorios a lo largo del tiempo. Los ficheros se almacenan en un

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

repositorio central. El repositorio es prácticamente lo mismo que un servidor de ficheros ordinario, salvo que recuerda todos los cambios que se hayan hecho a sus ficheros y directorios. Esto permite que pueda recuperar versiones antiguas de sus ficheros y examinar la historia de cuándo y cómo cambiaron sus datos, y quién hizo el cambio. (29)

El uso de las tecnologías y herramientas descritas está condicionado por la arquitectura de los asistentes a desarrollar. La plataforma de desarrollo .Net posee una biblioteca de clases que ofrece un entorno de implementación simplificada, como lenguaje de programación se eligió C# 4.0 por su portabilidad de código. Además, se selecciona la tecnología WPF con el objetivo de separar la lógica de la apariencia y desarrollar asistentes de fácil acceso a los especialistas. MEF es definida como una herramienta para apoyar la arquitectura basada en extensiones. El patrón MVVM es utilizado para separar el modelo de la vista, introduciendo un interfaz intermedia entre ellos denominada modelo de vista, que se encarga de realizar el mapeo o la traducción de los datos.

En este capítulo se realizó un estudio de los sistemas internacionales existentes hoy en el mundo de Planificación Quirúrgica Ortopédica que incorporan asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas; que demostró que los mismos no constituyen una solución a la problemática actual. Finalmente se expusieron particularidades de las tecnologías y herramientas definidas por el departamento SWMI, que se utilizarán para el modelado, diseño e implementación; logrando así una mejor comprensión en cuanto a su comportamiento.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

## CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

En este capítulo se presenta la propuesta de solución a desarrollar. Se modela el negocio a través de conceptos que son representados en un modelo de dominio y las características que tendrá la aplicación definidas a través de los requisitos funcionales y no funcionales. Se realiza el diagrama de casos de uso del sistema y las descripciones textuales de cada uno de ellos.

### 2.1. Breve descripción del sistema

Partiendo del análisis realizado sobre el proceso de planificación preoperatoria llevado a cabo en los hospitales ortopédicos del país se propone desarrollar los asistentes que permitan agilizar los procesos para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas en el sistema Planificador Quirúrgico Ortopédico.

La realización de este proceso a través de los asistentes se traducirá en que la planificación preoperatoria llevada a cabo en las áreas anatómicas correspondientes a la cadera con el análisis de deformidad de la cadera y a la rodilla con el análisis de alineación de las piernas será realizada en menos tiempo y, de forma sencilla y organizada. Además servirá de guía para especialistas sin experiencia y para estudiantes en formación, permitiéndoles ubicar determinados puntos en una secuencia que den lugar al trazo de las mediciones y al cálculo de los valores descriptivos de los análisis deseados; estos últimos deberán ser mostrados por los asistentes en una tabla ilustrativa del análisis general. También facilitará la manipulación de imágenes médicas digitales y podrá obtenerse la claridad requerida y el nivel de detalle deseado en cuanto al estado de las articulaciones y los huesos.

### 2.2. Modelo del dominio

Con el objetivo de comprender el ambiente o entorno en el cual está enmarcado el problema que se desea resolver, así como la estructura y la dinámica de la organización e identificar las mejoras potenciales que se pueden lograr, RUP establece la realización del modelo de negocio. Cuando los procesos del negocio no son claramente identificables y no tienen fronteras muy bien establecidas, propone realizar un modelo de dominio.

Los modelos de dominio pueden utilizarse para capturar y expresar el entendimiento ganado en un área bajo análisis como paso previo al diseño de un sistema, ya sea de software o de otro tipo. Similares a los

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

mapas mentales utilizados en el aprendizaje, es utilizado por el analista como un medio para comprender el sector industrial o de negocios al cual el sistema va a servir. (30)

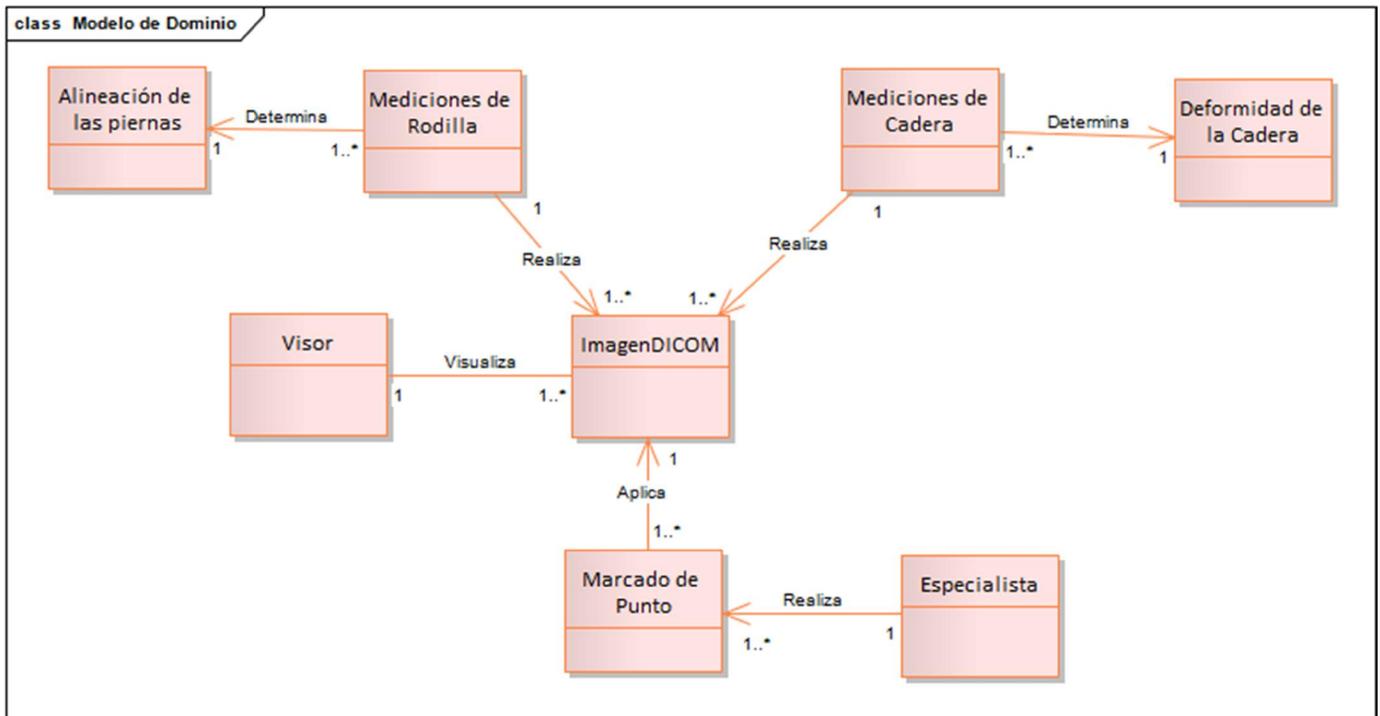


Figura 4. Modelo de dominio.

## 2.2.1. Descripción del modelo de dominio.

Concepto	Descripción
Imagen Dicom	Imagen médica digital extraída de un fichero DICOM.
Marcado de Punto	Al marcarse sobre una imagen DICOM una serie de puntos se obtiene como resultado una medición.
Visor	Sistema para la visualización de los componentes que interactúan con las imágenes médicas digitales.

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

Mediciones de la Cadera	Conjunto de mediciones que pertenecen al área de la cadera.
Mediciones de la rodilla	Conjunto de mediciones que pertenecen al área de la rodilla.
Deformidad de la cadera	Se determina la deformidad de la cadera a través de las mediciones: ángulo de sharp, ángulo perimetral central e índice de reimer.
Alineación de las piernas	Se determina la alineación de las piernas a través de las mediciones: mLPFA (Ángulo Femoral Proximal Externo), mL DFA (Ángulo Femoral Distal Externo), mMPTA (Ángulo Tibial Proximal Interno), mLDTA (Ángulo Tibial Distal Externo), JLCA (Ángulo de Convergencia Articular), MAD (Desviación del Eje Mecánico), longitud femoral, longitud de la tibia y longitud del fémur hasta la tibia.
Especialista	Realiza un estudio a las imágenes médicas digitales donde se evidencia la deformidad de la cadera y la alineación de las piernas en las regiones anatómicas de cadera y rodilla respectivamente.

Tabla1. Descripción del modelo de dominio.

### 2.3. Especificación de los requisitos de software.

Los requerimientos funcionales son declaraciones de los servicios que debe proporcionar el sistema, de la manera en que éste debe reaccionar a entradas particulares y de cómo se debe comportar en situaciones particulares. Describen lo que el sistema debe hacer. Estos requerimientos dependen del tipo de software que se desarrolle, de los posibles usuarios del software y del enfoque general tomado por la organización al redactar requerimientos. Cuando se expresan como requerimientos del usuario, habitualmente se describen

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

de una forma bastante abstracta. Sin embargo los requerimientos funcionales del sistema describen con detalle la función de éste, sus entradas y salidas, excepciones, etcétera. (31)

## 2.3.1. Descripción de los requerimientos funcionales.

Requerimiento	Descripción
RF1 Determinar la deformidad de la cadera	Esta funcionalidad permite determinar la deformidad de la cadera a través de las mediciones correspondientes a los ángulos de sharp y perimetral central e índice de reimer.
RF 1.1 Calcular ángulo de sharp	Esta funcionalidad permite medir a partir de un eje horizontal a la altura de la pelvis de la gota de agua a la margen acetabular superolateral (el borde lateral). Esto mide la inclinación del acetábulo después de la fusión del cartílago trirradiado. El ángulo es prácticamente independiente de la torsión e inclinación de la pelvis, formado por la línea que une el borde superior del acetábulo con el borde inferior del mismo formando un ángulo con la línea bi-isquiatica. El valor normal en mayores de 19 años es de cuarenta y dos (42°) grados, rango 40°- 45°, si es mayor nos indicará displasia.
RF 1.2 Calcular ángulo perimetral central.	Esta funcionalidad permite medir a partir de una línea que pasa por el centro de la cabeza femoral, que es perpendicular a la línea horizontal de la pelvis, a una línea que pasa desde el centro de la cabeza femoral al borde lateral. Esto mide la displasia acetabular. El ángulo centro-borde es formado por la intersección entre una línea

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

	perpendicular que pasa por el centro de la cabeza femoral y la línea que une el centro de la cabeza femoral a la parte lateral superior del acetábulo.
RF 1.3 Calcular índice reimer.	Para calcular el índice de reimer se trazan 3 líneas verticales, una que pase por el rodete acetabular, otra por el centro de la cabeza del fémur, luego se traza una línea perpendicular a esta y en el punto donde esa perpendicular corta al borde interior del fémur se traza la otra línea vertical, la distancia que existe entre esta última a la vertical que pasa por el rodete acetabular sería "a", luego se toma la distancia de esta otra vertical a la que pasa por la cabeza del fémur que sería "b", y la diferencia de "a/b" sería el valor del índice de reimer.
RF 2 Determinar la alineación de las piernas	Esta funcionalidad permite determinar la alineación de las piernas a través de las mediciones correspondientes a los ángulos mLPFA (Ángulo Femoral Proximal Externo), mL DFA (Ángulo Femoral Distal Externo), mMPTA (Ángulo Tibial Proximal Interno), mLDTA (Ángulo Tibial Distal Externo), JLCA (Ángulo de Convergencia Articular), MAD (Desviación del Eje Mecánico), longitud femoral, longitud de la tibia y longitud del fémur hasta la tibia.
RF 2.1 Calcular ángulo femoral proximal externo (mLPFA).	Permite medir el ángulo formado entre el eje mecánico del fémur y una línea de la punta del trocánter mayor hacia el centro de la cadera.
RF 2.2 Calcular ángulo femoral distal externo	Permite medir el ángulo formado entre el eje

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

(mLDFA).	mecánico del fémur y una tangente a través de los dos puntos más distales de los cóndilos femorales.
RF 2.3 Calcular ángulo tibial proximal interno (mMPTA).	Permite medir el ángulo entre la interlinea de la tibia y el eje mecánico o anatómico de la misma.
RF 2.4 Calcular ángulo tibial distal externo (mLDTA).	El ángulo entre el eje mecánico tibial y una línea a través de la punta del hombro astrágalo medial y lateral.
RF 2.5 Calcular ángulo de convergencia articular (JLCA).	Esta medición permite calcular el ángulo entre la tangente a través de los dos puntos más distales convexos de los cóndilos femorales y una línea a lo largo de la porción plana del hueso subcondral de la meseta tibial.
RF 2.6 Medir longitud femoral.	Esta funcionalidad permite medir la longitud del fémur.
RF 2.7 Medir longitud de la tibia.	Esta funcionalidad permite medir la longitud de la tibia.
RF 2.8 Medir longitud del fémur y la tibia.	Esta funcionalidad permite medir la longitud del fémur hasta la tibia.
RF 2.9 Calcular la desviación del eje mecánico (MAD).	Esta medición permite calcular la distancia que existe entre el eje que parte del centro de la cabeza femoral hacia el centro del tobillo y el centro de la línea de la articulación de la rodilla. Estos están separados aproximadamente entre 7 ó 8 mm.
RF 3 Mostrar/Ocultar asistente.	Esta funcionalidad permite que durante el trabajo con el asistente si es necesario tratar otra área especializada, ocultar el asistente. Si el especialista

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

	<p>desea analizar otras mediciones especializadas que se encuentran en otras regiones atómicas, con el objetivo de establecer comparaciones con los resultados arrojados por el asistente, se procede a la opción de mostrar, donde se visualiza el asistente en el mismo punto donde fue dejado de usar.</p>
<p>RF 4 Retroceder un paso durante el uso del asistente.</p>	<p>Esta funcionalidad permite a que el especialista cuando esté realizando el marcado de los puntos de anclaje en la imagen DICOM pueda retroceder un paso atrás y volver a ubicar uno de los puntos.</p>

Tabla 2. Requisitos funcionales.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

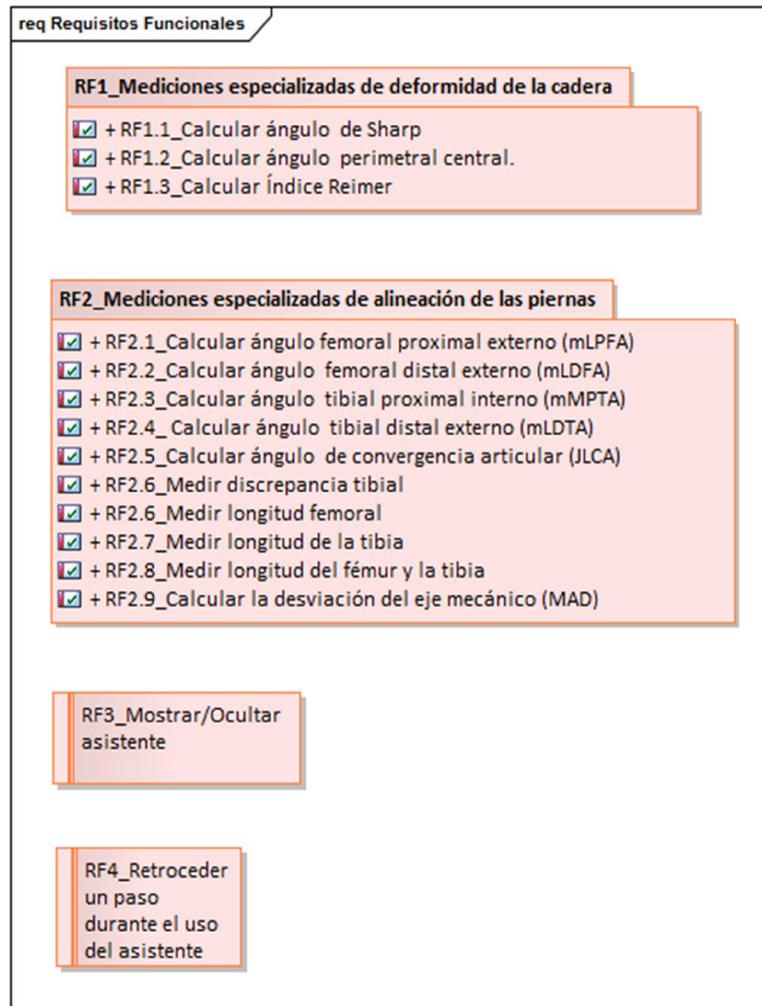


Figura 5. Diagrama de requisitos funcionales de los asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas en el sistema PQO.

Los requerimientos no funcionales son restricciones de los servicios o funciones ofrecidos por el sistema. Incluyen restricciones de tiempo, sobre el proceso de desarrollo y estándares. A menudo se aplican al sistema en su totalidad. Normalmente apenas se aplican a características o servicios individuales del sistema. Como su nombre sugiere, son aquellos requerimientos que no se refieren directamente a las funciones específicas que proporciona el sistema, sino a las propiedades emergentes de éste como la fiabilidad, el tiempo de respuesta y la capacidad de almacenamiento. De forma alternativa, definen las

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

restricciones del sistema como la capacidad de los dispositivos de entrada/salida y las representaciones de datos que se utilizan en las interfaces del sistema. Se asocian con características particulares del sistema; más bien, estos requerimientos especifican o restringen las propiedades emergentes del sistema. (31)

Los requerimientos no funcionales son de gran importancia para que el producto tenga éxito. En ocasiones también generan casos de uso, que serán funcionalidades a desarrollar para el sistema.

Para nombrar los requisitos no funcionales se les asigna un prefijo, estos prefijos están definidos en las Pautas para la Fase de Requerimientos del Departamento de Software Médico Imagenológico (SWMI). En el [Anexo 1](#) se muestra la tabla de los prefijos según la categoría del requisito.

La Tabla 3 muestra los requisitos no funcionales de los asistentes correspondientes a los procesos para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas respectivamente.

## 2.3.2. Descripción de los requerimientos no funcionales.

Requerimiento	Descripción
RNU 1. Facilidad de empleo para usuarios sin experiencia.	El sistema debe tener una interfaz de fácil aprendizaje para que usuarios inexpertos puedan familiarizarse rápidamente.
RNU 2. Se debe destacar la grilla que está activa y la grilla que está señalada por el mouse.	Se deben destacar la grilla activa y la seleccionada por el mouse.
RNU 3. Todas las operaciones se deben realizar sobre la grilla activa.	Todas las operaciones se deben realizar sobre la grilla que se encuentre activa en ese momento.
RNU 4. Doble clic sobre la imagen para visualizarla en pantalla completa y viceversa.	Se debe poder visualizar la imagen en pantalla completa al dar doble clic sobre la misma y viceversa.
RNU 5. Si la imagen no está calibrada no es posible realizar las mediciones.	Para realizar mediciones sobre una imagen la misma debe estar calibrada previamente.

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

RNDI 1. Uso de Framework.Net 4.0.	Se especifica el uso de Microsoft Framework.Net 4.0 que ofrece mejoras en cuanto a administración y rendimiento. El lenguaje de programación C# depende de este Framework.
RNDI 2. C# como lenguaje de programación.	Se deberá utilizar C# como lenguaje de programación pues está diseñado y optimizado para la plataforma .NET.
RNDI 3. Entorno Integrado de Desarrollo Microsoft Visual Studio 2010.	Se utilizará Microsoft Visual Studio 2010 como entorno integrado de desarrollo. Este IDE utiliza como marco de trabajo el Framework.Net 4.0 y soporta C# como lenguaje de programación.
RNDI 4. TortoiseSVN versión 1.6.6 como herramienta para el control de versiones.	Se utilizará la herramienta TortoiseSVN para el control de versiones, la cual puede integrarse al entorno integrado de desarrollo seleccionado.
RNDI 5. Estándar de codificación.	Se utilizará el estándar con notación CamelCase (atributos), PascalCase (métodos) y Notación Húngara (interfaces).
RNDI 6. Uso de Windows Presentation Foundation para el diseño de la interfaz de usuario.	La interfaz de usuario será diseñada utilizando la tecnología Windows Presentation Foundation (WPF).
RNDI 7. Uso de Enterprise Architect como herramienta CASE.	Se utilizará como herramienta CASE Enterprise Architect en su versión 7.5.
RNDI 8. Uso de UML como lenguaje de modelado.	Se utilizará como lenguaje de modelado UML en su versión 2.1.
RNDI 9. Patrones a utilizar para el diseño del sistema.	El patrón de diseño a utilizar es el: Singleton.
RNF 1. Disponibilidad del sistema siempre.	El sistema debe estar disponible siempre.

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

RNF 2. Exactitud en las salidas del sistema.	El sistema debe brindar salidas precisas.
RNS 1. Se debe ofuscar el código generado.	El código generado se debe ofuscar.
RNFO 1. Memoria RAM de 512 Mb.	Para el correcto funcionamiento del sistema, se necesita un CPU Dual Pentium IV 3.0GHz y 512 Mb de memoria RAM como mínimo y se recomienda una tarjeta de red Gigabit Ethernet NIC.
RNFO 2. CPU Dual Pentium IV 3.0GHz.	
RNFO 3. Gigabit Ethernet NIC.	
RNFO 4. Sistema operativo Windows XP Service Pack 3 o superior.	El software debe instalarse sobre el sistema operativo Windows XP Service Pack 3 o superior.
RNFO 5 Capacidad de disco duro 20 GB como mínimo.	La capacidad del disco duro debe ser como mínimo de 20 GB.
RNFO 6 Se puede tener en cuenta la necesidad de una tarjeta de aceleración gráfica.	Para mejores resultados se puede tener en cuenta la necesidad de una tarjeta de aceleración gráfica.
RNIU 1. Fácil acceso a herramientas más usadas.	El sistema debe mostrar las herramientas más usadas en un área de fácil acceso al usuario y visible para el mismo.

Tabla 3. Descripción de los requisitos no funcionales.

### 2.4. Definición de los actores del sistema

Descrito ya el modelo de dominio, los requisitos funcionales y no funcionales correspondientes a los asistentes para el análisis de la deformidad de la cadera y el análisis de la alineación de las piernas para el sistema PQO, se define el actor que interactúa con los casos de uso del sistema.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

Actor	Justificación
	Inicia los casos de uso de los paquetes de las mediciones especializadas de deformidad de la cadera y de la alineación de las piernas.

Tabla 4. Actor del sistema

## 2.5. Diagrama de casos de uso del sistema.

Los diagramas de casos de uso documentan el comportamiento de un sistema desde el punto de vista del usuario. Por lo tanto los casos de uso determinan los requisitos funcionales del sistema, es decir, representan las funciones que un sistema puede ejecutar. Su ventaja principal es la facilidad para interpretarlos, lo que hace que sean especialmente útiles en la comunicación con el cliente. (32)

En la Figura 6 se muestra el diagrama de los casos de uso correspondientes a los procesos para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas en el sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

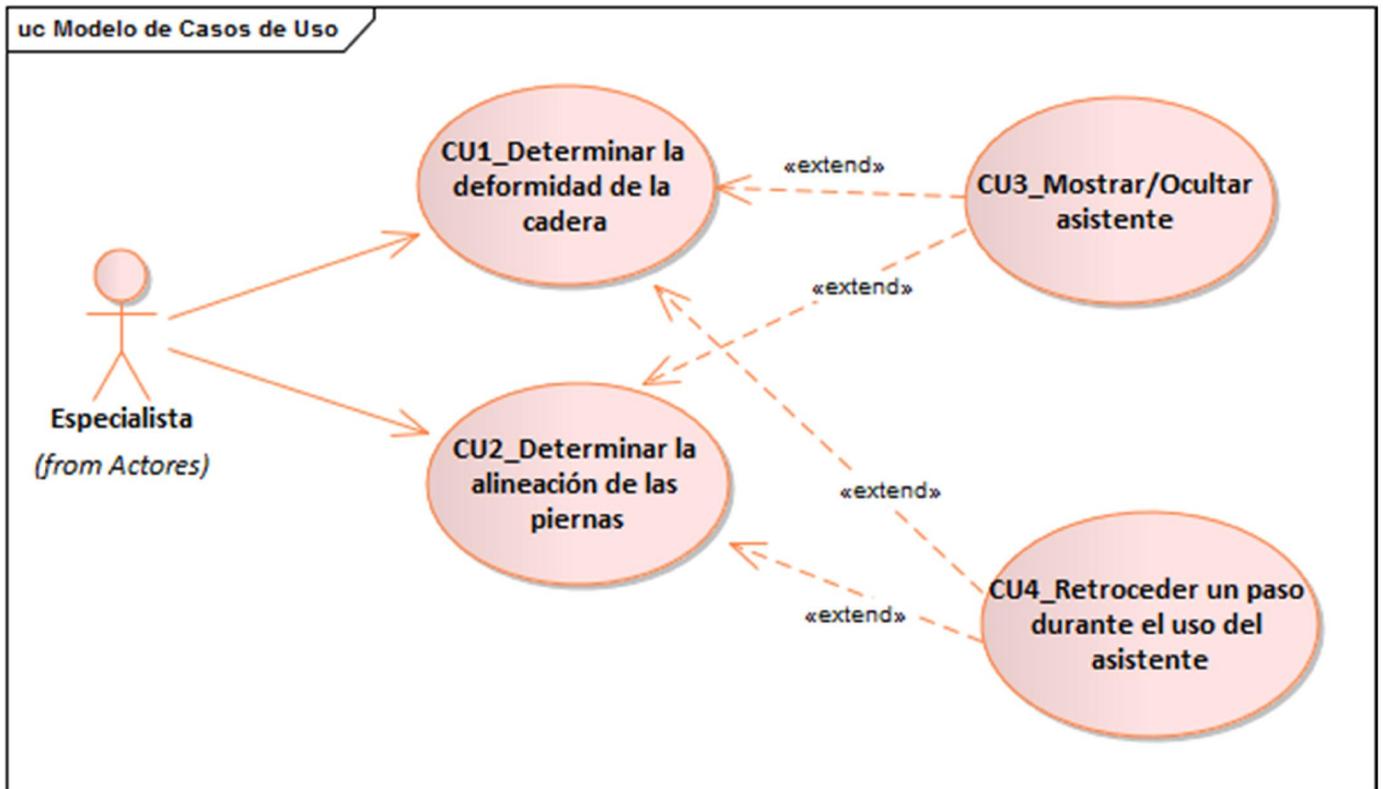


Figura 6. Diagrama de los casos de uso referentes al cálculo del análisis de la deformidad de la cadera y del análisis de la alineación de las piernas para el sistema PQO.

## 2.6. Descripción de los casos de uso del sistema

Las tablas que se muestran a continuación contienen un resumen de los casos de usos del sistema análisis de la deformidad de la cadera y análisis de la alineación de las piernas. En el [Anexo 2](#) se muestran las descripciones textuales completas de los mismos.

### 2.6.1. CUS 1. Análisis de deformidad de la cadera.

<b>Objetivo</b>	El objetivo de este caso de uso es permitir que el especialista analice la deformidad de la cadera.
<b>Actores</b>	Especialista (inicia).

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

<b>Resumen</b>	Una vez que el especialista selecciona la opción de análisis de deformidad de la cadera, puede calcular el ángulo de sharp, el ángulo perimetral central y el índice de reimer.
<b>Complejidad</b>	Alta
<b>Prioridad</b>	Crítico.
<b>Referencias</b>	RF 1.1, RF 1.2, RF 1.3

Tabla 5. Descripción del caso de uso deformidad de la cadera.

### 2.6.2. CUS 2. Análisis de alineación de las piernas.

<b>Objetivo</b>	El objetivo de este caso de uso es realizar el análisis de la alineación de las piernas de un paciente brindando los valores de una serie de ángulos y mediciones necesarias para esta tarea.
<b>Actores</b>	Especialista (inicia).
<b>Resumen</b>	El caso de uso permite calcular la desviación del eje mecánico (MAD) y el valor de los ángulos: femoral proximal externo (mLPFA), femoral distal externo (mLDFA), tibial proximal interno (mMPTA), tibial distal externo (mLDTA), anatómico femoral distal posterior (PDFA), anatómico tibial proximal posterior (PPTA), anatómico tibial distal anterior (ADTA) y el ángulo de convergencia articular (JLCA). Además de medir la discrepancia tibial y diferencia de longitud de la pierna izquierda y derecha. Medir longitud femoral, longitud de la tibia, así como la longitud del fémur hasta la tibia.
<b>Complejidad</b>	Alta
<b>Prioridad</b>	Crítico
<b>Referencias</b>	RF 1.2, RF 1.3, RF 1.4, RF 1.5, RF 1.6, RF 1.7, RF 1.8, RF 1.9, RF 1.10, RF 1.11, RF 1.12, RF 1.13, RF 1.14

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

Tabla 6. Descripción del caso de uso alineación de las piernas.

## 2.6.3. CUS 3. Mostrar/Ocultar asistente.

<b>Objetivo</b>	El objetivo de este caso de uso es proporcionar al especialista la opción de ocultar en caso de ser necesario el asistente, pero, teniendo en cuenta, que nuevamente se puede utilizar, entonces aparece la opción mostrar, donde se visualiza nuevamente el asistente.
<b>Actores</b>	Especialista (inicia).
<b>Resumen</b>	Este caso de uso permite que durante el trabajo con el asistente si es necesario tratar otra área especializada, ocultar el asistente. Si el especialista desea analizar otras mediciones especializadas que se encuentran en otras regiones atómicas, con el objetivo de establecer comparaciones con los resultados arrojados por el asistente, se procede a la opción de mostrar, donde se visualiza el asistente en el mismo punto donde fue dejado de usar.
<b>Complejidad</b>	Baja
<b>Prioridad</b>	Importante
<b>Referencias</b>	RF 3

Tabla 7. Descripción del caso de uso Mostrar/Ocultar asistente.

## 2.6.4. CUS 4. Retroceder un paso durante el uso del asistente.

<b>Objetivo</b>	El objetivo de este caso de uso es darle una opción al especialista de ubicar los puntos de anclaje de una forma acertada y en caso de equivocarse reubicar dichos puntos.
<b>Actores</b>	Especialista (inicia).
<b>Resumen</b>	Este caso de uso permite a que el especialista cuando esté realizando el marcado de los puntos de anclaje en la imagen DICOM pueda

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

	retroceder un paso atrás y volver a ubicar uno de los puntos.
<b>Complejidad</b>	Baja
<b>Prioridad</b>	Importante
<b>Referencias</b>	RF 4

Tabla 8. Descripción del caso de uso Retroceder un paso durante el uso del asistente.

En este capítulo se establecen los requisitos funcionales y no funcionales con los que deben contar los asistentes para lograr una configuración centralizada, se identificó el actor que interviene y se realizó una descripción de forma detallada de los casos de uso del sistema logrando un mejor entendimiento de los asistentes a desarrollar.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

## CAPÍTULO 3. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA

En este capítulo se presenta la arquitectura del sistema y se realiza una breve descripción de las clases involucradas en la realización de los casos de uso análisis de la deformidad de la cadera y análisis de la alineación de las piernas, obteniéndose los principales artefactos, como son los diagramas de clases del diseño y los diagramas de secuencia.

### 3.1. Diseño.

En la fase de diseño se transforman los requerimientos en un modelo de diseño del sistema a implementar, se define la arquitectura robusta para el sistema y se adapta el mismo a un entorno de implementación, diseñado pensando en la eficiencia. Esto permite que el sistema cumpla con parámetros como extensibilidad, reusabilidad, compatibilidad, portabilidad y robustez, lo que permite que todo el software alcance un alto nivel de calidad. (33)

Esta fase tiene como objetivo fundamental convertir los requisitos del software en especificidades que describan cómo va a ser implementado el sistema. El diseño debe estar bien especificado para que el sistema pueda ser implementado sin imprecisiones, para ello se elaboran los diagramas de clases del diseño que muestran las clases participantes en la realización de un caso de uso con todos sus atributos. Los diagramas de clases del diseño de los casos de usos análisis de la deformidad de la cadera y análisis de la alineación de las piernas se encuentran en el [anexo 3](#).

Para describir gráficamente un caso de uso o escenario son utilizados los diagramas de secuencia, mediante los cuales se detalla el flujo de acciones entre objetos, haciendo uso de mensajes. En el [anexo 4](#) se presentan aquellos vinculados a los casos de usos análisis de la deformidad de cadera y el análisis de la alineación de las piernas.

#### 3.1.1. Patrones de diseño.

Un patrón de diseño describe una estructura de diseño que resuelve un problema de diseño particular dentro de un contexto específico y en medio de “fuerzas” que pueden tener un impacto en la manera en que se aplica y utiliza el patrón. (34)

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

Para el diseño de los asistentes se utilizó el patrón Singleton y su aplicación se puso de manifiesto cuando surgió la necesidad de crear una instancia del asistente utilizado por el especialista en un instante de tiempo.

Para ello existen parámetros que deben cumplirse dentro del constructor de la clase, el cual comprueba antes de crear una nueva instancia si ya existe alguna, en tal caso se retorna la instancia creada, en caso contrario se procede a crearla. Este patrón creacional garantizó la existencia de una única instancia de cada uno de los asistentes y la creación de un mecanismo de acceso global a dicha instancia.

## **3.2. Arquitectura.**

La arquitectura constituye una representación, un modelo descifrable de cómo el sistema está organizado y cómo sus componentes se relacionan entre sí. Incluye decisiones significativas en cuanto a la distribución del sistema, componentes e interfaces estructurales y sus comportamientos, así como el estilo de la arquitectura. Tiene como objetivos primordiales la caracterización de requerimientos críticos en la estructura del sistema y la disminución de riesgos asociados a la construcción del mismo. Debe orientarse a las necesidades del cliente y ser flexible en cuanto a futuras modificaciones tanto de software como de hardware evitando que efectos inesperados tengan repercusión en el sistema.

En el sistema PQO se utiliza una arquitectura híbrida, que integra una serie de elementos de diferentes arquitecturas: la arquitectura orientada a dominio (DDD, por sus siglas en inglés) que permite aislar tanto como sea posible el código del Modelo del Dominio disminuyendo así las posibilidades de tener que realizar cambios en otras áreas de la aplicación, la arquitectura orientada a servicios (SOA, por sus siglas en inglés), que permite a las extensiones conocer qué herramientas posee para llevar a cabo su funcionalidad y la arquitectura basada en extensiones que permitió que los asistentes se integraran al PQO como un componente (plug-in) en tiempo de ejecución.

Esta última se evidenció en el desarrollo de los asistentes, pues no hubo necesidad de redistribuir un nuevo ejecutable. Al mismo tiempo facilitó durante el proceso la adaptación a cambios en los requisitos, añadiendo o modificando una funcionalidad a través de la creación o modificación de la extensión adecuada. Manager Extensibility Framework (MEF por sus siglas en inglés) es la herramienta utilizada para el trabajo con esta arquitectura, aportando extensibilidad automática y ligereza al sistema.

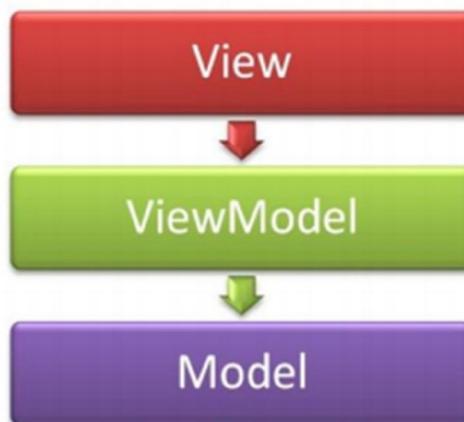
# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

## 3.2.1. Patrones arquitectónicos.

El uso de patrones arquitectónicos en los asistentes se ve reflejado también con el objetivo de habilitar el desacoplamiento entre capas. El patrón de Inversión de Control fue utilizado para describir técnicas con el objetivo de soportar una arquitectura tipo “plug-in”, donde los objetos pueden buscar instancias de otros objetos que requieren y de los cuales dependen.

El patrón de Inyección de Dependencias (DI, por sus siglas en inglés) es un caso especial del patrón Inversión de Control, en el que se suplén objetos/dependencias a una clase en lugar de ser la propia clase quien cree los objetos/dependencias que necesita. (35)

Se utilizó como patrón arquitectónico Model View ViewModel. Su función esencial es separar el modelo (Model) de la vista (View), introduciendo una capa abstracta entre ellos denominada modelo de vista (ViewModel). El modelo representa los datos o información con la que se trabaja, contiene la información, pero no las acciones o servicios que la manipulan. La lógica de la aplicación es generalmente mantenida en clases separadas del modelo y actúan en él. En MVVM la vista es activa, contiene comportamientos, eventos y enlaces a datos que, hasta cierto punto, necesitan saber sobre el modelo subyacente y el modelo de vista. Aunque tales eventos y comportamientos son asociados a propiedades, métodos y comandos, la vista es aún responsable de manejar sus propios eventos y no pasa esta tarea al modelo de vista. La vista no es responsable de llevar cuenta de su estado. El modelo de vista se encarga de ello y mantiene la vista al tanto de los cambios.



# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

Figura 7. Patrón MVVM (Model-View-ViewModel).

### 3.3. Descripción de las clases.

Los diagramas de clases permiten representar las clases existentes en el sistema, los atributos y métodos que contienen y las relaciones entre ellas. La descripción de las clases asegura toda la información necesaria sobre la interacción entre aquellas que están involucradas en la realización de los casos de usos análisis de la deformidad de la cadera y análisis de la alineación de las piernas. Dichas descripciones aparecen en el [Anexo 5](#).

En este capítulo se detallaron aspectos fundamentales del diseño como los diagramas de clases del diseño, diagramas de secuencia, la descripción de las clases y el modelo arquitectónico. Todo esto representa la base para la disciplina de implementación.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

## CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN

El flujo de trabajo de implementación se inicia con el resultado del diseño y se implementa el sistema en términos de componentes. En este capítulo se presentan el modelo de componentes y el modelo de despliegue del componente desarrollado dando una visión de cómo quedará desarrollada y distribuida la aplicación.

### 4.1. Diagrama de componentes.

Un diagrama de componentes representa la separación de un sistema de software en componentes físicos (por ejemplo archivos, cabeceras, módulos, paquetes, etc.) y muestra las dependencias entre ellos. Estos son utilizados para modelar la vista estática de un sistema. No es necesario que un diagrama incluya todos los componentes del sistema, normalmente se realizan por partes. Cada uno describe un apartado del sistema. (36)

En él se situarán librerías, tablas, archivos, ejecutables y documentos que formen parte del sistema. Los componentes representan todos los tipos de elementos de software que entran en la fabricación de aplicaciones informáticas. (37)

En la figura 8 se muestra el diagrama de componentes del asistente para el análisis de deformidad de la cadera en el sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

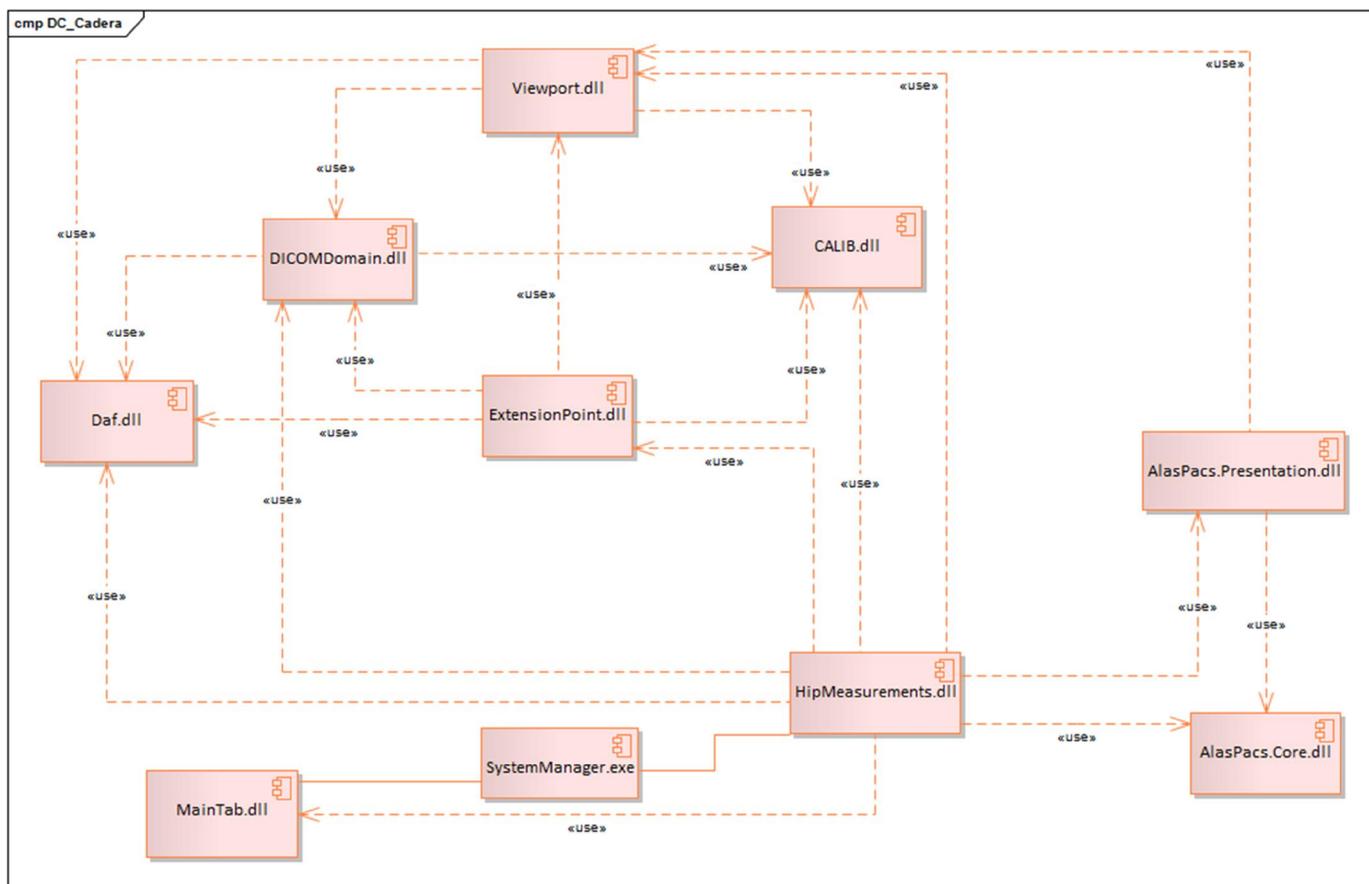


Figura 8. Diagrama de componentes del asistente para el análisis de deformidad de la cadera.

## 4.1.1. Descripción de los componentes del asistente para el análisis de deformidad de la cadera.

Componente	Descripción
Viewport.dll	Componente que contiene la clase MeasureBuilderBehavior, de la que heredan las clases donde fueron implementadas las mediciones. Esta clase define cómo debe ser manejada la medición, por cuántos puntos está compuesta, qué valor muestra cuando se termina de dibujar y, la lógica que permite su modificación.

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

DICOMDomain.dll	Esta biblioteca se encarga de construir un conjunto de clases que permite la fácil interacción con los datos que brinda una imagen DICOM. Es utilizada en el asistente para obtener datos referentes a la calibración de la imagen cargada.
CALIB.dll	Librería para el procesamiento y transmisión de las imágenes DICOM.
Daf.dll	Componente que provee la clase NotificationCollection<T>, utilizada por la extensión HipMeasurements.dll y dentro de ésta el asistente para notificar cambios en la imagen como adición y eliminación de elementos en la imagen. Cuenta con la clase ServiceLocator que permite localizar servicios. Se utiliza en la clase ViewModelConfig de esta librería, que facilita el trabajo con el patrón MVVM.
ExtensionPoint.dll	Contiene los contratos que definen la interacción entre el sistema y las partes extensibles del mismo. Se empleó para subscribirse a cambios de idiomas que el sistema sufra, de tal forma que los textos que se muestran en las descripciones y títulos de las mediciones cambien en correspondencia con el lenguaje del sistema.
AlasPacs.Presentation.dll	Es la biblioteca encargada de proveer los contratos que están expuestos por los servicios que brinda AlasPacs.Core.dll y se ocupa de manejar cuestiones de presentación, ya sea de interfaz de usuario, de interactividad, entre otros.
AlasPacs.Core.dll	Contiene el catálogo de servicios que el sistema brinda a sus extensiones y maneja la localización del mismo. En el módulo se emplea para conectar las mediciones al sistema.
HipMeasurements.dll	Componente que apoya al PQO y se integra al sistema como

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

	un complemento en tiempo de ejecución, brindando el servicio de mediciones especializadas de la cadera, entre las que se encuentran el conjunto de mediciones que dan lugar al análisis de deformidad de la cadera y donde se incluye en forma de plugin el asistente.
SystemManager.exe	Es un ejecutable que se encarga de cargar todos los componentes y librerías al iniciarse el sistema PQO.
MainTab.dll	Componente dentro del que se integra la extensión HipMeasurements.dll y dentro de éste el asistente.

Tabla 9. Descripción de los componentes del asistente para el análisis de deformidad de la cadera.

En la figura 9 se muestra el diagrama de componentes del asistente para el análisis de alineación de las piernas en el sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

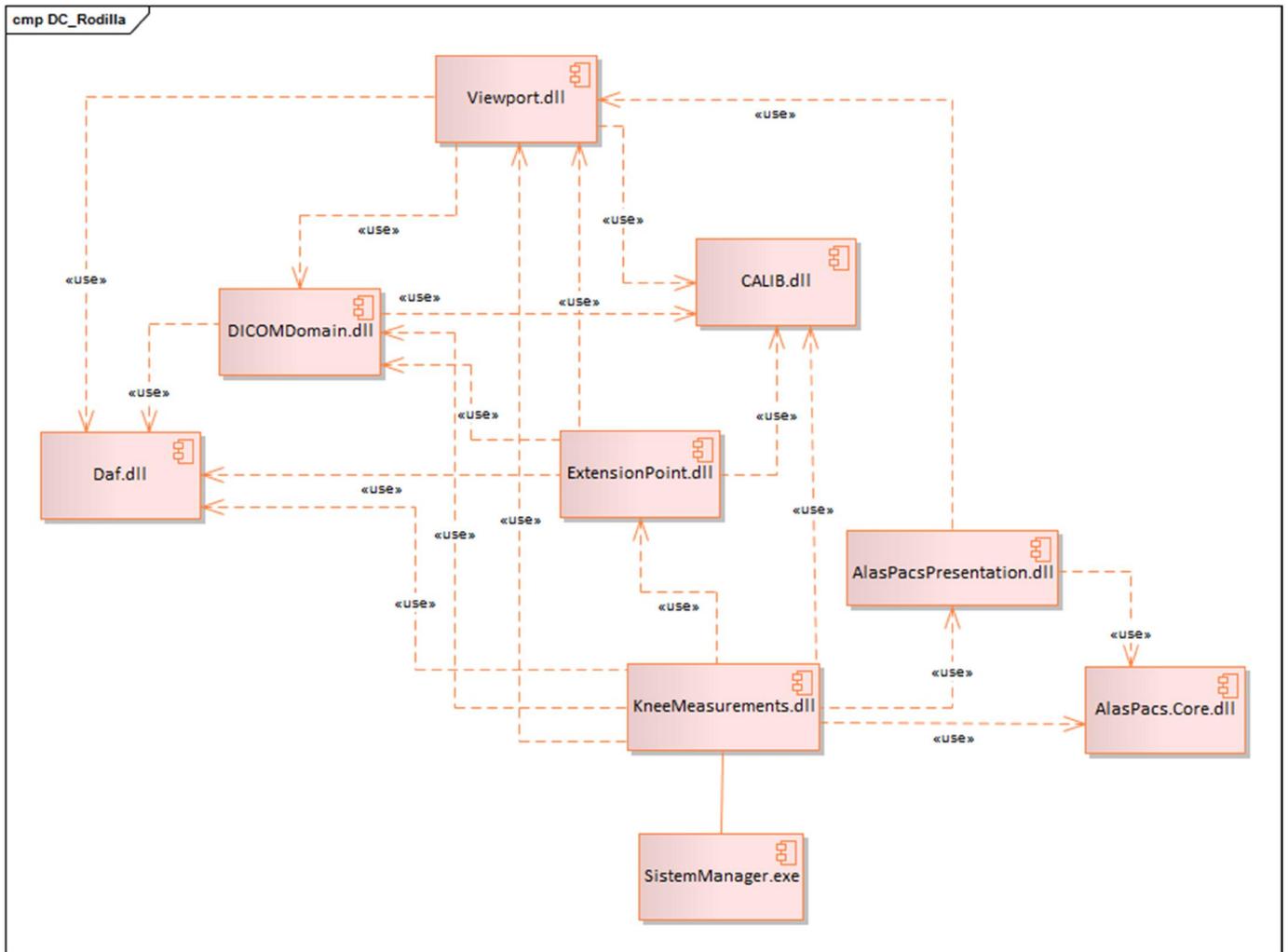


Figura 9. Diagrama de componentes del asistente para el análisis de alineación de las piernas.

## 4.1.2. Descripción de los componentes del asistente para el análisis de alineación de las piernas.

Componente	Descripción
Viewport.dll	Componente que contiene la clase MeasureBuilderBehavior, de la que heredan las clases donde fueron implementadas las mediciones. Esta clase define cómo debe ser manejada la medición, por cuántos puntos está compuesta, qué valor

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

	muestra cuando se termina de dibujar y, la lógica que permite su modificación.
DICOMDomain.dll	Esta biblioteca se encarga de construir un conjunto de clases que permite la fácil interacción con los datos que brinda una imagen DICOM. Es utilizada en el asistente para obtener datos referentes a la calibración de la imagen cargada.
CALIB.dll	Librería para el procesamiento y transmisión de las imágenes DICOM.
Daf.dll	Componente que provee la clase NotificationCollection<T>, utilizada por la extensión KneeMeasurements.dll y dentro de ésta el asistente para notificar cambios en la imagen como adición y eliminación de elementos en la imagen. Cuenta con la clase ServiceLocator que permite localizar servicios. Se utiliza en la clase ViewModelConfig de esta librería, que facilita el trabajo con el patrón MVVM.
ExtensionPoint.dll	Contiene los contratos que definen la interacción entre el sistema y las partes extensibles del mismo. Se empleó para subscribirse a cambios de idiomas que el sistema sufra, de tal forma que los textos que se muestran en las descripciones y títulos de las mediciones cambien en correspondencia con el lenguaje del sistema.
AlasPacs.Presentation.dll	Es la biblioteca encargada de proveer los contratos que están expuestos por los servicios que brinda AlasPacs.Core.dll y se ocupa de manejar cuestiones de presentación, ya sea de interfaz de usuario, de interactividad, entre otros.
AlasPacs.Core.dll	Contiene el catálogo de servicios que el sistema brinda a sus extensiones y maneja la localización del mismo. En el módulo

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

	se emplea para conectar las mediciones al sistema.
KneeMeasurements.dll	Componente que apoya al PQO y se integra al sistema como un complemento en tiempo de ejecución, brindando el servicio de mediciones especializadas de la rodilla, entre las que se encuentran el conjunto de mediciones que dan lugar al análisis de alineación de las piernas y donde se incluye en forma de plugin el asistente.
SystemManager.exe	Es un ejecutable que se encarga de cargar todos los componentes y librerías al iniciarse el sistema PQO.

Tabla 10. Descripción de los componentes del asistente para el análisis de alineación de las piernas.

### 4.2. Diagrama de despliegue.

Los diagramas de despliegue muestran la disposición física de los distintos nodos que componen un sistema y el reparto de los componentes sobre dichos nodos. Un nodo es un elemento físico que existe en tiempo de ejecución y representa un recurso computacional, que generalmente tiene algo de memoria y a menudo, capacidad de procesamiento. Estos se utilizan para modelar la topología del hardware sobre el que se ejecuta el sistema. Representa típicamente un procesador o un dispositivo sobre el que se pueden desplegar los componentes. (38)

En la figura 10 se muestra el modelo de despliegue del sistema de Planificador Quirúrgico Ortopédico.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

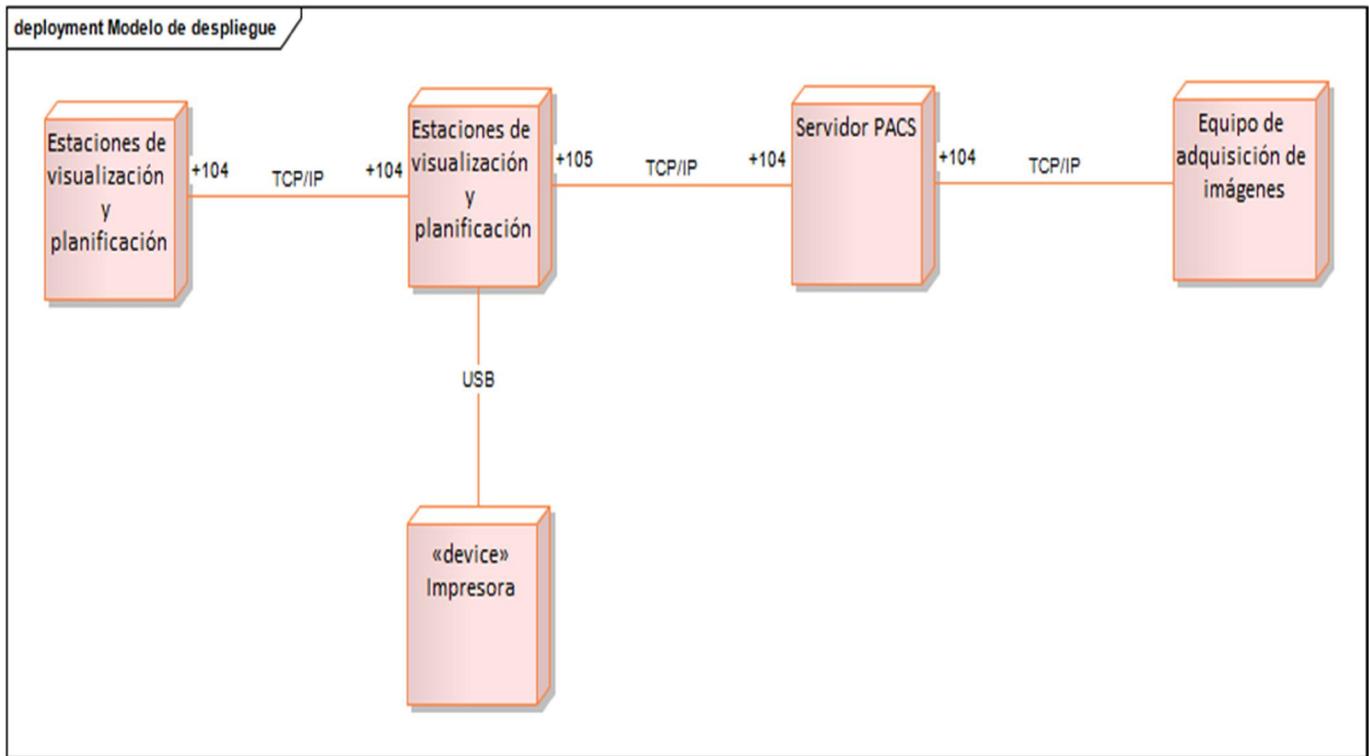


Figura 10. Modelo de despliegue.

## 4.2.1. Descripción de los nodos.

Nodo	Descripción
Equipos de adquisición de imágenes	Representa los equipos médicos que realizan los estudios a los pacientes y envían las imágenes al servidor PACS a través de una conexión TCP/IP por el puerto 104.
Servidor PACS	Este nodo representa el servidor que permitirá la gestión del archivo imagenológico de un hospital. Este se comunica con las estaciones a través de una conexión TCP/IP por el puerto 105.
Estaciones de	Estas estaciones son las utilizadas por los especialistas para

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

visualización y planificación	realizar la visualización y el procesamiento de las imágenes médicas; así como realizar la planificación quirúrgica ortopédica de cirugías. Las estaciones de visualización y planificación pueden comunicarse entre ellas a través de una conexión TCP/IP por el puerto 104.
Impresora	Permite imprimir imágenes médicas en impresoras DICOM (impresión en placas) o la impresión de los informes generados en las estaciones de visualización y planificación.

Tabla 11. Descripción de los nodos.

## 4.3. Estándares de codificación.

Los estándares de codificación son patrones utilizados en la fase de implementación de un sistema informático. En ellos se detallan todos los aspectos de la generación del código en el cual no se define la lógica del programa, sino a su estructura para facilitar la lectura, comprensión y mantenimiento del código. En los grupos de programadores de cada uno de los equipos de desarrollo del software, se especifican los aspectos a estandarizar y el estilo a utilizar para cada uno de dichos aspectos.

Los aspectos para los que generalmente se establecen estándares son los siguientes:

- Identificadores.
- Indentación.
- Comentarios.

### 4.3.1. Identificadores.

Existen actualmente en el mundo numerosos estándares de codificación que cuentan con rasgos distintivos. En la fase de implementación, durante el desarrollo de los asistentes, se utilizó el estándar con notación CamelCase; este es un estilo de escritura que se aplica a frases o palabras compuestas y se puede clasificar en UpperCamelCase, cuando la primera letra de cada una de las palabras es mayúscula, ejemplo: EjemploDeUpperCamelCase y en lowerCamelCase, igual que la anterior con la excepción de que la primera letra es minúscula, ejemplo: ejemploDeLowerCamelCase; esta última clasificación fue utilizada en la

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

definición de los atributos de nombres compuestos y en el caso de los de nombre simples comienzan con minúscula.

En la clase controladora “Alineación de piernas”, específicamente en el método “OnAddAnchor” se definió la siguiente variable donde se evidencia la utilización del estilo aplicado en los atributos:

```
var mechanicalAxis = _math.DrawSimpleLine(p1, line4Middle, mg1);
```

En el caso de los métodos, según su estilo el estándar empleado fue PascalCase, que cumple con los mismos requerimientos descritos anteriormente sobre UpperCamelCase. Aunque PascalCase puede ajustarse y ser un tipo de CamelCase si se trata de conceptualizar no sucede lo mismo de forma inversa.

En la clase controladora “DeformidadCadera”, específicamente en el método “MouseDown” se muestra un ejemplo del estilo utilizado en cada uno de los métodos de las clases referentes a los asistentes desarrollados:

```
protected override void MouseDown(object sender, System.Windows.Input.MouseButtonEventArgs e)  
{  
    base.MouseDown(sender, e);  
    if (asist != null) asist.CambiarImageTexto();  
}
```

La notación húngara es un sistema usado normalmente para los nombres de variables. También se utiliza para nombrar las instancias de objetos en lenguajes de programación visuales, como por ejemplo C#. En el desarrollo de los asistentes se evidenció en la implementación de las interfaces este estándar, que consiste en prefijos que se añaden a los nombres de las variables y que indican su tipo. El resto del nombre indica, lo más claramente posible, la función que realiza la variable.

Este ejemplo evidencia lo argumentado anteriormente en la clase controladora “DeformidadCadera”:

```
private IViewer _viewer;  
public DeformidadCadera(IViewer viewer)
```

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

## 4.3.2. Llaves.

Para el desarrollo de los asistentes quedó definido en el código que las llaves de apertura se colocarán solitarias en la línea siguiente e indentadas al nivel de la línea cabecera del bloque. Las llaves de cierre se colocarán solitarias en la línea que sigue a la última línea dentro del bloque. En el caso de cuerpos de bloque con una sola sentencia se podrá o no usar las llaves a gusto del programador. Este estilo provoca que al ubicarse las llaves solas en una línea, se generan más líneas de código al programa, pero al mismo tiempo se logra que el código tenga mayor legibilidad y esté mejor estructurado.

Este ejemplo muestra la utilización del estándar definido anteriormente en el desarrollo de los asistentes en la clase "CustomExpanderDefCad":

### **public Visibility TreeViewVisibility**

```
{  
    get { return _treeViewVisibility; }  
    set  
    {  
        if (_treeViewVisibility == value) return;  
        _treeViewVisibility = value;  
        OnPropertyChanged("TreeViewVisibility");  
    }  
}
```

## 4.3.3. Comentarios.

La utilización de los comentarios en el desarrollo de los asistentes fue muy importante, ya que se describe la funcionalidad de algunos métodos de difícil comprensión y, además de que a futuros cambios se facilita la reutilización del código. Se utilizó el estándar de comentarios de una sola línea, que cuenta con la sintaxis en C# "//". Se aplicó a los métodos en la línea encima de su implementación y en las interfaces especificando datos de importancia. También existe otra clasificación, la de los comentarios temporales, que

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

posteriormente después de ser utilizados y en caso de no necesitarse deben eliminarse para evitar que el código cuente con una mala estructuración.

A través de este ejemplo se puede evidenciar un bloque de comentarios correspondiente a la interfaz “” :

**//para la transición de imágenes y textos//**

```
public void Update()
{
    if (++_cont >= _images.Length) return;
    Image.Source = new BitmapImage(new Uri(_images[_cont]));
    Texto.Text = new StreamReader(_texts[_cont]).ReadLine();
}
```

**/// <summary>**

**/// Interaction logic for CustomExpanderDefCad.xaml**

**/// </summary>**

En este capítulo se mostraron los elementos relacionados con la implementación del sistema y las relaciones que existen entre cada uno de ellos a través del diagrama de componentes y del diagrama de despliegue con el objetivo de conseguir una implementación lo más cercana posible al diseño propuesto en el Capítulo 3. Se dieron a conocer los elementos generales relacionados con la implementación de los casos de usos arquitectónicamente.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

## CONCLUSIONES

Con la presente investigación se incorporaron a los módulos de cadera y rodilla, los asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas respectivamente al sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica.

- El análisis de los fundamentos teóricos de la investigación permitió comprender totalmente el negocio en el cual se encontraba enmarcado el problema existente.
- Para el desarrollo de las funcionalidades del sistema se tomó como base principal el estudio realizado a los sistemas informáticos de planificación preoperatoria que incorporan asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas.
- El uso de la arquitectura basada en extensiones y el patrón arquitectónico MVVM, logró que en el sistema existiera una rápida adaptación ante situaciones de cambio, gran flexibilidad, y robustez en la solución.
- El acoplamiento de los asistentes al PQO, apoyará la planificación preoperatoria durante operaciones ortopédicas de cadera y rodilla; logrando mayor agilidad y precisión en los procesos para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

## **RECOMENDACIONES**

Con el fin de mejorar la calidad y utilidad del sistema propuesto, se plantea la siguiente recomendación:

- Incorporar al asistente que determina el proceso para el análisis de alineación de las piernas, una funcionalidad que permita realizarlo, de manera independiente en cada una de las piernas.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Ledo, Ariel Delgado Ramos y María Vidal.** *Informática en la salud pública cubana.* La Habana : s.n., 2006.
2. **PAS, Grupo.** *Estándar y Protocolo de Imágenes Médicas DICOM.* Universidad de Deusto : s.n., 2005.
3. **Ramírez, Esmitt.** *Planificación Preoperatoria Digital en Traumatología.* Caracas : s.n., 2009. ISSN 1316-6239.
4. **Esmitt Ramírez, Ernesto Coto.** *TRAUMAPLAN: para la planificación preoperatoria en traumatología.* 2011.
5. **FRACTURAS / ORTOPEDIA / ARTROSCOPIA/.** *FRACTURAS / ORTOPEDIA / ARTROSCOPIA/.* [En línea] 2011. [Citado el: 4 de abril de 2014.] <http://www.ortopedistacenteno.com>.
6. **Martínez M. A., Jiménez A.J.R, Medina B. V. Azpiroz L. J.** Area de procesamiento digital de imágenes . *LOS SISTEMAS PACS.* [En línea] [Citado el: 5 de abril de 2014.] <http://itzamna.uam.mx/pdsib/PROYECTOS/PACS/PACS.HTML>.
7. **Martínez, Albert y Chavarría, Miguel.** *Manual de salud electrónica para directivos de servicios y sistemas de salud. Capítulo VI: Gestión de la imagen médica digital. PACS.* 2012.
8. **Ballesteros Herranz, Fernando.** *Desarrollo de aplicaciones DICOM para la gestión de imágenes.* 2003.
9. **Cuenca, Jorge Juan Suárez.** *Desarrollo de un sistema de diagnóstico asistido por computador para detección de nódulos pulmonares en tomografía computarizada multicorte.* Santiago de Compostela : s.n., 2008.
10. **Mateos, García.** *Proyectos de Fin de Carrera.* [En línea] [Citado el: 4 de abril de 2014.] <http://dis.um.es/~ginesgm/varios.html>.
11. **Orthocrat.** *TraumaCad User's Guide.* 2008.
12. **Voyant Healt Ltd.** *TraumaCad Administrator's Guide Version 2.2.* The Netherlands : s.n., 2009.
13. **OrthoView™.** *MÓDULO PARA CREAR PLANTILLAS DIGITALES ORTOPÉDICAS Y PLANEAR EL TIPO.* 2012.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

14. **AGFA Health Care.** AGFA Health Care. *AGFA Health Care*. [En línea] [Citado el: 4 de abril de 2014.] [http://www.agfahealthcare.com/latam/es/main/products\\_services/ris\\_pacs\\_reporting/pacs/impax\\_60.jsp](http://www.agfahealthcare.com/latam/es/main/products_services/ris_pacs_reporting/pacs/impax_60.jsp).
15. **Merge.** Merge Healthcare. *Merge Healthcare*. [En línea] Merge Healthcare. [Citado el: 4 de abril de 2014.] <http://www.merge.com>.
16. Información general y conceptual sobre .NET Framework. [En línea] [Citado el: 4 de abril de 2014.] <http://msdn.microsoft.com/es-ve/library/zw4w595w.aspx>.
17. **Marzal, Andrés.** *Desarrollo de aplicaciones con .NET y WPF*. 2010.
18. WPF aplicaciones con el patrón de diseño Model - View- ViewModel. [En línea] [Citado el: 4 de abril de 2014.] <http://msdn.microsoft.com/es-es/magazine/dd419663.aspx>.
19. **Microsoft.** msdn. *msdn*. [En línea] 2013. [Citado el: 4 de abril de 2014.] <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/dd460648.aspx>.
20. **Cortijo Bon, Francisco.** Curso de C#. [En línea] [Citado el: 5 de abril de 2014.] <http://elvex.ugr.es/decsai/csharp/language/intro.xml>.
21. **msdn.** Introducción al lenguaje C# y .NET Framework. *Introducción al lenguaje C# y .NET Framework*. [En línea] 2013. [Citado el: 5 de abril de 2014.] <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/z1zx9t92%28v=vs.100%29.aspx>.
22. VATES ingeniería de software. *VATES ingeniería de software*. [En línea] 2013. [Citado el: 5 de abril de 2014.] <http://www.vates.com/cmimi/cmimi.html>.
23. **J. Jacobson, G. Booch, J. Rumbaugh.** *EL PROCESO UNIFICADO DE DESARROLLO DE SOFTWARE*. Madrid : PEARSON EDUCACIÓN.S. A., 2000. 84-7829-036-2.
24. **Larman, Craig.** *UML y Patrones.Introducción al análisis y diseño orientado a objetos*. México : PRENTICE HALL, 1999. ISBN: 970-17-0261-1.
25. KDE Documentation. *KDE Documentation*. [En línea] [Citado el: 5 de abril de 2014.] <http://docs.kde.org/stable/es/kdesdk/umbrello/uml-basics.html>.
26. **Sparx Systems.** *Enterprise Architect User Guide*. 2009.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

27. **Partner, Microsoft.** ITTalent. *ITTalent*. [En línea] [Citado el: 6 de abril de 2014.] <http://www.ittalent.com.co:26619/Certificaciones/VISUALST/Paginas/default.aspx>.
28. **Microsoft.** Visual Studio 2010. *Microsoft*. [En línea] 2010. [Citado el: 6 de abril de 2014.] <http://www.microsoft.com/spain/visualstudio/products/2010->.
29. **EtnasSoft.** OpenLibra. *OpenLibra*. [En línea] 2011. [Citado el: 6 de abril de 2014.] <http://www.etnassoft.com/biblioteca/tortoisesvn-un-cliente-de->.
30. **Garcerant, Iván.** Tecnología y Synenergix. *Tecnología y Synenergix*. [En línea] 10 de julio de 2008. [Citado el: 6 de abril de 2014.] <http://synergix.wordpress.com/2008/07/10/modelo-de-dominio>.
31. **Sosa, Ángel Gabriel Olivera.** scribd. *scribd*. [En línea] 6 de septiembre de 2010. [Citado el: 6 de abril de 2014.] <http://es.scribd.com/doc/37187866/Requerimientos-funcionales-y-no-funcionales>.
32. **Tello, Jesús Cáceres.** *Diagramas de Casos de Uso*. Universidad de Alcalá : s.n., 2013.
33. **Gil, Manuel Torres.** *Fundamentos del diseño de software. Ingeniería del software y diseño del software*. Almería : s.n., 2010.
34. **Pressman, Roger S.** *INGENIERÍA DEL SOFTWARE. Sexta edición*.
35. **Architecture, Microsoft.** *Guía de Arquitectura N-Capas orientada al Dominio con .NET 4.0*. 2010.
36. Teoría 1: El arte de modelar. [En línea] 2010. [Citado el: 7 de abril de 2014.] <http://fineans.usac.edu.gt:8001/rid=1HV0BP15X-15DBYBZ-FH/UML->.
37. Modelo de Implementación:Diagramas de Componentes y Despliegue. [En línea] [Citado el: 8 de abril de 2014.] <http://www.dsi.uclm.es/asignaturas/42530/pdf/M2tema12.pdf>.
38. **Informáticos, Departamento de Sistemas.** UCLM. Modelo de Implementación. Diagramas de Componentes y Despliegue. [En línea] [Citado el: 8 de abril de 2014.] <http://www.dsi.uclm.es/asignaturas/42530/pdf/M2tema12.pdf>.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

## BIBLIOGRAFÍA

2011. / FRACTURAS / ORTOPEDIA / ARTROSCOPIA. /FRACTURAS / ORTOPEDIA / ARTROSCOPIA. [En línea] 2011. [Citado el: abril 4, 2014.] <http://www.ortopedistacenteno.com/>.

AGFA Health Care. AGFA Health Care. AGFA Health Care. [En línea] [Citado el: abril 4, 2014.] [http://www.agfahealthcare.com/latam/es/main/products\\_services/ris\\_pacs\\_reporting/pacs/impax\\_60.jsp...](http://www.agfahealthcare.com/latam/es/main/products_services/ris_pacs_reporting/pacs/impax_60.jsp...)

—. AGFA Health Care. AGFA Health Care. [En línea] [Citado el: abril 4, 2014.] [http://www.agfahealthcare.com/global/en/main/products\\_services/diagnostic\\_and\\_clinical\\_applications/diagnostic\\_clinical\\_applications/impax\\_orthopaedic\\_tools.jsp...](http://www.agfahealthcare.com/global/en/main/products_services/diagnostic_and_clinical_applications/diagnostic_clinical_applications/impax_orthopaedic_tools.jsp...)

Architecture, Microsoft. 2010. Guía de Arquitectura N-Capas orientada al Dominio con .NET 4.0. 2010.

Ballesteros Herranz, Fernando. 2003. Desarrollo de aplicaciones DICOM para la gestión de imágenes. 2003.

Beth Chrissis, Mary, Konrad, Mike y Shrum, Sandy. CMMI. Guidelines for Process Integration and Products Improvement. Boston : s.n.

Cartelle Cruz, Maria de Jesús y Vega Aguilar, Denys Barbaro. Trabajo de diploma: Sistema para la planificación quirúrgica ortopédica. La Habana : s.n., 2011.

Cedara Software Corp; Cedara OrthoWorks SpineAnalyzer Product Sheet.

Cortijo Bon, Francisco. Curso de C#. [En línea] [Citado el: abril 5, 2014.] <http://elvex.ugr.es/decsai/csharp/language/intro.xml>.

Cuenca, Jorge Juan Suárez. 2008. Desarrollo de un sistema de diagnóstico asistido por computador para detección de nódulos pulmonares en tomografía computarizada multicorte. Santiago de Compostela : s.n., 2008.

Esmitt Ramírez, Ernesto Coto. 2011. TRAUMAPLAN: para la planificación preoperatoria en traumatología. 2011.

El derecho a la salud en Cuba. Granma. 145, 2011, Salud.

EtnasSoft. 2011. OpenLibra. OpenLibra. [En línea] 2011. [Citado el: abril 6, 2014.] <http://www.etnassoft.com/biblioteca/tortoisesvn-un-cliente-de-subversion-para-windows/>.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

Extremo Baigorri, Unai y Sotomayor Basilio, Borja. La plataforma .NET: el futuro de la Web.

Garcerant, Iván. 2008. Tecnología y Synenergix. Tecnología y Synenergix. [En línea] julio 10, 2008. [Citado el: abril 7, 2014.] <http://synergix.wordpress.com/2008/07/10/modelo-de-dominio/>.

Garnier, Dr. Juan Carlos Álvarez, y otros, y otros. Casos clínicos. Jalisco : s.n., 2011.

Gil, Manuel Torres. Fundamentos del diseño de software. Ingeniería del software y diseño del software. Almería : s.n.

Información general y conceptual sobre .NET Framework. [En línea] [Citado el: abril 5, 2014.] <http://msdn.microsoft.com/es-ve/library/zw4w595w.aspx>.

Informáticos, Departamento de Sistemas. UCLM. Modelo de Implementación. Diagramas de Componentes y Despliegue. [En línea] [Citado el: abril 8, 2014.] <http://www.dsi.uclm.es/ asignaturas/42530/pdf/M2tema12.pdf>.

J. Jacobson, G. Booch, J. Rumbaugh. 2000. EL PROCESO UNIFICADO DE DESARROLLO DE SOFTWARE. Madrid : PEARSON EDUCACIÓN.S. A. , 2000. ISBN: 84-7829-036-2.

KDE Documentation. KDE Documentation. [En línea] [Citado el: abril 5, 2014.] <http://docs.kde.org/stable/es/kdesdk/umbrello/uml-basics.html>.

Larman, Craig. 1999. UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos. México : PRENTICE HALL, 1999. ISBN: 970-17-0261-1.

Ledo, Ariel Delgado Ramos y María Vidal. 2006. Informática en la salud pública cubana. La Habana : s.n., 2006.

Leudis Hernandez Sánchez, Gerardo Ceruto Marrero. Visor Ligero para la visualización y procesamiento básico de imágenes médicas. Habana: s.n., 2010.

Marzal, Andrés. 2010. Desarrollo de aplicaciones con .NET y WPF. 2010.

Martínez M. A., Jiménez A.J.R, Medina B. V. Azpiroz L. J. Area de procesamiento digital de imágenes Biomédicas. LOS SISTEMAS PACS. [En línea] Itzamna. [Citado el: 15 de 2 de 2013.] <http://itzamna.uam.mx/pdsib/PROYECTOS/PACS/PACS.HTML>.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

Mateos, García. Proyectos de Fin de Carrera. [En línea] [Citado el: abril 4, 2014.] <http://dis.um.es/~ginesgm/varios.html>.

Merge. Merge Healthcare. Merge Healthcare. [En línea] [Citado el: abril 4, 2014.] <http://www.merge.com>.

Microsoft. 2013. msdn. msdn. [En línea] 2013. [Citado el: abril 5, 2014.] <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/dd460648.aspx>.

—. 2010. Visual Studio 2010. Microsoft. [En línea] 2010. [Citado el: abril 6, 2014.] <http://www.microsoft.com/spain/visualstudio/products/2010-editions/ultimate>.

Modelo de Implementación: Diagramas de Componentes y Despliegue. [En línea] [Citado el: abril 8, 2014.] <http://www.dsi.uclm.es/asignaturas/42530/pdf/M2tema12.pdf>.

msdn. 2013. Introducción al lenguaje C# y .NET Framework. Introducción al lenguaje C# y .NET Framework. [En línea] 2013. [Citado el: abril 5, 2014.] <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/z1zx9t92%28v=vs.100%29.aspx>.

Orthocrat. 2008. TraumaCad User's Guide. 2008.

OrthoView™. 2012. MÓDULO PARA CREAR PLANTILLAS DIGITALES ORTOPÉDICAS Y PLANEAR EL TIPO. 2012.

Partner, Microsoft. ITTalent. ITTalent. [En línea] [Citado el: abril 6, 2014.] <http://www.ittalent.com.co:26619/Certificaciones/VISUALST/Paginas/default.aspx>.

PAS, Grupo. 2005. Estándar y Protocolo de Imágenes Médicas DICOM. Universidad de Deusto : s.n., 2005.

Pressman, Roger S. INGENIERÍA DEL SOFTWARE. Sexta edición.

Ramírez, Esmitt. 2009. Planificación Preoperatoria Digital en Traumatología. Caracas : s.n., 2009. ISSN 1316-6239.

Sosa, Ángel Gabriel Olivera. 2010. scribd. scribd. [En línea] septiembre 6, 2010. [Citado el: abril 7, 2014.] <http://es.scribd.com/doc/37187866/Requerimientos-funcionales-y-no-funcionales>.

Sparx Systems. [En línea] [Citado el: abril 8, 2014.] [http://www.sparxsystems.com.ar/resources/tutorial/uml2\\_deploymentdiagram.html](http://www.sparxsystems.com.ar/resources/tutorial/uml2_deploymentdiagram.html).

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

—. 2009. Enterprise Architect User Guide. 2009.

Tello, Jesús Cáceres. 2013. Diagramas de Casos de Uso. Universidad de Alcalá : s.n., 2013.

2010. Teoría 1: El arte de modelar. [En línea] 2010. [Citado el: abril 8, 2014.] <http://fineans.usac.edu.gt:8001/rid=1HV0BP15X-15DBYBZ-FH/UML-diagramaComponentes.pdf>.

2013. VATES ingeniería de software. VATES ingeniería de software. [En línea] 2013. [Citado el: abril 5, 2014.] <http://www.vates.com/cmami/cmami.html>.

Voyant Health Ltd. 2009. TraumaCad Administrator's Guide Version 2.2. The Netherlands : s.n., 2009.

WPF aplicaciones con el patrón de diseño Model - View- ViewModel. [En línea] <http://msdn.microsoft.com/es-es/magazine/dd419663.aspx>.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

## ANEXOS

Anexo 1. Prefijos de los requerimientos no funcionales por categoría.

Categoría	Prefijo	Ejemplo
Usabilidad	RNU	RNU 1. Requisito de usabilidad A RNU 2. Requisito de usabilidad B
Diseño e Implementación	RNDI	RNDI 1. Requisito de diseño e implementación
Fiabilidad	RNF	RNF 1. Requisito de fiabilidad
Seguridad	RNS	RNS 1. Requisito de seguridad
Funcionamiento	RNFO	RNFO 1. Requisito de funcionamiento
Interfaz de usuario	RNIU	RNU 1. Requisito de interfaz de usuario

Anexo 2. Casos de uso del sistema.

CUS 1. Análisis de deformidad de la cadera.

<b>Objetivo</b>	El objetivo de este caso de uso es permitir que el especialista analice la deformidad de la cadera.
<b>Actores</b>	Especialista (inicia).
<b>Resumen</b>	Una vez que el especialista selecciona la opción de análisis de deformidad de la cadera, puede calcular el ángulo de sharp, el ángulo perimetral central y el índice de reimer.
<b>Complejidad</b>	Alta
<b>Prioridad</b>	Crítico.
<b>Referencias</b>	RF 1.1, RF 1.2, RF 1.3

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

<b>Precondiciones</b>	La imagen ha sido calibrada.	
<b>Postcondiciones</b>	Se mostró en una tabla los valores de todos los ángulos.	
<b>Flujo de eventos</b>		
<b>Flujo básico “ Analizar la deformidad de la cadera”</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El especialista selecciona la opción “ADC”.</li> <li>2. El sistema muestra un asistente que va visualizando la posición en la que deben colocarse los puntos de anclaje.</li> <li>3. El especialista coloca los puntos de anclaje.</li> <li>4. El sistema muestra en una tabla los valores de los ángulos y las opciones de los ángulos que puede mostrar en dicha tabla. Por defecto aparece seleccionado el ángulo de sharp.</li> <li>5. Termina el caso de uso.</li> </ol>		
<b>Flujos alternos</b>		
<b>3a. Retroceder un paso durante el uso del asistente.</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ver caso de uso "Retroceder un paso durante el uso del asistente".</li> <li>2. Regresar al paso 4 del flujo básico.</li> </ol>		
<b>4a. Seleccionar medición a visualizar</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El especialista selecciona la opción ángulo perimetral central o índice de reimer.</li> <li>2. El sistema muestra el valor del ángulo seleccionado.</li> <li>3. Termina el caso de uso.</li> </ol>		
<b>4b. Mostrar/Ocultar asistente.</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ver caso de uso del sistema "Mostrar/Ocultar" asistente.</li> </ol>		
<b>Relaciones</b>	<b>CUS Incluidos</b>	No aplica
	<b>CUS Extendidos</b>	CUS Retroceder un paso durante el uso del asistente. CUS Mostrar/Ocultar asistente.
<b>Requisitos no</b>	No aplica	

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

<b>funcionales</b>	
<b>Asuntos pendientes</b>	No aplica

CUS 2. Análisis de alineación de las piernas.

<b>Objetivo</b>	El objetivo de este caso de uso es realizar el análisis de la alineación de las piernas de un paciente brindando los valores de una serie de mediciones necesarias para esta tarea.
<b>Actores</b>	Especialista (inicia).
<b>Resumen</b>	El caso de uso permite calcular la desviación del eje mecánico (MAD) y el valor de los ángulos: femoral proximal externo (mLPFA), femoral distal externo (mLDFA), tibial proximal interno (mMPTA), tibial distal externo (mLDTA), anatómico femoral distal posterior (PDFA), anatómico tibial proximal posterior (PPTA), anatómico tibial distal anterior (ADTA) y el ángulo de convergencia articular (JLCA). Además de medir la discrepancia tibial y diferencia de longitud de la pierna izquierda y derecha. Medir longitud femoral, longitud de la tibia, y la longitud del fémur hasta la tibia.
<b>Complejidad</b>	Alta
<b>Prioridad</b>	Crítico
<b>Referencias</b>	RF 1.2, RF 1.3, RF 1.4, RF 1.5, RF 1.6, RF 1.7, RF 1.8, RF 1.9, RF 1.10, RF 1.11, RF 1.12, RF 1.13, RF 1.14
<b>Precondiciones</b>	La imagen ha sido calibrada.
<b>Postcondiciones</b>	Se mostró en una tabla los valores de todos los ángulos, así como las mediciones.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

Flujo de eventos		
Flujo básico “Análisis de la alineación de las piernas”		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El especialista selecciona la opción “ALP”.</li> <li>2. El sistema muestra el asistente para realizar esta medición.</li> <li>3. El especialista va colocando los puntos de anclaje de acuerdo a la posición que muestra el asistente.</li> <li>4. El sistema muestra en una tabla los siguientes valores:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• MLPFA</li> <li>• mL DFA</li> <li>• mMPTA</li> <li>• mLDTA</li> <li>• JLCA</li> <li>• MAD</li> <li>• Fémur</li> <li>• Tibia</li> <li>• Fémur + Tibia</li> </ul> </li> <li>5. Termina el caso de uso.</li> </ol>		
3a. Retroceder un paso durante el uso del asistente.		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ver caso de uso "Retroceder un paso durante el uso del asistente".</li> <li>2. Regresar al paso 4 del flujo básico.</li> </ol>		
4b. Mostrar/Ocultar asistente.		
<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Ver caso de uso "Mostrar/Ocultar" asistente.</li> </ol>		
<b>Relaciones</b>	<b>CUS Incluidos</b>	No aplica
	<b>CUS Extendidos</b>	CUS Retroceder un paso durante el uso del asistente. CUS Mostrar/Ocultar asistente.
<b>Requisitos no funcionales</b>	No aplica	

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

<b>Asuntos pendientes</b>	No aplica
---------------------------	-----------

CUS 3. Mostrar/Ocultar asistente.

<b>Objetivo</b>	El objetivo de este caso de uso es proporcionar al especialista la opción de ocultar en caso de ser necesario el asistente, pero, teniendo en cuenta, que nuevamente se puede utilizar, entonces aparece la opción mostrar, donde se visualiza nuevamente el asistente.
<b>Actores</b>	Especialista (inicia).
<b>Resumen</b>	Este caso de uso permite que durante el trabajo con el asistente y de ser necesario tratar otra área especializada, ocultar el asistente. Luego el especialista desea analizar otras mediciones especializadas que se encuentran en otras regiones atómicas, con el objetivo de establecer comparaciones con los resultados arrojados por el asistente se procede a la opción de mostrar, donde se visualiza el asistente en el mismo punto donde fue dejado de usar.
<b>Complejidad</b>	Baja.
<b>Prioridad</b>	Importante.
<b>Referencias</b>	RF 3.
<b>Precondiciones</b>	No procede.
<b>Postcondiciones</b>	No procede.
<b>Flujo de eventos</b>	
<b>Flujo básico “Mostrar/Ocultar asistente”</b>	
1. El especialista selecciona la opción “Mostrar/Ocultar asistente”.	

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

2. El sistema muestra u oculta el asistente.		
3. Termina el caso de uso.		
<b>Flujos alternos</b>		
No aplica		
<b>Relaciones</b>	<b>CUS Incluidos</b>	No aplica
	<b>CUS Extendidos</b>	No aplica
<b>Requisitos no funcionales</b>	No aplica	
<b>Asuntos pendientes</b>	No aplica	

CUS 4. Retroceder un paso durante el uso del asistente.

<b>Objetivo</b>	El objetivo de este caso de uso es darle una opción al especialista de ubicar los puntos de anclaje de una forma acertada y en caso de equivocarse reubicar dichos puntos.
<b>Actores</b>	Especialista (inicia).
<b>Resumen</b>	Este caso de uso permite a que el especialista cuando esté realizando el marcado de los puntos de anclaje en la imagen DICOM, en el caso de que quiera retroceder un paso atrás y volver a ubicar uno de los puntos, cuente con dicha opción.
<b>Complejidad</b>	Baja.
<b>Prioridad</b>	Importante.
<b>Referencias</b>	RF 4.

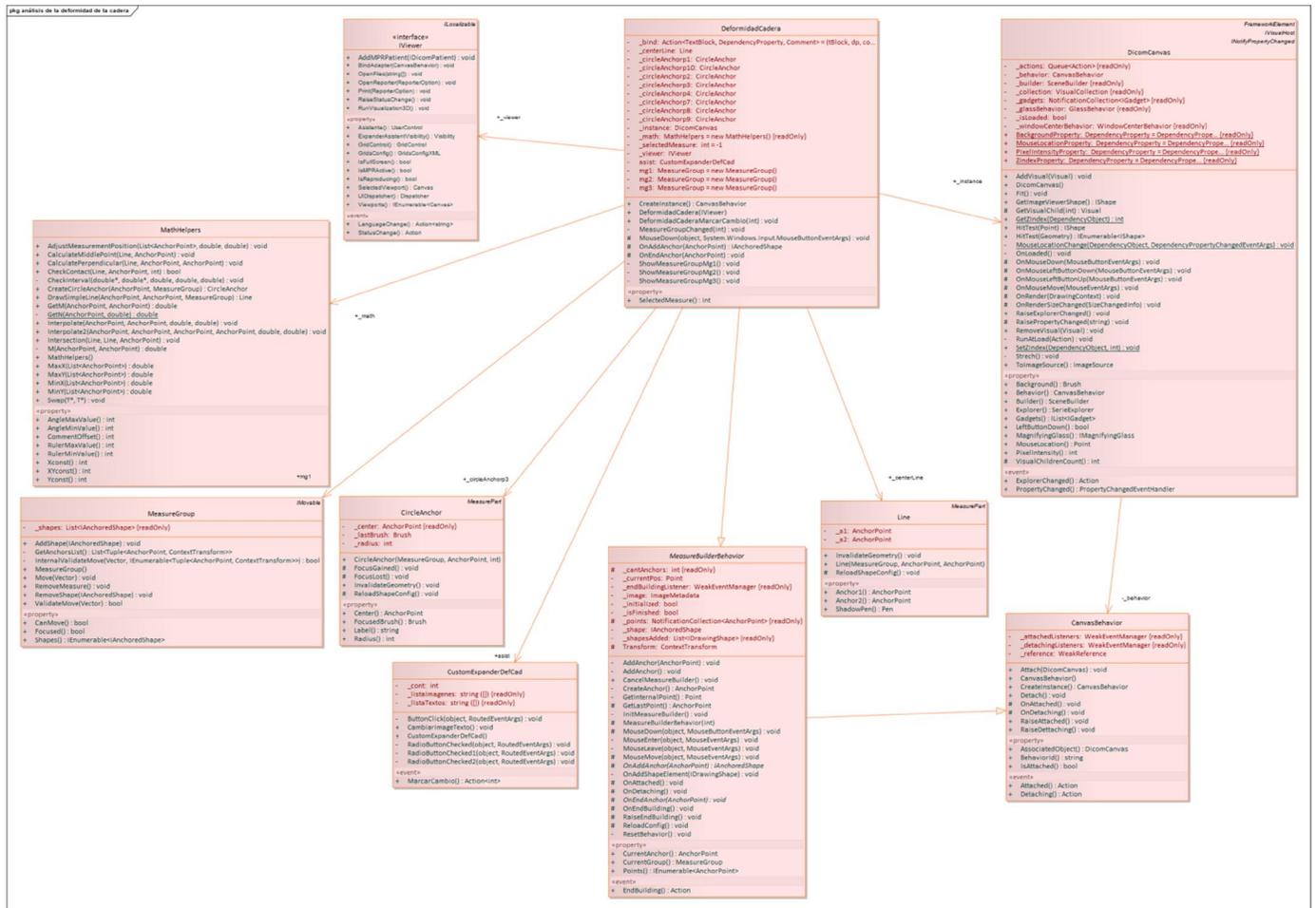
## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

<b>Precondiciones</b>	No procede.	
<b>Postcondiciones</b>	No procede.	
<b>Flujo de eventos</b>		
<b>Flujo básico “Retroceder un paso durante el uso del asistente”</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El especialista selecciona la opción “Atrás”.</li> <li>2. El sistema retrocede un paso del asistente.</li> <li>3. Termina el caso de uso.</li> </ol>		
<b>Flujos alternos</b>		
No aplica		
<b>Relaciones</b>	<b>CUS Incluidos</b>	No aplica
	<b>CUS Extendidos</b>	No aplica
<b>Requisitos no funcionales</b>	No aplica	
<b>Asuntos pendientes</b>	No aplica	

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

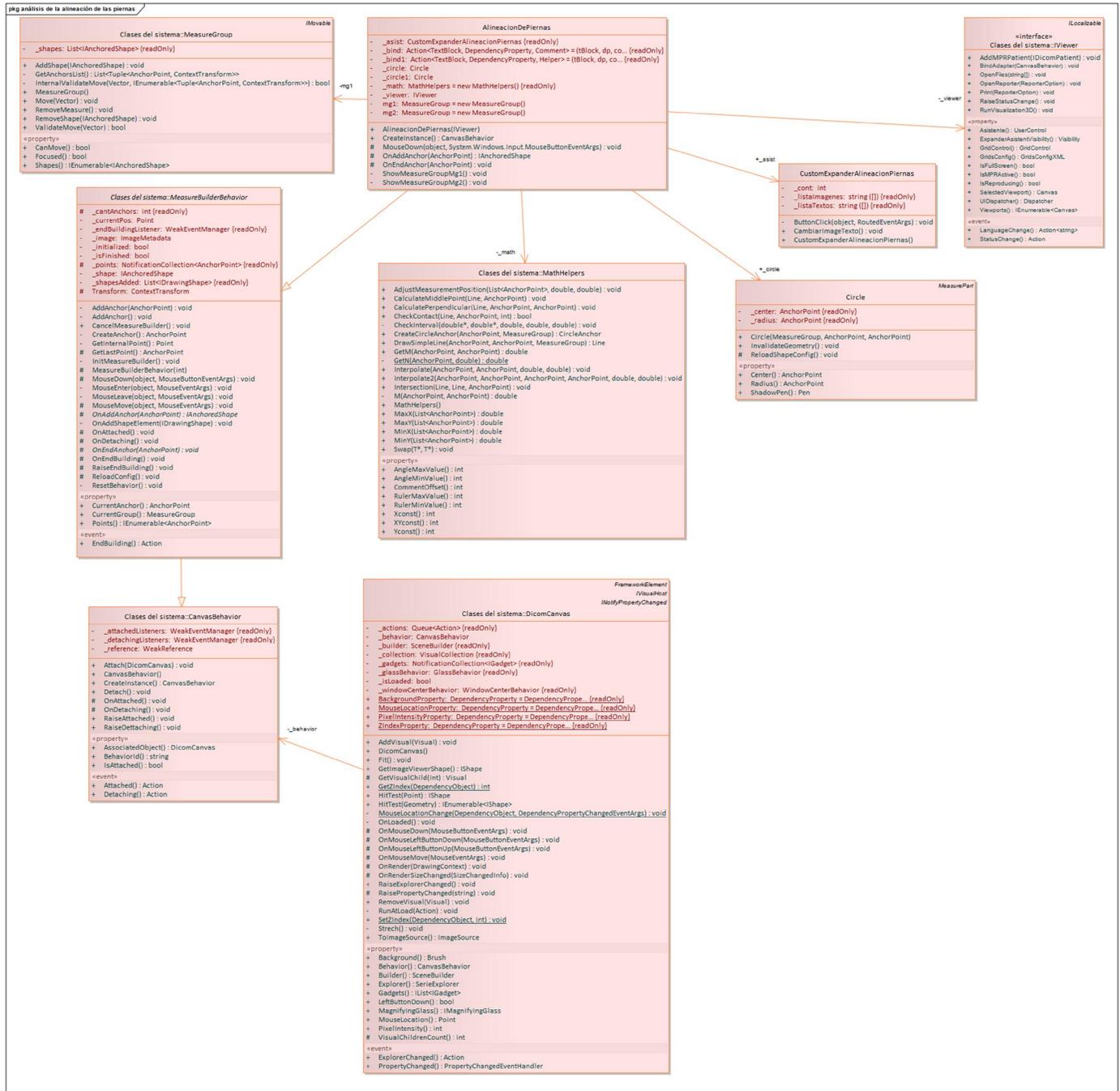
## Anexo 3. Diagramas de clases del diseño.

### Caso de uso del sistema: Análisis de la deformidad de cadera.



# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

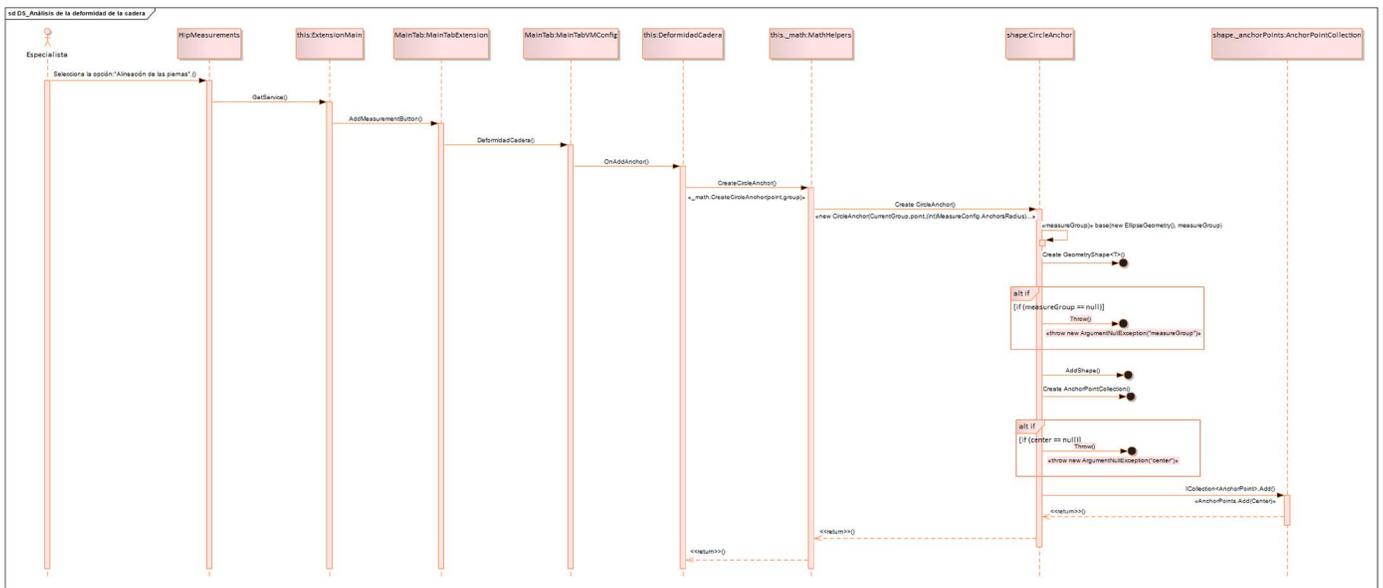
## Caso de uso del sistema: Alineación de las piernas.



# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

## Anexo 4. Diagramas de secuencia.

Diagrama de secuencia: Análisis de deformidad de la cadera.



## Anexo 5. Descripción de las clases pertenecientes a los casos de usos del sistema análisis de la deformidad de la cadera y análisis de la alineación de las piernas.

El resto de los diagramas de secuencia, por su dimensión, se encuentran en el Expediente de Proyecto del Planificador Quirúrgico Ortopédico en el artefacto Modelo de diseño de los asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas.

- **Clase DeformidadCadera.**

**Propósito:** Analizar la deformidad de la cadera mediante el valor de cada uno de los ángulos: sharp, perimetral central e índice de reimer.

<b>Nombre: DeformidadCadera.</b>	
<b>Tipo de clase:</b> controladora	
<b>Atributo</b>	<b>Tipo</b>

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

__centerLine	Line
_circleAnchorp1	CircleAnchor
_circleAnchorp10	CircleAnchor
_circleAnchorp2	CircleAnchor
_circleAnchorp3	CircleAnchor
_circleAnchorp4	CircleAnchor
_circleAnchorp7	CircleAnchor
_circleAnchorp8	CircleAnchor
_circleAnchorp9	CircleAnchor
_instance	DicomCanvas
_math	MathHelpers {readOnly}
_selectedMeasure	int
_viewer	IViewer
mg1	MeasureGroup
mg2	MeasureGroup
mg3	MeasureGroup
Asist	CustomExpanderDefCad
<b>Para cada responsabilidad:</b>	
Nombre:	DeformidadCadera(viewer: IViewer)
Descripción:	Constructor de la clase.
Nombre:	CreateInstance()
Descripción:	Crea y muestra una instancia por defecto cuando se crea el objeto de la clase.

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

Nombre:	OnAddAnchor(AnchorPoint point)
Descripción:	Dibuja el primer punto de anclaje en la imagen
Nombre:	OnEndAnchor(AnchorPoint point)
Descripción:	Dibuja el resto de los puntos de anclaje y completa la medición.
Nombre:	DeformidadCaderaMarcarCambio (obj: int)
Descripción:	Actualiza a través de evento de tipo <action> la información de la medición a mostrar sobre la imagen DICOM en ese momento.
Nombre:	MeasureGroupChanged (selected: int)
Descripción:	Método al cual se le pasa un valor entero para actualizar la medición que se va a mostrar sobre la imagen DICOM.
Nombre:	MouseDown (sender: object, e: System.Windows.Input.MouseButtonEventArgs)
Descripción:	Evento lanzado cada vez que se marca un punto sobre la imagen DICOM, este hereda del evento base.
Nombre:	ShowMeasureGroupMg1 ()
Descripción:	Muestra la medición ángulo de sharp sobre la imagen DICOM.
Nombre:	ShowMeasureGroupMg2 ()
Descripción:	Muestra la medición índice de reimer sobre la imagen DICOM.
Nombre:	ShowMeasureGroupMg3 ()
Descripción:	Muestra la medición ángulo perimetral central sobre la imagen DICOM.

- **Clase AlineacionDePiernas.**

**Propósito:** Analizar mediante el valor de cada uno los ángulos: femoral proximal externo (mLPFA), femoral distal externo (mLDFA), tibial proximal interno (mMPTA), tibial distal externo (mLDTA), desviación del eje

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

mecánico (MAD), longitud femoral, longitud de la tibia, así como la longitud del fémur hasta la tibia, la alineación de las piernas

<b>Nombre: DeformidadCadera.</b>	
<b>Tipo de clase:</b> controladora	
<b>Atributo</b>	<b>Tipo</b>
_asist	CustomExpanderAlineacionPiernas
_math	MathHelpers {readOnly}
_viewer	IViewer
mg1	MeasureGroup
mg2	MeasureGroup
<b>Para cada responsabilidad:</b>	
Nombre:	AlineacionDePiernas (viewer: IViewer)
Descripción:	Constructor de la clase.
Nombre:	CreateInstance()
Descripción:	Crea y muestra una instancia por defecto cuando se crea el objeto de la clase.
Nombre:	OnAddAnchor(AnchorPoint point)
Descripción:	Dibuja el primer punto de anclaje en la imagen
Nombre:	OnEndAnchor(AnchorPoint point)
Descripción:	Dibuja el resto de los puntos de anclaje y completa la medición.
Nombre:	MouseDown (sender: object, e: System.Windows.Input.MouseButtonEventArgs)
Descripción:	Evento lanzado cada vez que se marca un punto sobre la imagen DICOM, este hereda del evento base.

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

Nombre:	ShowMeasureGroupMg1 ()
Descripción:	Muestra la medición para la pierna derecha sobre la imagen DICOM.
Nombre:	ShowMeasureGroupMg2 ()
Descripción:	Muestra la medición para la pierna izquierda sobre la imagen DICOM.

# Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Acetábulo:** Cavidad del hueso ilíaco de la cadera donde se inserta y articula la cabeza del fémur de las extremidades posteriores. También se denomina cavidad cotiloidea y cotilo.

**Artroscopio:** Es un dispositivo que consta de un tubo fino basado en la tecnología de fibra óptica, un sistema de lentes, una cámara de video y una luz, el cual es usado para la artroscopia. Se emplea introduciendo este en la zona afectada por una pequeña abertura. La cámara de este moderno aparato está conectada a un sistema de monitorización, el cual le permite al cirujano ver la operación mientras la ejecuta. Por otra pequeña abertura se introducen instrumentos especiales para realizar las técnicas quirúrgicas necesarias para curar la lesión.

**Astrágalo:** Hueso del pie que se articula con la tibia y el peroné en su parte superior, con el calcáneo en su parte inferior y con el escafoides en su parte anterior.

**Biblioteca de clases:** Conjunto de subprogramas utilizados para desarrollar software.

**Fémur:** Es el hueso del muslo, el segundo segmento del miembro inferior. Es el hueso más largo, fuerte y voluminoso del cuerpo de la mayor parte de los mamíferos. Se encuentra debajo del glúteo y por detrás del cuádriceps.

**Férula:** Es un dispositivo o estructura de metal (normalmente Aluminio, por ser muy dúctil), madera, yeso, cartón, tela o plástico que se aplica con fines generalmente terapéuticos. Las más usadas son para tratamiento de fracturas o como complemento de cirugías ortopédicas y en odontología.

**Fractura:** Es la pérdida de continuidad normal de la sustancia ósea. La fractura es una discontinuidad en los huesos, a consecuencia de golpes, fuerzas o tracciones cuyas intensidades superen la elasticidad del hueso. El término es extensivo para todo tipo de roturas de los huesos, desde aquellas en que el hueso se destruye amplia y evidentemente, hasta aquellas lesiones muy pequeñas e incluso microscópicas.

**Goniómetro:** Un goniómetro es un instrumento de medición con forma de semicírculo o círculo graduado en 180° o 360°, utilizado para medir o construir ángulos. Este instrumento permite medir ángulos entre dos objetos.

## Asistentes para el análisis de deformidad de la cadera y el análisis de alineación de las piernas, en el Sistema de Planificación Quirúrgica Ortopédica

---

**Injertos:** Un injerto médico es un procedimiento quirúrgico para trasladar tejido de una parte del cuerpo a otra, o de una persona a otra, sin llevar su propio riego sanguíneo con él. En lugar de eso, crece una nueva irrigación sanguínea en la zona donde se coloca.

**Negatoscopio:** Aparato para observar placas radiográficas mediante luz transmitida a través de un difusor.

**Patrón arquitectónico:** Un patrón arquitectónico expresa un esquema estructural fundamental de la organización para un sistema de software, que consiste en subsistemas, sus responsabilidades e interrelaciones.

**Planificación Quirúrgica Ortopédica:** Serie de procedimientos previos a una operación que el cirujano ortopedista debe realizar para garantizar la eficacia de la misma.

**Plataforma:** Determinado software y/o hardware con el cual una aplicación puede ejecutarse o desarrollarse.

**Servidor:** Computadora que forma parte de una red, brindando servicios a otras computadoras que reciben el nombre de clientes.

**TCP/IP:** La sigla TCP/IP significa "Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet". Proviene de los nombres de dos protocolos importantes del conjunto de protocolos, es decir, del protocolo TCP y del protocolo IP.

**Tibia:** Es un hueso largo que soporta el peso del cuerpo. El extremo que se articula con el fémur es ancho y tiene los cóndilos medial y lateral o superficies glenoideas que se articulan con los cóndilos del fémur.

**Traumatología:** Especialidad que estudia las enfermedades de los huesos, articulaciones, ligamentos y músculos consecuencia de un accidente y tratables mediante intervención quirúrgica o inmovilización.