

**HERRAMIENTA DE SOFTWARE PARA ASISTIR LA ETAPA DE PRE  
PLANEACIÓN QUIRÚRGICA ORTOPÉDICA DE IMPLANTES AJUSTADOS A  
LA GEOMETRÍA ÓSEA.**

**MARIA ANGÉLICA LUNA AYALA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2017**

**HERRAMIENTA DE SOFTWARE PARA ASISTIR LA ETAPA DE PRE  
PLANEACIÓN QUIRÚRGICA ORTOPÉDICA DE IMPLANTES AJUSTADOS A  
LA GEOMETRÍA ÓSEA.**

**MARIA ANGÉLICA LUNA AYALA**

**Trabajo de grado presentado como requisito  
para optar al título de Ingeniera de Sistemas**

**DIRECTOR**

**Sergio Fernando Castillo Castelblanco  
PhD en Ingeniería de Sistemas Telemáticos**

**CO-DIRECTOR**

**Luis Eduardo Bautista Rojas  
Magister en Ingeniería de Sistemas e informática**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2017**

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>1. GENERALIDADES DEL PROYECTO</b> .....	16
1.1 JUSTIFICACIÓN .....	16
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.3 ALCANCES.....	17
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	20
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
<b>3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	21
3.1 PLANEACIÓN PREOPERATORIA .....	21
3.2 IMPLANTES AJUSTADOS A LA GEOMETRÍA ÓSEA DEL PACIENTE: .....	21
3.3 AO REFERENCIA QUIRÚRGICA (AO SURGERY REFERENCE):.....	21
3.4 SPRING MVC:.....	22
3.5 MODELO-VISTA-CONTROLADOR:.....	23
3.6 ECLIPSE:.....	23
3.7 JAVA: .....	24
3.8 UNITY3D:.....	24
3.9 BASE DE DATOS:.....	24
3.10 BASE DE DATOS RELACIONAL: .....	24
3.11 APACHE JMETER:.....	25
3.12 SELENIUM: .....	25
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	27
<b>5.RECOLECCIÓN Y REFINAMIENTO DE REQUISTOS</b> .....	30
5.1 REVISIÓN DE LA LITERATURA: .....	30
5.2 DISEÑO DE ENTREVISTAS: .....	35
5.3 ENTREVISTAS CON USUARIOS OBJETIVO:.....	36
5.4 DIAGRAMAS DE CASOS DE USO: .....	38
5.5 ELABORAR DE DIAGRAMAS DE SECUENCIA: .....	42

5.6 CONSOLIDACIÓN DEL DOCUMENTO DE ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS. ....	43
<b>6.DISEÑO</b> .....	<b>44</b>
6.1 ARQUITECTURA DEL SISTEMA:.....	45
6.2 MODELO DEL DOMINIO: .....	46
6.3 MODELO ENTIDAD RELACIÓN .....	47
6.4 DISEÑO INTERFAZ DE USUARIO .....	48
6.4.1 Construcción de prototipos .....	48
6.4.2 Evaluación del prototipo por el cliente:.....	49
<b>7.DESARROLLO</b> .....	<b>52</b>
7.1 DEFINICIÓN DE LAS FUNCIONALIDADES DE LA APLICACIÓN .....	52
7.2 ELECCIÓN DE LA PLATAFORMA DE DESARROLLO: .....	54
7.3 ELECCIÓN DEL GESTOR DE BASES DE DATOS A USAR: .....	57
7.4 IMPLEMENTACIÓN .....	58
7.5 REALIZAR PRUEBAS DE UNIDAD:.....	62
7.6 IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO: .....	63
7.7 INTEGRACIÓN DEL SISTEMA: .....	63
<b>8.PRUEBAS</b> .....	<b>64</b>
8.1. PLAN DE PRUEBAS.....	64
8.1.1 Pruebas de funcionalidad .....	64
8.1.2 Pruebas automatizadas:.....	68
8.1.3 Pruebas con usuarios: .....	73
<b>9.CONCLUSIONES</b> .....	<b>76</b>
<b>10. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>77</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>78</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>80</b>

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.Flujo del procesamiento de peticiones del DispatcherServlet en Spring MVC.....	22
Figura 2. Metodología .....	27
Figura 3. Etapas del proceso de pre planeación en implantes personalizados .....	35
Figura 4 .Diagrama de actividades del proceso de pre planeación quirúrgica .....	37
Figura 5.Diagrama de casos de uso para el ortopedista.....	39
Figura 6.Diagrama de casos de uso para el radiólogo.....	39
Figura 7.Diagrama de casos de uso para el diseñador.....	40
Figura 8. Diagrama de casos de uso para el asistente .....	40
Figura 9. Diagrama de secuencia para el caso de uno N° 1 .....	42
Figura 10. Diseño de la arquitectura del sistema .....	46
Figura 11.Diagrama de clases de la aplicación .....	46
Figura 14.Diagrama entidad relación de la aplicación .....	47
Figura 12. Dependecia con Maven .....	60
Figura 13.Estructura de archivos del proyecto.....	60
Figura 15. Resultado de la aplicación de Code Audit .....	62
Figura 16. Resultado de prueba de unidad clase AppConfig.....	63
Figura 17.Tiempos de respuesta para la inserción de datos. Modulo del asistente .....	70
Figura 19.Tiempos de respuesta para la descarga de archivos .....	71
Figura 20.Tiempos de respuesta para las peticiones de carga del visualizador 3D .....	72
Figura 21.Diagrama se secuencia para el caso de uso 1 .....	89
Figura 22.Diagrama de secuencia caso de uso 2.....	89
Figura 23.Diagrama de secuencia caso de uso 3.1 .....	91
Figura 24.Diagrama de secuencia para el caso de uso 3.2 .....	92

Figura 25.Diagrama de secuencia para el caso de uso 3.3 .....	94
Figura 26.Diagrama de secuencia para el caso de uso 4.1 .....	94
Figura 27.Diagrama de secuencia caso de uso 4.2 .....	96
Figura 28.Diagrama de secuencia caso de uso 4.3 .....	96
Figura 29.Diagrama de secuencia caso de uso 5.1 .....	98
Figura 30.Diagrama de secuencia caso de uso 5.2 .....	99
Figura 31.Diagrama de secuencia caso de uso 5.3 .....	101
Figura 32.Diagrama de secuencia caso de uso 6 .....	103
Figura 33.Diagrama de secuencia caso de uso 7 .....	103
Figura 34.Diagrama de secuencia caso de uso 8 .....	105
Figura 35.Diagrama de secuencia caso de uso 9.1 .....	106
Figura 36.Diagrama de secuencia caso de uso 9.2 .....	107
Figura 37.Diagrama de secuencia caso de uso 9.3 .....	108
Figura 38. Diagrama de secuencia caso de uso 10.1 .....	110
Figura 39.Diagrama de secuencia caso de uso 10.3 .....	112
Figura 40.Diagrama de secuencia caso de uso 11 .....	113
Figura 41.Diagrama de secuencia caso de uso 12 .....	115
Figura 42.Diagrama de secuencia caso de uso 13 .....	117
Figura 43.Diagrama de secuencia caso de uso 14 .....	119
Figura 44.Diagrama de secuencia caso de uso 15 .....	121
Figura 45.Diagrama de secuencia caso de uso 16.1 .....	123
Figura 46.Diagrama de secuencia caso de uso 16.2 .....	125
Figura 47.Diagrama de secuencia caso de uso 16.3 .....	126
Figura 48.Diagrama de secuencia caso de uso 17 .....	127
Figura 49.Diagrama de secuencia caso de uso 18 .....	128

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Pantallas prototipo de papel N° 1-Ortopedista.....	129
Ilustración 2. Pantallas prototipo de papel N° 2 -Diseñador.....	129
Ilustración 3. Pantallas prototipo de papel N° 3- Ortopedista.....	130
Ilustración 4. Pantallas prototipo de papel N° 4 - Diseñador.....	130
Ilustración 5. Prototipo digital N° 1- Ortopedista .....	131
Ilustración 6. Prototipo Digital N°2- Ortopedista.....	132
Ilustración 7. Página de inicio de sesión .....	133
Ilustración 8. Pagina de información del caso clínico- Módulo Ortopedista .....	133
Ilustración 9. Página para la solicitud de exámenes- Modulo Ortopedista.....	134
Ilustración 10. Visualización de imágenes radiográficas- Módulo Ortopedista .....	134
Ilustración 11. Marcación sobre modelo- Ortopedista.....	135
Ilustración 12. Selección de parte del cuerpo. Clasificación AO-Módulo Ortopedista .....	136
Ilustración 13. Clasificación- AO Foundation –Modulo Ortopedista .....	136
Ilustración 14. Fractura- AO Foundation –Modulo Ortopedista .....	136
Ilustración 15. Tratamiento- AO Foundation-Mdulo Ortopedista .....	137
Ilustración 16. Creación de propuesta de diseño- Diseñador .....	138
Ilustración 17. Página de propuesta de diseño .....	138

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Identificación de las etapas de la pre planeación quirúrgica para implantes a la medida .....	31
Tabla 2. Plantilla de especificación de casos de uso .....	40
Tabla 3. Plantilla con métricas de usabilidad para la evaluación del prototipo digital N°2.....	49
Tabla 4. Matriz comparativa de lenguajes de programación para web .....	54
Tabla 5. Cuadro comparativo de los gestores de bases de datos .....	57
Tabla 6. Cuadro comparativo de los framework struts 2 y spring MVC .....	58
Tabla 7. Cuadro comparativo Hibernate y JDBC .....	59
Tabla 8. Funcionalidades de la aplicación .....	61
Tabla 9. Lista de chequeo de las funcionalidades de la aplicación.....	65
Tabla 10. Tiempo promedio de desarrollo de las tareas- Diseñador.....	73
Tabla 11. Tiempo promedio de desarrollo de las tareas- Ortopedista .....	74
Tabla 12. Requisitos de la aplicación.....	83

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A- Formato para entrevistas con usuarios.....	78
ANEXO B-Documento de especificación de requisitos.....	83
ANEXO C-Prototipos .....	129
ANEXO D- Interfaz Final.....	133
ANEXO E-Pruebas de prototipos.....	139
ANEXO F-Plan de trabajo.....	144

## RESUMEN

**TÍTULO: Herramienta de software para asistir la etapa de pre planeación quirúrgica ortopédica de implantes ajustados a la geometría ósea<sup>1</sup>**

**AUTOR: LUNA AYALA, Maria Angélica <sup>2</sup>**

**PALABRAS CLAVES: Pre planeación quirúrgica, implantes ajustados a la geometría ósea, desarrollo web.**

La pre planeación quirúrgica es de gran importancia en el éxito de la cirugía ortopédica ya que permite prever futuras complicaciones, tener una visión clara del procedimiento a realizar y los recursos requeridos en el mismo. Existe un tipo especial de cirugía ortopédica en la cual se requiere el uso de implantes ajustados a la geometría ósea los cuales generan efectos positivos en el paciente como la adaptación biomecánica y la recuperación en un menor tiempo; la pre planeación para este tipo de cirugía requiere de una etapa de diseño, en la cual interactúan el cirujano y el diseñador para la obtención del implante adecuado a las necesidades del paciente.

Para asistir la etapa de pre planeación quirúrgica ortopédica de cirugía de implantes personalizados se desarrolló una herramienta web, la cual permite la visualización de imágenes radiográficas, la visualización de modelos 3D los cuales apoyan el proceso de diagnóstico, las especificaciones de diseño del implante y descripción de la cirugía, así como la presentación de propuestas de diseño del implante y especificación de instrumental a utilizar. En el desarrollo de dicha herramienta se empleó la metodología de prototipado en la cual se desarrollaron diferentes tipos de prototipos los cuales ayudaron en la identificación de las funcionalidades de la herramienta y permitieron cambios en etapas tempranas de desarrollo.

Finalmente a la aplicación desarrollada se le realizaron pruebas de funcionalidad, pruebas automatizadas y pruebas con usuarios, con las pruebas se verificó el cumplimiento de los requisitos especificados en el DER, los tiempos de respuesta de la aplicación y el desarrollo de tareas por parte de usuarios especializados de acuerdo a su rol.

---

<sup>1</sup> Proyecto de grado

<sup>2</sup> Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Director: Sergio Fernando Castillo Castelblanco. Codirector: Luis Eduardo Bautista Rojas

## ABSTRACT

**TITLE: Software tool to assist the stage of orthopedic surgical planning of implants adjusted to bone geometry**

**AUTHOR: Luna Ayala, Maria Angélica<sup>3</sup>**

**KEY WORDS: Surgical planning, implants adjusted to bone geometry, web deployment<sup>4</sup>**

Surgical planning is really important in the success of orthopedic surgery because it allows to foresee future complications, to have a clear vision of the procedure to be performed and the resources required for it. There is a special kind of surgery which requires the use of implants adjusted to the bone geometry that generates positive effects in patients such as biomechanical adaptation and shorter recovery time than with standard implants; planning of this kind of surgeries requires a design stage, in which surgeon and designer interact to obtain the appropriate implant according to the patient's needs.

To assist the stage of orthopedic surgical planning of customized implant surgery, a web application was developed, which allows visualization of radiographic images, visualization of 3D models which support the diagnostic process, implant design specifications and description of surgery's activities, as well as the presentation of proposals of implant design and specification of instruments to be used. In the development of this tool the prototype methodology was used, in which different types of prototypes were developed to help with the identification of the functionalities of the tool and allowed changes in the early stages of development.

Finally, functionality tests, automated tests and tests with the user, were applied to the application; with those tests the fulfillment of the requirements specified in the DER, as well as the application response times and the development of tasks by specialized users, according to their role, were verified.

---

<sup>3</sup> Degree project

<sup>4</sup> Faculty of Physique Mechanics. School of Systems Engineering. Project Manager: Sergio Fernando Castillo. Project co-manager: Luis Eduardo Bautista

## INTRODUCCIÓN

La pre planeación quirúrgica ortopédica es un proceso previo a la cirugía el cual es el pilar fundamental del éxito de la cirugía, ya que ayuda en la prevención y predicción de posibles complicaciones durante el procedimiento quirúrgico; este proceso requiere de inversión de tiempo, material adicional, así como la intervención de diferentes actores.

De manera especial existen intervenciones quirúrgicas que requieren implantes personalizados, los cuales se adaptan a las necesidades de pacientes que presentan fracturas complejas o cuyos percentiles no corresponden a las dimensiones de los implantes estándar; los cuales generan efectos positivos como la precisión, adaptación biomecánica y la recuperación en menor tiempo.

Debido a que los implantes personalizados requieren un proceso de diseño específico y los cambios que puedan ocurrirle a este diseño influyen en la planeación de la cirugía es necesario emplear un proceso de pre planeación específico para este tipo de implantes.

Para definir la planificación quirúrgica de cirugías que requieren implantes a la medida se realizó una revisión de la literatura, la cual tenía como objetivo la identificación de las diferentes etapas de este proceso de pre planeación para las intervenciones quirúrgicas de esta clase especial de prótesis, adicionalmente se realizaron entrevistas con usuarios con el fin de definir las necesidades de los usuarios y mediante el análisis de las necesidades identificadas especificar los requisitos del sistema y construir el DER (Documento de especificación de requisitos).

Tomando como referencia el DER se identificaron las funcionalidades del sistema y se construyeron cinco módulos; el módulo del asistente del cirujano, el módulo del ortopedista, el módulo del diseñador y el módulo del radiólogo.

Este documento contiene ocho capítulos, en el primero se encuentra los diferentes elementos que justifican el proyecto de grado, en el segundo capítulo se muestran los objetivos del proyecto, en el tercer capítulo se presenta los conceptos generales de fundamentación teórica y técnica, en el capítulo cuatro se encuentra la metodología seguida en el proyecto, en el capítulo cinco se tiene la fase de recolección de requisitos, en el capítulo seis se consignan las actividades de la etapa de diseño de la aplicación, en el capítulo siete se muestran las herramientas de desarrollo y finalmente en el capítulo ocho se presentan las pruebas realizadas a la aplicación.

## 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

### 1.1 JUSTIFICACIÓN

La planificación preoperatoria es un procedimiento indispensable que debe ser realizado previo a la intervención quirúrgica; cuyos objetivos son determinar el resultado final de la cirugía y establecer la táctica quirúrgica<sup>5</sup>.

Debido a que la pre planeación quirúrgica manual es propensa a errores<sup>6</sup>, se han incorporado al mercado herramientas tecnológicas que apoyan dicho proceso; a pesar de las ventajas que presentan las herramientas para la pre planeación quirúrgica existentes en el mercado, las librerías que contienen limitan el proceso de pre planeación a implantes estándar.

Existe un conjunto de implantes que se ajusta a las necesidades específicas de cada paciente, tienen un diseño único y el empleo de dichos implantes traen beneficios a los pacientes que sus contrapartes genéricas no<sup>7</sup>.

A causa de la falta de herramientas de pre planeación que se centren en la planeación de procedimientos quirúrgicos que impliquen el uso de implantes ajustados a la medida; surgió la necesidad de implementar una herramienta que asista el proceso de planeación previo al procedimiento ortopédico y se centre en las fracturas que requieren este tipo especial de implante y que permita tener un registro de actividades, tareas, visualización de imágenes y asignación de recursos para cirugías ortopédicas.

### 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

<sup>5</sup>JACOBO ,E. R. Planificación preoperatoria Digital en Traumatología. En: Ultrasound, 2009.

<sup>6</sup> COTO, E. TRAUMAPLAN: para la planificación preoperatoria en traumatología En: Enl@ce, agosto,2011, pp.61-78

<sup>7</sup> GONZALES DE SANTIAGO, M. A. Reconstrucción craneal con implante personalizado En: Revista Española de Cirugía Oral y Maxilofacial,2011,vol 33,n.1,p.40-44

El proceso de pre planeación quirúrgica es el conjunto de procedimientos realizados previos a una intervención quirúrgica, su importancia se evidencia en la predicción y prevención de posibles complicaciones durante el proceso quirúrgico. La planeación quirúrgica convencional es desarrollada de forma manual mediante el uso radiografías 2D y su implementación es propensa a errores, dichos errores pueden dar como resultado operaciones fallidas o complicaciones en el quirófano, lo cual implica incrementos en el tiempo de las intervenciones quirúrgicas<sup>8</sup>. Como consecuencia de los errores obtenidos en la planificación manual, se han adoptado diferentes herramientas software en este proceso, dichas aplicaciones se centran en los procesos quirúrgicos que requieren implantes estándar<sup>9</sup>. Debido a que los implantes personalizados son únicos para cada paciente las librerías de implantes estándar con las que cuentan dichas herramientas no son suficientes para satisfacer las necesidades de pacientes que requieren este tipo particular de implantes; por esto se presentó la necesidad de desarrollar una herramienta que permita incorporar los archivos correspondientes a los diseños de este tipo especial de implante, los cuales son necesarios en la pre planeación quirúrgica y que no son contemplados por las herramientas que se encuentran en el mercado.

### **1.3 ALCANCES**

En el objetivo general del proyecto se propuso desarrollar una herramienta de software para asistir la etapa de pre planeación quirúrgica ortopédica de implantes ajustados a la geometría ósea para un caso de estudio.

Para el desarrollo de la herramienta fue necesario identificar las etapas que componen la pre planeación quirúrgica de intervenciones que requieren implantes personalizados; para ello se realizó una revisión de la literatura en diferentes bases de datos.

---

<sup>8</sup> LOPREITE ,F. A. Planificación manual preoperatoria en el reemplazo total de rodilla primario En: Rev. Asoc. Argent. Ortop. Traumatol. 2011, vol. 76, pp. 152-157

<sup>9</sup> GONZALES DE SANTIAGO M. A Reconstrucción craneal con implante personalizado En: Revista Española de Cirugía Oral y Maxilofacial, 2011, vol. 33, n.1, p.40-44

Una vez identificadas las etapas se prosiguió con entrevistas a usuarios objetivo, para identificar las necesidades de los usuarios. A partir de las etapas identificadas en la revisión de la literatura y de las necesidades identificadas mediante la entrevista con usuarios se prosiguió la consolidación del Documento de Especificación de Requisitos.

Del cumplimiento de las especificaciones del DER y se obtuvo una herramienta con los siguientes módulos:

- **Módulo del ortopedista:**
  - Consultar información general del paciente y del caso clínico
  - Solicitar exámenes diagnósticos
  - Visualizar imágenes de rayos X
  - Visualización de modelos 3D
  - Especificación de tratamiento quirúrgico
  - Especificación del diseño del implante personalizado y del procedimiento quirúrgico
  - Marcación de puntos
  - Especificación del instrumental a utilizar en la intervención quirúrgica
  - Recibir propuestas de diseño de implantes
  - Dar un concepto de la propuesta de diseño
  - Consultar reporte del procedimiento a realizar
- **Módulo del diseñador:**
  - Consulta de información general del caso clínico
  - Obtención de resultados tomográficos (DICOM)
  - Subir modelos 3D(OBJ)
  - Consultar tratamiento especificado por el doctor y especificaciones de diseño.
  - Presentación de propuesta de diseño del implante personalizado
  - Consulta de la retroalimentación por parte del ortopedista sobre la propuesta presentada
- **Módulo del radiólogo:**

- Consultar los exámenes solicitados
- Subir los archivos correspondientes a los exámenes solicitados (Radiografía, Tomografía axial, tomografía planar, resonancia magnética)
- Registrar un concepto del examen realizado
- **Módulo del asistente:**
  - Registrar información general del caso clínico
  - Registrar información general del paciente

A la herramienta obtenida se le realizaron pruebas de funcionalidad, pruebas automatizadas y pruebas con usuarios.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una herramienta de software para asistir la etapa de pre planeación quirúrgica ortopédica de implantes ajustados a la geometría ósea. Caso de estudio.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- *Identificar las etapas del proceso de pre planeación quirúrgica ortopédica del caso de estudio seleccionado, para elaborar el Documento de Especificación de Requisitos (DER) de la herramienta.*
- Diseñar una herramienta que permita apoyar el proceso de planeación de actividades, tareas y asignación de recursos para cirugías ortopédicas, que satisfaga las funcionalidades descritas en el DER y que permita:
  - Visualizar imágenes 3D.
  - Visualizar imágenes de rayos X
  - Realizar el reporte de equipos y recursos a usar en la cirugía.
  - Elaborar el reporte de actividades a efectuar en la intervención ortopédica.
- Implementar la herramienta siguiendo el diseño planteado en el anterior punto.
- Realizar las pruebas de la aplicación para verificar la funcionalidad.

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

**3.1 PLANEACIÓN PREOPERATORIA:** La planificación preoperatoria consta de un conjunto de procedimientos previos a una operación los cuales deben ser realizados por el cirujano ortopeda para garantizar la eficacia de la intervención quirúrgica. La realización de la pre planeación requiere de material adicional y una inversión de tiempo considerable para su realización. <sup>10</sup>

Una precisa planificación preoperatoria es el pilar fundamental del éxito en la cirugía ortopédica, por esta razón su desarrollo debe ser confiable y reproducible por diferentes observadores y producir resultados consistentes.

**3.2 IMPLANTES AJUSTADOS A LA GEOMETRÍA ÓSEA DEL PACIENTE:** Los implantes ajustados a la geometría ósea son dispositivos ortopédicos o dentales diseñados para ser adaptados a necesidades específicas de pacientes que presentan fracturas complejas o cuyos percentiles no corresponden con las dimensiones de los implantes estándar, generando efectos positivos como la precisión, adaptación biomecánica y una recuperación en menor tiempo.<sup>11</sup>

**3.3 AO REFERENCIA QUIRÚRGICA (AO SURGERY REFERENCE):** Es producida por la Fundación AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) que es una organización fundada en Davos, Suiza que se enfoca en la investigación y

---

<sup>10</sup> JACOBO, E. R Planificación preoperatoria Digital en Traumatología .En: Ultrasound, 2009.

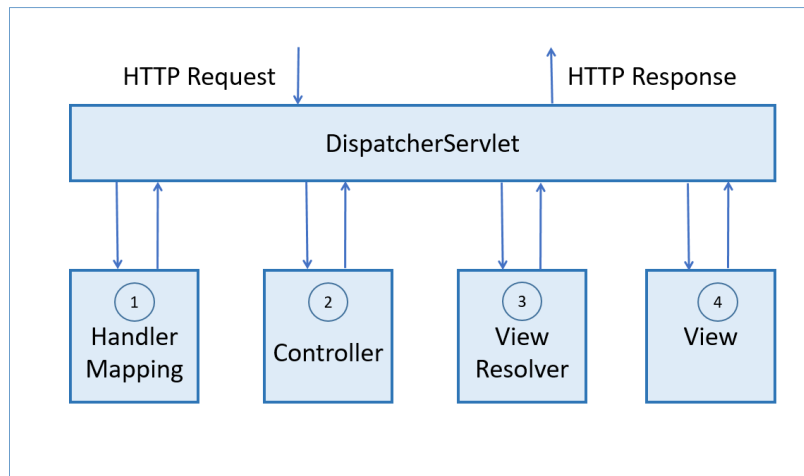
<sup>11</sup> CASTRO, Ginna . Evaluación de un modelo de integración de herramientas software dirigido al sector biomédico-ortopédico.Bucaramanga,2014 Trabajo de grado(Diseñador Industrial) Universidad Industrial de Santander.Escuela de estudios Industriales y Empresariales.

educación sobre las lesiones ortopédicas. Esta guía se enfoca en proveer una visión del manejo y protocolos de seguimiento de fracturas que han sido diagnosticadas radiológicamente, al tiempo ofrece una visión general de las estrategias y posibles complicaciones tras el traumatismo<sup>12</sup>.

**3.4 SPRING MVC:** El framework Spring MVC proporciona una arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC) y componentes listos que se pueden utilizar para desarrollar aplicaciones web flexibles<sup>13</sup>.

Está diseñado en base a un DispatcherServlet el cual maneja todas las peticiones y respuestas HTTP, el flujo de peticiones manejadas por el DispatcherServlet es mostrado en la figura 1

Figura 1. Flujo del procesamiento de peticiones del DispatcherServlet en Spring MVC.



Fuente: "Spring MVC- Framework"[en línea]

[https://www.tutorialspoint.com/spring/spring\\_web\\_mvc\\_framework.htm](https://www.tutorialspoint.com/spring/spring_web_mvc_framework.htm)

<sup>12</sup> NAMBIAR ,M . AO Surgery Reference:a comprehensive guide for management of fractures. En: Br J Sports Med .Julio de 2016.

<sup>13</sup> Spring MVC Framework [En línea]Tutorials Point (Recuperado en abril 5 de 2017) Disponible en [https://www.tutorialspoint.com/spring/spring\\_web\\_mvc\\_framework.htm](https://www.tutorialspoint.com/spring/spring_web_mvc_framework.htm)

- Después de recibir una solicitud HTTP, DispatcherServlet consulta el HandlerMapping para llamar al Controlador apropiado.
- El controlador toma la petición y llama a los métodos adecuados del servicio basados en métodos GET o POST. El método de servicio fijará los datos del modelo basado en la lógica de negocio definido y retornará el nombre de la vista a el DispatcherServlet.
- El DispatcherServlet tendrá la ayuda de ViewResolver para seleccionar la vista definida en la solicitud.
- Una vez finalizado vista, The DispatcherServlet pasa los datos del modelo a la vista que finalmente se representa en el navegador.

**3.5 MODELO-VISTA-CONTROLADOR:** El patrón MVC es un estilo de arquitectura software que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario y la lógica de control en tres componentes distintos.

El **modelo** contiene una representación de los datos que maneja el sistema, su lógica de negocio y sus mecanismos de persistencia.

La **vista** o interfaz de usuario, compone la información que se envía al cliente y los mecanismos de interacción con este.

El **controlador** actúa como intermediario entre el modelo y la vista, gestionando el flujo de información entre ellos<sup>14</sup>.

**3.6 ECLIPSE:** Eclipse es una plataforma de desarrollo de código abierto basada en Java; proporciona entornos de desarrollo y plataformas para casi todos los idiomas y arquitecturas. Es famoso por su Entorno de Desarrollo Java (IDE), pero también cuenta con IDE para C/C++ y PHP. Se puede combinar fácilmente soporte para

---

<sup>14</sup> Modelo Vista Controlador[En línea]Universidad en Alicante(Recuperado en abril 4 de 2017)Disponible en <https://si.ua.es/es/documentacion/asp-net-mvc-3/1-dia/modelo-vista-controlador-mvc.html>

diferentes lenguajes y otras características en cualquiera de los paquetes predefinidos<sup>15</sup>.

**3.7 JAVA:** Java es un lenguaje de programación de propósito general, orientado a objetos creado por Sun Microsystems (empresa posteriormente comprada por Oracle). El código Java, una vez compilado, puede llevarse sin modificación alguna sobre cualquier máquina y ejecutarlo. Esto se debe a que el código se ejecuta sobre una máquina hipotética o virtual, la Java Virtual Machine (JVM) se encarga de interpretar el código y convertirlo a código particular de la CPU que se esté utilizando<sup>16</sup>.

**3.8 UNITY3D:** Es un motor gráfico 3D que viene empaquetado como una herramienta para crear juegos, aplicaciones interactivas, visualizaciones y animaciones en 3D y tiempo real. Permite publicar contenido para múltiples plataformas; incluyendo contenido web utilizando WebGL<sup>17</sup>.

**3.9 BASE DE DATOS:** Una base de datos de un Sistema de Información es la representación integrada de los conjuntos de entidades correspondientes a las diferentes entidades tipo del SI y de sus interrelaciones. Esta representación informática (o conjunto estructurado de datos) debe poder ser utilizada de forma compartida por muchos usuarios de distintos tipos<sup>18</sup>.

**3.10 BASE DE DATOS RELACIONAL:** Se trata de un modelo teórico matemático que proporciona elementos básicos de modelado (relaciones) e incluye un conjunto de operadores (álgebra relacional) para su manipulación.

---

<sup>15</sup> Eclipse IDE[En línea] Eclipse (Recuperado en abril 26 de 2017) Disponible en <http://www.eclipse.org/ide>

<sup>16</sup> Lenguaje Java Avanzado Universidad de Alicante (Recuperado en abril 6 de 2017) Disponible en <http://www.jtech.ua.es/j2ee/publico/lja-2012-13/wholesite.pdf>

<sup>17</sup> Unity3D[en línea] Ecured (Recuperado en abril 6 de 2017) Disponible en <https://www.ecured.cu/Unity3D>

<sup>18</sup> R. Camps, L.A Casillas. Bases de datos [En línea] Universitat Oberta de Catalunya(Recuperado en abril 8 de 2017) Disponible en <http://www.uoc.edu/masters/oficiales/img/913.pdf>

El carácter formal del modelo relacional hace relativamente sencilla su representación y gestión por medio de herramientas informáticas. Este modelo se basa en el concepto básico de relación. En este modelo, la información se representa en forma de tablas o relaciones, donde cada fila de la tabla se interpreta como una relación ordenada de valores<sup>19</sup>.

**3.11 APACHE JMETER:** JMeter es un proyecto de Apache que puede ser utilizado como una herramienta de prueba de carga para analizar y medir el desempeño de una variedad de servicios, con énfasis en aplicaciones web. JMeter puede ser usado para probar el rendimiento de los recursos estáticos y dinámicos, puede ser utilizado para simular una carga pesada en un servidor<sup>20</sup>.

Con JMeter se pueden realizar pruebas de carga y desempeño para diferentes tipos de aplicaciones, servidores y protocolos:

- Web - HTTP, HTTPS (Java, NodeJS, PHP, ASP.NET, ...)
- SOAP / REST Webservices
- FTP
- Database vía JDBC
- LDAP
- Message-oriented middleware (MOM) via JMS
- Mail - SMTP(S), POP3(S) and IMAP(S)
- Native commands or shell scripts
- TCP
- Java Objects

**3.12 SELENIUM:** Selenium es un entorno de pruebas de software de código abierto originalmente desarrollado por Jason Huggins en 2004, para aplicaciones basadas

---

<sup>19</sup> El modelo relacional. [En línea] Universidad da Coruña (Recuperado en abril 7 de 2017) Disponible en <http://docencia.lbd.udc.es/bdd/teoria/tema2/2.3.1.-ElModeloRelacional.pdf>

<sup>20</sup> Apache JMeter[En línea] Apache (Recuperado en abril 7 de 2017) Disponible en <http://jmeter.apache.org/>

en la web. Está implementado como una extensión de Firefox y permite grabar, editar y depurar pruebas.

Se pueden desarrollar automáticamente scripts al crear una grabación y de esa manera se pueden editar manualmente con sentencias y comandos para que la reproducción de la grabación sea correcta.<sup>21</sup>

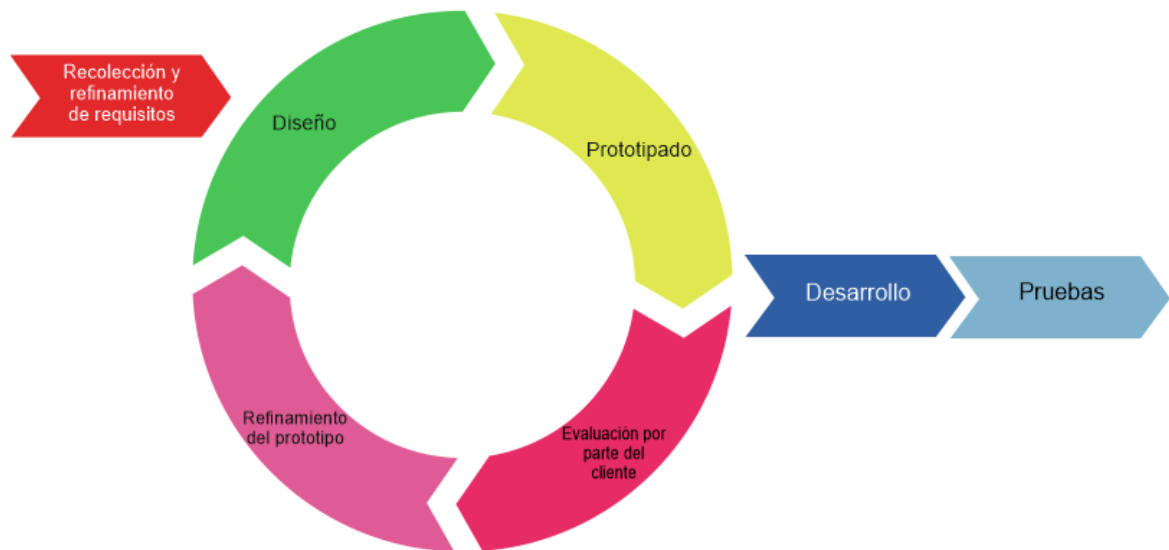
---

<sup>21</sup> Selenium [En línea] Wikipedia (Recuperado en abril 7 de 2017) Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Selenium>

## 4. METODOLOGÍA

La metodología que se siguió en este proyecto para el desarrollo de una herramienta software que apoye la pre planeación quirúrgica ortopédica de implantes personalizados es la metodología de prototipado.

*Figura 2. Metodología*



La metodología de prototipado se eligió debido a que:

Debido a que la aplicación desarrollada tiene usuarios de diferentes disciplinas, es importante facilitar su comunicación con el desarrollador permitiéndoles ponerse de acuerdo en los requisitos del software, para así, minimizar riesgo e incertidumbre en el desarrollo.

Los prototipos se centran en los aspectos del software que son visibles para el usuario final, la evaluación realizada por el usuario se facilita y la retroalimentación hace posible la identificación de nuevas funcionalidades.

Esta metodología facilita la autocrítica del sistema ya que se pueden realizar varias pruebas y también permite realizar mejoras rápidas a problemas que pueden surgir durante su uso.

Da la posibilidad de realizar cambios en etapas tempranas del desarrollo, lo cual reduce costos en correcciones.

**Caso de estudio:** El diseño y desarrollo de la aplicación se realizó en torno a la pre planeación quirúrgica para un caso clínico de fractura de meseta tibial; el caso clínico fue asignado por el grupo Interfaz con la asesoría de la profesora Clara López quien está a cargo de la línea de desarrollo de diseño de implantes a la medida.

### **Etapas de la metodología**

- 4.1 Recolección y refinamiento de requisitos:** Mediante una revisión de la literatura y entrevistas con usuarios se identifican las necesidades para luego consolidar el documento de especificación de requisitos.
- 4.2 Diseño:** La etapa de diseño se refiere al establecimiento de las estructuras de datos, la arquitectura software y la representación de la interfaz.
- 4.3 Prototipado:** Construcción de prototipos para representar aspectos visibles del software que sean fáciles de entender para el cliente.
- 4.4 Evaluación por parte del cliente:** Presentación del prototipo al cliente para identificar errores en la interfaz presentada, así como la identificación de nuevas funcionalidades.
- 4.5 Refinamiento del prototipo:** Identificación de las mejoras al prototipo según los errores identificados en la evaluación con el cliente
- 4.6 Desarrollo:** Herramientas son seleccionadas y aplicadas para la construcción de la aplicación diseñada

**4.7 Pruebas:** Pruebas son realizadas sobre la aplicación para garantizar que no existen errores en el diseño, permite probar la arquitectura, navegación y contenido.

## 5.RECOLECCIÓN Y REFINAMIENTO DE REQUISTOS

### 5.1 REVISIÓN DE LA LITERATURA:

La revisión de la literatura se planteó con el objetivo de definir las etapas que intervienen en la pre planeación quirúrgica ortopédica de implantes ajustados a la geometría ósea, para así tener una idea clara del proceso que va a apoyar la herramienta desarrollada.

La revisión de la literatura se realizó en varias etapas, iniciando por la selección de palabras clave y tesauros de dichas palabras, posteriormente se construyó una ecuación de búsqueda utilizando operadores booleanos; dicha ecuación de búsqueda realizó en las bases de datos: Springer, Web of Science y Science direct.

**Selección de palabras clave y tesauros:** Mediante la entrevista con expertos se lograron identificar el siguiente listado de palabras clave.

- Planning
- Preoperative planning
- Virtual Planning
- Surgical Planing
- Surgical planning protocol
- Customized implants
- Custom implants

**Ecuación de búsqueda:**

**TS=((surgical planning or preoperative planning or virtual planning or surgical planning protocol) and (custom implants or customized implants))**

**Criterios para la selección de artículos:** A partir de la información detallada en el título y el resumen de los artículos, se descartaron aquellos artículos que hacían

referencia a la cirugía ortopédica en animales, así como los artículos en los que se mencionara los implantes estándar.

### Resultados de la revisión:

De los artículos que cumplieron con los criterios de selección ocho aportaron al cumplimiento del objetivo de la revisión de la literatura ya que en ellos se evidenciaban claramente las diferentes etapas del proceso de pre planeación y se incluía el diseño de implante personalizado.

A continuación se presenta la tabla 1 con los artículos y las etapas identificadas en cada uno de ellos.

*Tabla 1. Identificación de las etapas de la pre planeación quirúrgica para implantes a la medida*

Título del artículo	Autor(es)	Etapas identificadas
<b>Computer-Aided Orthognathic Surgery</b>	Savannah Gelesko,DDS, MichaelR. Markiewicz,DDS,MPH,MD,Katherine Weimer,MS,R. Bryan Bell,DDS,MD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de CT y datos clínicos.</li> <li>• Envío vía email de los datos a un ingeniero software para su renderizado computacional.</li> <li>• El ingeniero de software crea modelos digitales.</li> <li>• Se realiza un plan quirúrgico.</li> </ul>
<b>A prospective, single-centre study on patient</b>	E.Aagaard, T.Thygesen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de una tomografía computarizada.</li> <li>• Reconstrucción a partir del conjunto de datos DICOM.</li> </ul>

<p><b>outcomes following temporomandibular joint replacement using a custom-made Biomet TMJ prosthesis</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reunión virtual para realizar el diseño del implante y de planeación de la cirugía.</li> <li>• Diseño final del implante</li> <li>• El diseño es enviado al fabricante.</li> </ul>
<p><b>Custom-Made Implant for Maxillofacial Defects Using Rapid Prototype Models</b></p>	<p>Anshul Rai, MDS,x and D. G. Adwani, MDSk</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de tomografía computarizada</li> <li>• La imagen DICOM es convertida en STL</li> <li>• Impresión del modelo</li> <li>• La resección de la fractura es planeada y marcada en el modelo</li> <li>• Las placas se adaptan a los lados del modelo para formar los orificios de los tornillos</li> </ul>
<p><b>Virtual Surgical Planning in Craniofacial Surgery</b></p>	<p>Harvey Chim, MBBS1 Nicholas Wetjen, MD2 Samir Mardini, MD1</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de tomografía computarizada</li> <li>• Creación de modelos 3D</li> <li>• Reunión online para realizar la cirugía virtual y plantear el diseño del implante</li> <li>• Diseño 3D virtual de la prótesis</li> <li>• Envío del modelo para fabricación</li> </ul>
<p><b>Single stage treatment of ankylosis of the</b></p>	<p>Jahrad Haq a, Nishma Patela, Katherine Weimer b, N</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La tomografía computarizada con angiografía de contraste and datos DICOM son enviados a la compañía de modelamiento.</li> </ul>

<p><b>temporomandibular joint using patient-specific total joint replacement and virtual surgical planning</b></p>	<p>Shaun Matthews a,*</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reunión web entre el cirujano y el ingeniero biomédico para realizar la cirugía virtual</li> <li>• Diseño virtual del implante</li> </ul>
<p><b>Surgical navigation in cranio-maxillofacial surgery: an evaluation on a child with a cranio-facio-orbital tumour</b></p>	<p>Heinz-Theo Lübbers a,*, Christine Jacobsen a, Dilek Könü b, Felix Matthews c, Klaus Wilhelm Grätz a, Joachim A. Obwegeser</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importación y fusión de todos los conjuntos de datos tridimensionales</li> <li>• Delineado del margen del tumor</li> <li>• Desarrollo de una plantilla virtual mediante la segmentación y replicación del lado sano</li> </ul>
<p><b>Computer-Assisted Surgical Simulation for concomitant temporomandibular joint</b></p>	<p>Larry M. Wolford, DMD a,b,*</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomografía computarizada</li> <li>• Procesamiento de Imágenes Digitales</li> <li>• Corrección de la deformidad en una cirugía simulada por computador</li> <li>• Diseño y modelado de la prótesis</li> <li>• Evaluación y aprobación del modelo por parte del cirujano usando internet</li> </ul>

<p><b>dibular joint custom-fitted total joint reconstruction and orthognathic surgery</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabricación de la prótesis</li> <li>• Modelos, férulas y las impresiones de la cirugía simulada por ordenador son enviadas al cirujano.</li> </ul>
<p><b>Importance of patient-specific intraoperative guides in complex maxillofacial reconstruction</b></p>	<p>Dennis Rohner*, Raquel Guijarro-Martínez, Peter Bucher, Beat Hammer</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se obtienen tomografías computarizadas de los miembros inferiores y del cráneo</li> <li>• Modelos 3D del peroné donante y el cráneo son fabricados</li> <li>• El prostodoncista, junto con el cirujano, diseñan el número y configuración de las osteotomías de peroné y su posición en relación con el defecto y los vasos de peroné.</li> <li>• Una vez que el plan preoperatorio es completado y aprobado por todos los miembros del equipo, el técnico fabrica una plantilla quirúrgica para guiar la colocación del implante en el primer procedimiento quirúrgico (definiendo la posición del implante y la angulación) y el desarrollo de la osteotomía en la segunda etapa quirúrgica (que define el número, posición y angulación de las osteotomías de peroné).</li> </ul>

De manera general las etapas del proceso de pre planeación quirúrgico ortopédico para implantes personalizados identificadas durante la revisión de literatura se describen en la figura 3.

Figura 3. Etapas del proceso de pre planeación en implantes personalizados



## 5.2 DISEÑO DE ENTREVISTAS:

Objetivo de las entrevistas: Las entrevistas realizadas se plantearon para:

- Corroborar las etapas del proceso de pre planeación identificadas en la revisión de la literatura
- Identificar las necesidades de los ortopedistas y los diseñadores en el proceso de pre planeación para implantes a la medida

Las entrevistas realizadas iban dirigidas a ortopedistas y diseñadores industriales quienes estén trabajando o hayan trabajado en el diseño o uso de implantes personalizados y que estén familiarizados con el proceso de pre planeación quirúrgica.

Los cuestionarios planteados se adjuntan como Anexo A.

### **5.3 ENTREVISTAS CON USUARIOS OBJETIVO:**

Las entrevistas se realizaron se realizaron a dos diseñadoras industriales y a un cirujano ortopédico; fueron realizadas con los cuestionarios desarrollados en la actividad anterior y se aplicaron de forma presencial de acuerdo a la disponibilidad de los expertos; se realizó registro de las entrevistas con videos y anotaciones en papel.

El resultado de la consolidación y análisis de la información de las entrevistas, permitió la identificación de necesidades, roles adicionales, funcionalidades etc. Estos hallazgos se relacionan a continuación.

#### **Listado de necesidades diseñador**

- Obtener información diagnostica del paciente
- Obtener imágenes DICOM para realizar reconstrucción 3D.
- Recibir especificaciones del ortopedista para el diseño del implante a la medida
- Presentar propuesta de diseño de implante al ortopedista
- Recibir retroalimentación sobre la propuesta de diseño presentada al ortopedista

#### **Listado de necesidades del ortopedista**

- Obtener información general del paciente
- Obtener información del caso clínico
- Adquirir resultados de exámenes diagnósticos
- Realizar las especificaciones de diseño del implante
- Recibir propuesta de diseño del implante personalizado

Como resultado de las entrevistas a diseñadores y ortopedistas se identificaron dos roles más dentro del proceso de pre planeación (asistente y radiólogo) y las necesidades de dichos roles dentro del sistema.

### **Listado de necesidades del asistente**

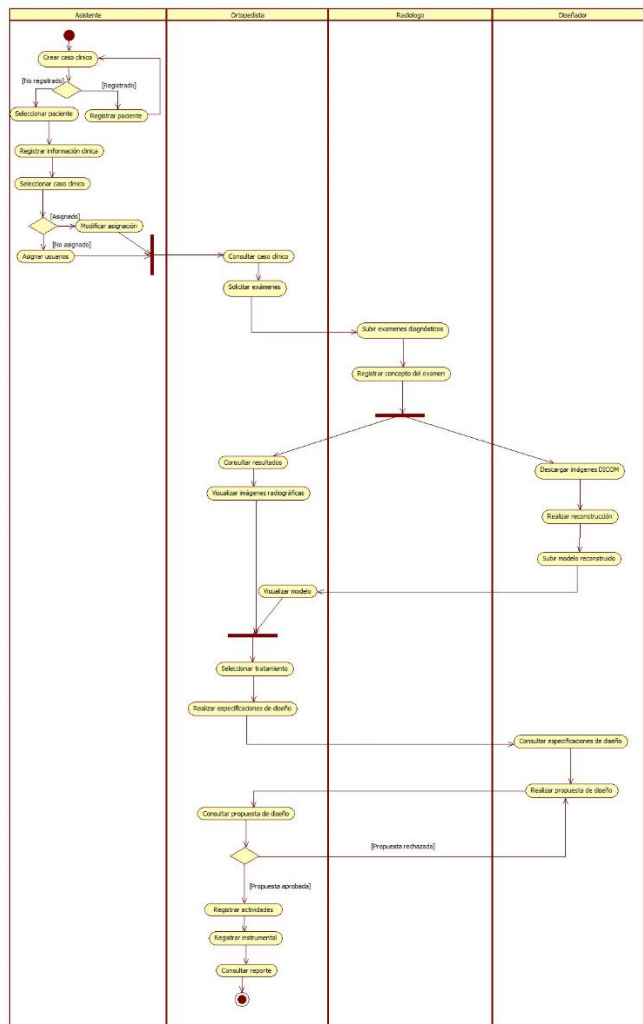
- Ingresar información del paciente
- Ingresar información general del caso clínico

### **Listado de necesidades del radiólogo**

- Recibir solicitud y especificaciones de exámenes.
- Presentar resultados de exámenes diagnósticos

Adicional al listado de las necesidades se obtuvo un diagrama de actividades que permite ver todo el proceso de pre planeación quirúrgica para implantes personalizados; este diagrama se muestra en la figura 4.

*Figura 4 .Diagrama de actividades del proceso de pre planeación quirúrgica*



#### 5.4 DIAGRAMAS DE CASOS DE USO:

A partir de los resultados obtenidos de la revisión de la literatura y de la entrevista con posibles usuarios de la aplicación de identificaron los roles de los usuarios que interactúan con la aplicación desarrollada y las acciones que se pueden realizar con la aplicación.

**Actores:** Ortopedista, diseñador, radiólogo, asistente

**Acciones:** Visualizar modelo 3D, crear punto, editar punto, eliminar punto, ver punto, crear especificaciones, leer especificaciones, actualizar especificaciones, crear exámenes, ver exámenes, actualizar exámenes, crear propuesta, editar propuesta, consultar propuesta, validar propuesta, crear caso clínico, editar caso

clínico, ver caso clínico, registrar paciente, editar información del paciente, ver información del paciente, subir exámenes, subir modelo 3D, descargar archivos DICOM, consultar especificaciones de diseño.

Una vez identificados los actores y las acciones que se pueden realizar en la aplicación, se identificaron las relaciones entre los actores y los casos de uso; como resultado de obtuvieron los siguientes diagramas de casos de uso.

Figura 5. Diagrama de casos de uso para el ortopedista

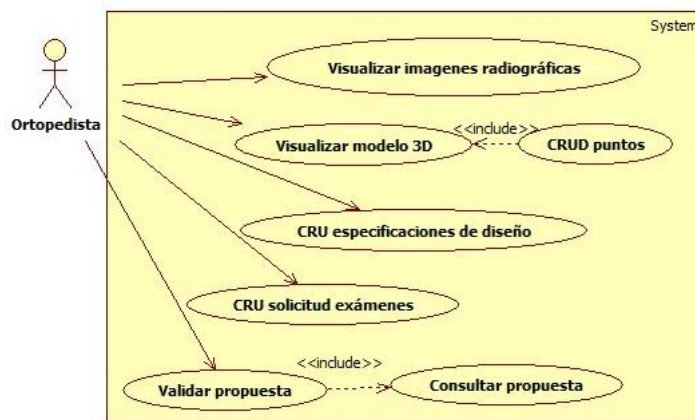


Figura 6. Diagrama de casos de uso para el radiólogo

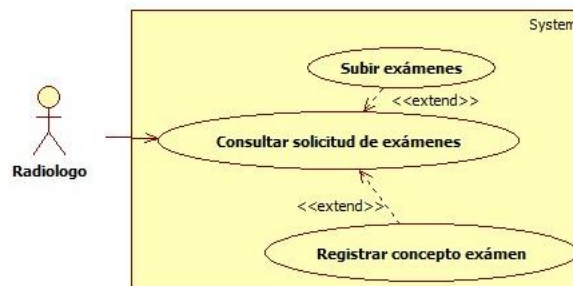


Figura 7. Diagrama de casos de uso para el diseñador

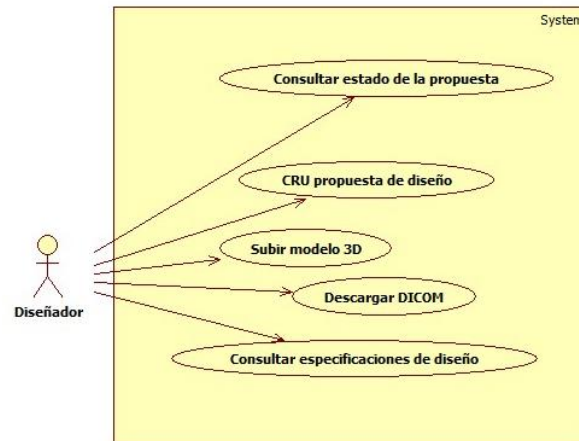


Figura 8. Diagrama de casos de uso para el asistente



La especificación de los casos de uso en la que se detalla cada uno de los pasos necesarios para cumplir cada caso de uso se realizó con la plantilla que se encuentra en la tabla 2:

Tabla 2. Plantilla de especificación de casos de uso

<b>Caso de Uso</b>	<b>Caso de uso 1: Visualizar modelo 3D</b>	
<b>Descripción</b>	El usuario desea visualizar un modelo 3D	
<b>Actores</b>	Ortopedista	
<b>Condiciones previas</b>	El usuario debe estar logueado en el sistema Debe haberse consultado caso el clínico	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario selecciona en el menú general la opción diagnóstico	
		2.Se muestra la página que contiene todos los elementos para el diagnóstico, con un nuevo menú
	3.El usuario selecciona la opción de marcación	
		4.Se presenta el visualizador de modelos 3D
<b>Flujo alternativo</b>	3.El usuario selecciona la opción de marcación	

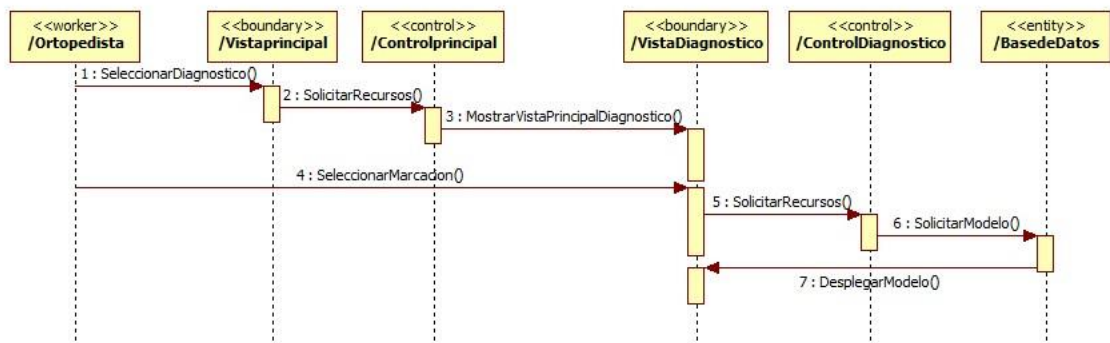
		4. Se informa al usuario que aún no hay modelos 3D para visualizar
--	--	--

La especificación completa de los casos de uso se realiza en el Anexo B.

### 5.5 ELABORAR DE DIAGRAMAS DE SECUENCIA:

Se elaboraron diagramas de secuencia para modelar cada caso de uso y describir la interacción entre los diferentes objetos del sistema a través del tiempo lo cual lleva a que se consiga realizar el caso de uso. La construcción de cada diagrama de secuencia se inició con la identificación de los diferentes objetos que intervienen en el caso de uso modelado, una vez identificados los objetos y teniendo en cuenta el flujo definido en la especificación de los casos de uso se prosiguió a identificar los mensajes intercambiados entre los objetos y como resultado se obtuvo un diagrama de secuencia para cada caso de uso como el que se puede ver a continuación. En la figura 9, se puede observar un ejemplo de Diagrama de secuencia realizado para el caso de uso No. 1.

Figura 9. Diagrama de secuencia para el caso de uso No. 1



La especificación de diagrama de secuencia para cada caso de uso se encuentra en el Anexo B.

## **5.6 CONSOLIDACIÓN DEL DOCUMENTO DE ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS.**

Como resultado de la revisión de la literatura y entrevistas con usuarios se pudo identificar las necesidades de los usuarios, de las necesidades identificadas se generó una tabla de requisitos, se elaboraron diagramas de casos de uso para refinar los requisitos; así mismo se crearon diagramas de secuencia para modelar los casos de uso. El documento de especificación de requisitos se encuentra como Anexo B.

## 6.DISEÑO

Teniendo en cuenta la especificación de requisitos del DER, los diferentes roles identificados (ortopedista, asistente, diseñador y radiólogo), el flujo del proceso de pre planeación determinado mediante la revisión de literatura y entrevistas con usuarios; los diferentes archivos intercambiados durante el proceso, la forma en la que interactúan los diferentes usuarios del sistema y tiempos de espera para realizar las diferentes actividades del proceso de pre planeación se decidió desarrollar una aplicación web debido a que presenta la ventaja de estar disponible a los usuarios desde cualquier navegador.

Al desarrollarse una aplicación web se permitió realizar la presentación propuestas de diseño de implante a la medida y la comunicación de forma asincrónica entre el ortopedista y el diseñador para llevar seguimiento del diseño del implante; la presentación de propuestas de diseño es funcionalidad elemental en el proceso de pre planeación en la cual se necesita una interacción frecuente entre los dos usuarios, la cual al desarrollarse sin el apoyo de ninguna herramienta demanda un tiempo considerable en su desarrollo.

Otro punto importante en la elección del desarrollo de una aplicación web es la solicitud y resultados de exámenes, los cuales son fundamentales en el diagnóstico de la fractura y los cuales al ser accedidos desde la aplicación web son de fácil acceso por parte del ortopedista. Así mismo la obtención de archivos de tomografías por parte del diseñador permitió la elaboración del modelo 3D que es presentado en el visualizador, el cual es usado por el ortopedista para apoyar la toma de decisiones en cuanto al tratamiento de la fractura.

Una vez se definió el tipo de aplicación a desarrollar era importante considerar el uso de un patrón de diseño que facilitara la reutilización, mantenimiento y organización del código, así como la simplificación del trabajo teniendo en cuenta

que la aplicación fue desarrollada por un equipo interdisciplinario; en el cual la maquetación de la aplicación fue desarrollada por parte de un estudiante de diseño industrial y la lógica del negocio por parte de una estudiante de ingeniería de sistemas, de tal forma que cada uno pueda trabajar de forma independiente.

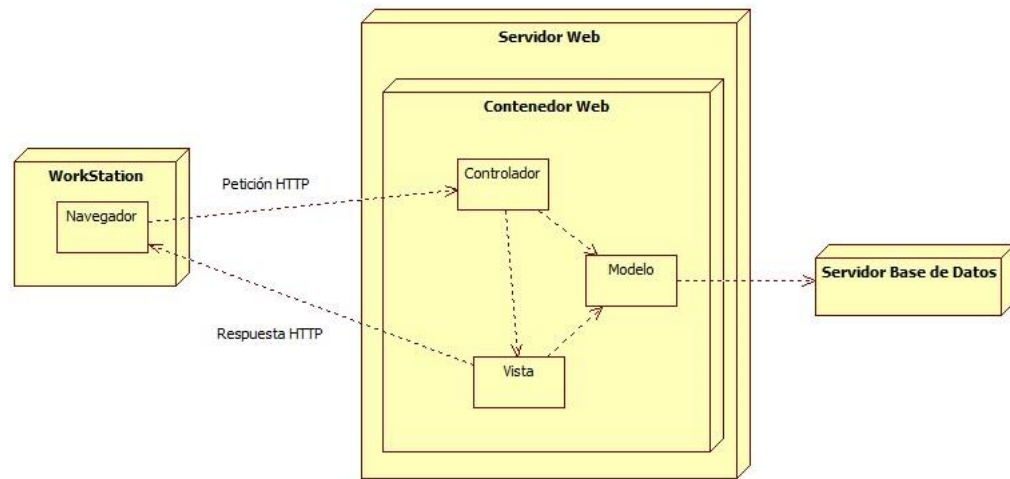
Teniendo en cuenta las consideraciones detalladas anteriormente se eligió el patrón MVC, mediante el cual se pudo separar los datos de la aplicación en tres componentes diferentes; el modelo que contiene la representación de los datos del sistema, la vista que contiene la información presentada al cliente y el controlador el cual es un intermediario entre el modelo y la vista.

Según las consideraciones anteriores se realizó el diseño de la arquitectura del sistema especificada a continuación.

#### **6.1 ARQUITECTURA DEL SISTEMA:**

En esta actividad se diseñó un diagrama de despliegue para definir la topología del sistema, la estructura de los elementos hardware y software. Para la aplicación desarrollada se definió una arquitectura cliente servidor, en la que el usuario a través del navegador hace una petición HTTP al servidor, en el contenedor web del servidor la petición es recibida por el controlador, el controlador accede al modelo actualizando o modificando según la acción solicitada por el usuario, adicional a eso el controlador delega los objetos de la vista que serán desplegados a la interfaz de usuario mediante una respuesta HTTP. El diseño de la arquitectura del sistema se muestra en la figura 10.

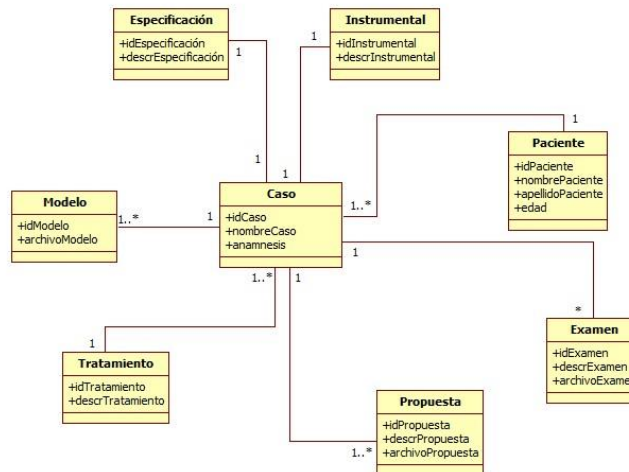
Figura 10. Diseño de la arquitectura del sistema



## 6.2 MODELO DEL DOMINIO:

Se realizó la construcción de un diagrama de clases para realizar la abstracción del contexto en el cual se desarrolló la aplicación; para realizar este diagrama se inició con la identificación de los objetos del dominio o clases, luego se identificaron las asociaciones entre las clases y finalmente los atributos de las clases. El diagrama de clases del sistema se puede observar en la figura 11.

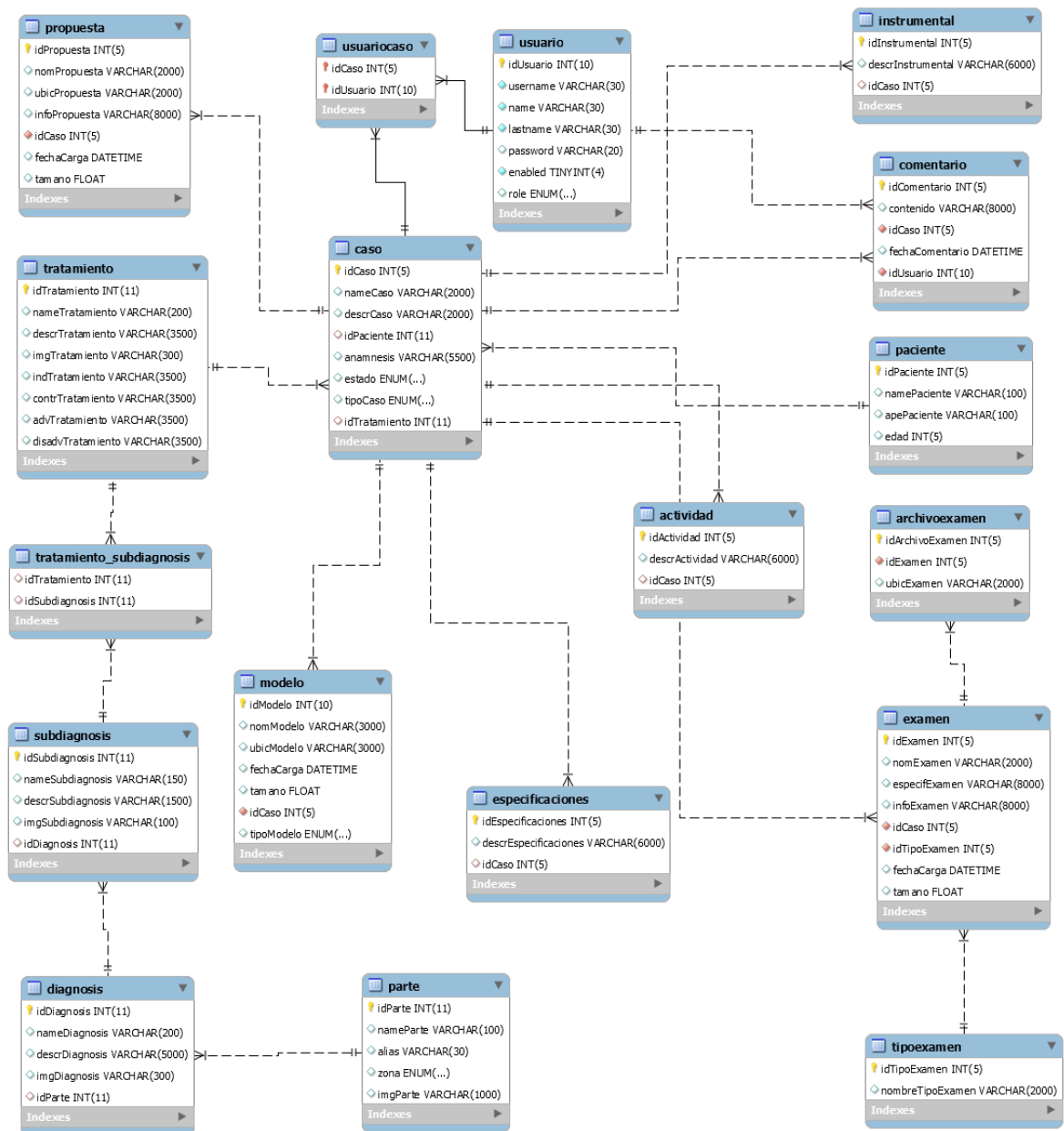
Figura 11. Diagrama de clases de la aplicación



### 6.3 MODELO ENTIDAD RELACIÓN

Se diseñó el modelo de bases de datos según los requisitos del sistema; para ello se construyó un diagrama entidad/relación en el cual se puede describir las estructuras de datos y las relaciones entre ellas, en la figura 14 se evidencia el diagrama.

Figura 12. Diagrama entidad relación de la aplicación



## **6.4 DISEÑO INTERFAZ DE USUARIO**

El diseño de la interfaz de usuario se realizó de manera paralela con un proyecto de grado de la Escuela de Diseño Industrial titulado: “Diseño y desarrollo de una herramienta digital móvil para asistir la etapa de pre-planeación de cirugías ortopédicas orientado a intervenciones de rodilla” el cual estuvo a cargo del estudiante Jorge Leonardo Soto Garnica. Esta actividad se explicará con más detalle en la siguiente etapa

### *6.4.1 Construcción de prototipos*

#### 6.4.1.1 Creación de prototipos de papel:

A partir de los requisitos y actores identificados en la etapa de recolección de requisitos se diseñó una interfaz gráfica que les permitiera a los diferentes usuarios del sistema, realizar las actividades necesarias para alcanzar cada uno de los requisitos definidos.

El diseño de la interfaz de usuario inició con la elaboración de prototipos de baja fidelidad, los cuales no requirieron mucho tiempo para su diseño y mediante los cuales se pudo evaluar si la interfaz presentaba la información suficiente para realizar las diferentes actividades que se le presentaron. Los prototipos realizados en esta etapa se consignaron en el Anexo C.

#### 6.4.1.2 Creación de prototipos digitales:

Los prototipos digitales de alta fidelidad, fueron diseñados a partir de los resultados y mejoras realizadas en los prototipos de papel, en estos prototipos se mostraron los diferentes iconos y elementos gráficos que ayudan a los usuarios a realizar las actividades que deben realizar dentro del sistema. La evidencia de los prototipos realizados se presenta en el Anexo C.

Al finalizar esta etapa de prototipado se obtuvo el prototipo final de la interfaz gráfica de la aplicación, el cual se presenta en el Anexo D.

6.4.2 Evaluación del prototipo por el cliente: La evaluación de cada uno de los prototipos diseñados se realizó siguiendo un plan de pruebas en el que se identificaron las diferentes tareas a realizar por cada uno de los usuarios en el prototipo presentando y se evaluó la usabilidad de la interfaz.

A continuación se presenta un ejemplo de plan de pruebas.

**Tipo de prueba:** Prueba de usabilidad

**Objetivo:** Identificar errores en la interfaz de usuario planteada para la “Herramienta de software para asistir la etapa de pre planeación quirúrgica ortopédica de implantes ajustados a la geometría ósea” mediante la evaluación con un usuario.

*Tabla 3. Plantilla con métricas de usabilidad para la evaluación del prototipo digital N°2*

Tarea	Finalización de la actividad	Tiempo
Iniciar Sesión en la aplicación	✓	5s
Buscar el caso clínico de la paciente Sofía Majul	✓	10s
Leer la anamnesis del caso clínico	✓	15s
Registrar el tratamiento de la fractura	✓	20s
Visualizar la propuesta de diseño	✓	6s
Visualizar las tomografías del caso	✓	6s
Visualiza el reporte	✓	3s

La construcción de prototipos de papel y su evaluación por parte de los usuarios permitió presentar propuestas de mejora a las funcionalidades de la aplicación con las cuales se realiza el cumplimiento de los requisitos especificados en el DER.

En la evaluación de los prototipos se identificaron nuevas funcionalidades, en la tabla 4 se especifica las nuevas funcionalidades detectadas en cada prototipo.

Tabla 4. Funcionalidades identificadas por prototipo

<b>Prototipo</b>	<b>Dificultad</b>	<b>Funcionalidad</b>
Prototipo de papel N°1	Se identificó la falta de información para la identificación del diagnóstico	Se propone la incorporación de la clasificación de la AO Foundation
Prototipo de papel N°4	Se presenta limitación en el tipo de archivos para presentar la propuesta	Se propone permitir la subida de varios archivos para la propuesta sin limitar el tipo de archivo.
Prototipo digital N° 2	No hay información clara en el reporte	Se determina que en el reporte se debe presentar el tratamiento elegido, el abordaje de la cirugía y el instrumental quirúrgico
Prototipo digital N°2	El usuario no está familiarizado con los criterios de búsqueda del caso clínico	Se determina que los criterios de búsqueda del caso son el nombre del paciente y la descripción del caso.

Adicional a las nuevas funcionalidades detectadas en la revisión de prototipos se debió realizar cambios en la ubicación de algunos elementos de las pantallas de navegación, así como la adición de textos informativos; como resultado de estos cambios los prototipos se obtuvo la versión final de la interfaz gráfica en la cual los usuarios pudieron completar todas las tareas asignadas.

Los resultados de las pruebas y las plantillas de usabilidad se encuentran en el Anexo E.

## 7.DESARROLLO

### 7.1 DEFINICIÓN DE LAS FUNCIONALIDADES DE LA APLICACIÓN

A partir del documento de especificación de requisitos se definen las funcionalidades necesarias para el cumplimiento del requisito, en la tabla se puede ver el listado de funcionalidades asociadas cada requisito los cuales se muestran en la tabla 4.

*Tabla 5. Funcionalidades de la aplicación*

Requisito	Funcionalidad
R20	Iniciar sesión
R1	Registrar paciente
R1	Editar información del paciente
R1	Listar paciente
R2	Registrar caso clínico
R17	Asignar ortopedista, radiólogo y diseñador al caso clínico
R2	Editar información del caso clínico
R2	Listar casos clínicos
R21	Listar casos clínicos asignados
R6	Solicitar exámenes
R24	Listar de exámenes y resultados
R24	Descargar archivos de exámenes
R9	Listado de exámenes solicitados
R10-R11	Subir archivo de examen y registrar concepto
R24	Consultar resultados de exámenes
R12	Descargar DICOM
R13	Subir OBJ
R13	Subir MTL

R4	Rotar modelo
R4	Trasladar modelo
R4	Hacer zoom al modelo
R3	Hacer zoom a la imagen
R5	Marcar punto sobre el modelo
R5	Seleccionar punto marcado
R5	Eliminar punto marcado
R3	Cambiar de imagen
R18	Seleccionar parte
R18	Seleccionar diagnosis
R18	Seleccionar subdiagnosis
R18	Seleccionar tratamiento
R18	Editar selección del tratamiento
R22	Registrar especificaciones de diseño
R22	Editar especificaciones
R14	Consultar especificaciones de diseño
R15	Subir archivo de la propuesta
R15	Registrar descripción de la propuesta
R15	Cambiar archivo de la propuesta
R15	Editar descripción de la propuesta
R7	Consulta de propuesta
R7	Descargar archivos de la propuesta
R8	Registrar comentario sobre las propuestas de diseño
R16	Consultar comentarios
R25	Registrar actividades del abordaje quirúrgico
R25	Editar actividades del abordaje
R23	Registrar instrumental quirúrgico
R23	Editar instrumental quirúrgico
R23	Generar reporte de tratamiento, abordaje e instrumental

R19	Registrar usuario
R19	Editar registro de usuario
R19	Eliminar usuario

## 7.2 ELECCIÓN DE LA PLATAFORMA DE DESARROLLO:

Una vez se decidió desarrollar una aplicación web se indagó sobre el lenguaje de programación a usar para el desarrollo de la aplicación, para la elección se tomó en cuenta el nivel de madures del lenguaje, la comunidad de desarrolladores para el lenguaje a elegir y el costo del servidor a usar en la aplicación desarrollada; tomando en consideración estos parámetros para la elección del lenguaje se consultó en la internet en donde se pueden encontrar varias comparaciones entre los diferentes lenguajes de programación para web; para la elección se tomó como referencia la tabla 4:

*Tabla 6. Matriz comparativa de lenguajes de programación para el web*

Concepto	ASP .NET	PHP	Java	Python	Ruby
Costo de servidor	Alto	Gratuito	Gratuito	Gratuito	Gratuito
Sintaxis de lenguaje base	VB y C#	C / C++	C/ C++	C/ C++	Perl, Smalltalk, Eiffel, Ada, y Lisp
Orientado a objetos	Si	No completamente	Si	Si	Si
Sistemas operativos	Windows y Linux pero usando el proyecto	Linux o Windows	Linux o Windows	Linux o Windows	Linux o Windows

	Mono ( pero solo con C# )				
Servidor	IIS o Mono	Apache, compilador propio	Apache, Tomcat y Glassfish	Apache, compilador propio	Apache, compilador propio
Empresa	Microsoft y Xamarin ( para Mono)	The PHP Group ( open source)	Oracle (open source)	Python software foundation (open source)	Grupo Ruby (open source)
Base de datos (principalmente)	MsSQLServer	Mysql	Oracle, mysql	Mysql y PostgreSQL	Mysql y PostgreSQL
Rapidez de ejecución Generación de página web <sup>[4,12,7,13]</sup> .	3er lugar	4to lugar	Último lugar	1er lugar	2do lugar
Propósito	Generar dinámicamente páginas web	Generar dinámicamente páginas web	Generar dinámicamente páginas web	Enfatiza la productividad y la lectura fácil del código	Código “divertido” y fácil de modificar por parte del desarrollador.

Apoyo de aprendizaje	Sitio web, foros, documentos proporcionados por Microsoft. En general buen soporte. Muy centralizada	Mucha, pero descentralizada. No hay una entidad que de forma oficial centralice la ayuda	Mucha, pero descentralizada. No hay una entidad que de forma oficial centralice la ayuda	Mucha, pero descentralizada. No hay una entidad que de forma oficial centralice la ayuda	Menos, pero descentralizada. No hay una entidad que de forma oficial centralice la ayuda
Soporte a móviles (todos por medio de un browser)	Native: Windows phone		Native: android		
Ambiente de desarrollo	Ms Visual Studio <input type="checkbox"/> c Y herramientas open source	Eclipse y otras herramientas open source	Eclipse, netbeans y otras herramientas open source	Eclipse, netbeans y otras herramientas open source	Eclipse, netbeans y otras herramientas open source

Fuente: Matriz comparativa de lenguajes de programación para el web [en línea] <  
<http://deprofesoramaestro.blogspot.com.co/2012/11/comparativa-de-lenguajes-web.html>>

La plataforma de desarrollo elegida para la aplicación desarrollada fue Java, ya que es la plataforma más extendida en el entorno corporativo; es una tecnología madura y popular que cuenta con más de 9 millones de desarrolladores que lo usan y está presente en 7 mil millones de dispositivos en todo el mundo<sup>22</sup>.

La programación en java es orientada a objetos, ya que el modelamiento orientado a objetos es similar al del mundo real, facilita su desarrollo; además facilita la modificación, extensión y mantenibilidad de las aplicaciones; finalmente la herencia permite que el código se puede reutilizar, evitando así la duplicidad.

### **7.3 ELECCIÓN DEL GESTOR DE BASES DE DATOS A USAR:**

Tomando en cuenta el lenguaje de programación elegido y los gestores de bases de datos más usados referenciados en la tabla 4 se realizó una búsqueda de las principales diferencias entre los gestores Oracle y MySQL. En la tabla se muestra un cuadro comparativo de los dos gestores de bases de datos.

*Tabla 7. Cuadro comparativo de los gestores de bases de datos*

<b>Característica</b>	<b>Oracle</b>	<b>MySQL</b>
Lenguaje soportado	C, C#, C++, Java, Ruby, y Objective C	C, C#, C++, Java, Ruby, y Objective C
Sistema operativo	Windows, Linux, Solaris, HP-UX, OS X, z/OS, AIX	Windows, Linux, OS X, FreeBSD, Solaris
Licencia	Propietario	Libre

Fuente: Oracle vs MySQL vs SQL Server: una comparación entre los Sistemas Gestores de Bases de Datos Relacionales más Populares [en línea] <

---

<sup>22</sup> Los 10 lenguajes de programación más populares en la actualidad[En línea] Universia (Recuperado en abril 11 de 2017) Disponible en <http://noticias.universia.com.ar/consejos-profesionales/noticia/2016/02/22/1136443/conoce-cuales-lenguajes-programacion-populares.html>

<https://basededatosunounivia.wordpress.com/2015/03/13/oracle-vs-mysql-vs-sql-server-una-comparacion-entre-los-sistemas-gestores-de-bases-de-datos-relacionales-mas-populares/> > Modificado por el autor.

El gestor de bases de datos seleccionado fue MySQL, principalmente por ser de licencia libre, su rendimiento, confiabilidad y facilidad de uso; además teniendo como referente su uso en aplicaciones web de alto perfil como Facebook, Twitter y YouTube.

## 7.4 IMPLEMENTACIÓN

Una vez seleccionados el lenguaje de programación y teniendo en cuenta que el patrón de diseño elegido fue MVC se hizo necesario el uso de un framework que sirviera de guía para seguir el patrón de diseño MVC; se analizaron los framework basados en el patrón MVC y que fueran para java, en la tabla se evidencian algunos framework que MVC para java.

En la búsqueda del framework más acorde a los requerimientos de la aplicación se encontraron dos posibles opciones, struts 2 y spring mvc; en la tabla 6 se encuentra la matriz comparativa entre los dos framework.

*Tabla 8. Cuadro comparativo de los framework struts 2 y spring MVC<sup>23</sup>*

Característica	Struts 2	Spring MVC
Patrón MVC	Aplica el patrón MVC	División limpia entre controllers, models y views
Flexibilidad	Strust obliga a heredar clases concretas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Implementa toda su estructura mediante interfaces</li></ul>

<sup>23</sup> Spring MVC vs Struts[En línea]Progrania (Recuperado en abril 20 de 2017) Disponible en <http://www.programania.net/desarrollo-agil/spring-mvc-vs-struts/>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>No obliga a usar JSP</li> </ul>
Apoyo de aprendizaje	Poca cantidad de información	Se encuentra gran cantidad información, foros de ayuda.
Porcentaje de usuarios	6%	40% <sup>24</sup>

Para el desarrollo del proyecto se seleccionó Spring MVC debido a la gran cantidad de información, tutoriales y foros encontrados; además de ser más usada que struts 2.

Una vez se seleccionó el framework era importante definir el acceso a la base de datos dentro de la búsqueda realizada se hallaron dos posibles soluciones; primero se tiene hibernate que es una herramienta de mapeo-objeto-relaciona para java y por otra parte se tiene JDBC (Java Database Connectivity) que es un API que permite la ejecución de operaciones sobre bases de datos desde el lenguaje de programación java. En la tabla 7 se presenta un comparativo de hibertate y JDBC.

*Tabla 9. Cuadro comparativo Hibernate y JDBC<sup>25</sup>*

Característica	Hibernate	JDBC
Tiempo de desarrollo	Más rápido	Lento
Rendimiento	Rendimiento más bajo	Mejor rendimiento ya que es la forma más directa de enviar instrucciones a la base de datos
Curva de aprendizaje	Alta	Baja

<sup>24</sup> El Top 4 de los Frameworks MVC Java: Spring MVC, Vaadin, GWY y JSF[En línea] Wordpress (Recuperado en 25 de abril de 2017) Disponible en <https://unpocodejava.wordpress.com/2014/08/13/el-top-4-de-los-frameworks-mvc-java-spring-mvc-vaadin-gwy-y-jsf/>

<sup>25</sup> JPA, Hibernate VS JDBC[En línea] Oscar Blancarte Blog ) (Recuperado en abril 26 de 2017) Disponible en <https://www.oscarblancarteblog.com/2014/07/15/jpa-hibernate-vs-jdbc/>

Para el acceso a la base de datos de la aplicación se eligió usar JDBC debido a que permite la ejecución de cualquier comando SQL y la curva de aprendizaje es baja.

Adicionalmente se usó Maven para la gestión de las librerías del proyecto, ya que Maven se basa en un fichero central, pom.xml, en el cual se definieron todas las dependencias que usaría el proyecto, de esta forma no es necesario descargar manualmente los jar necesarios en el proyecto, ya que Maven descarga las dependencias y las añade al classpath. En la figura 12 se muestra la declaración de dependencia con Maven.

*Figura 13. Dependencia con Maven*

```
<dependency>
  <groupId>mysql</groupId>
  <artifactId>mysql-connector-java</artifactId>
  <version>${mysql.connector.version}</version>
</dependency>
```

### **Estructura final del proyecto**

En la figura 13, se muestra la estructura de archivos del proyecto

*Figura 14. Estructura de archivos del proyecto*

```

v > navargp [navargp master]
  v > src/main/java
    > uis.com.navargp.config
    > uis.com.navargp.config.core
    > uis.com.navargp.config.viewresolver
    > uis.com.navargp.dao
    > uis.com.navargp.dao.impl
    > uis.com.navargp.model
    > uis.com.navargp.web.controller
  v > src
    v > main
      v > webapp
        > resources
        v > WEB-INF
          > pages
    > target
    > pom.xml

```

**config:** En esta carpeta se encuentran las clases de la configuración del framework Spring MVC.

**viewresolver:** Aquí se encuentran las clases que implementan la interfaz ViewResolver. En spring mvc los viewresolver ayudan al Dispatcher Servlet en la identificación de la vista que debe ser mostrada como respuesta a una petición.

**dao:** Aquí se encuentran las clases e interfaces para el acceso a la capa de datos.

**model:** En esta carpeta se encuentran las clases que contienen las reglas del negocio

**controller:** Aquí se encuentran las clases en las que se diseñó la navegación y la integración entre las capas de vista y modelo.

**webapp:** En esta carpeta se encuentra el código JSP, hojas de estilo e imágenes que son mostradas en la aplicación.

Para la funcionalidad de selección de tratamiento se usó la clasificación de la AO Foundation para fracturas de fémur distal, rotula y tibia proximal, debido a que el caso clínico de estudio asignado fue de fractura de meseta tibial.

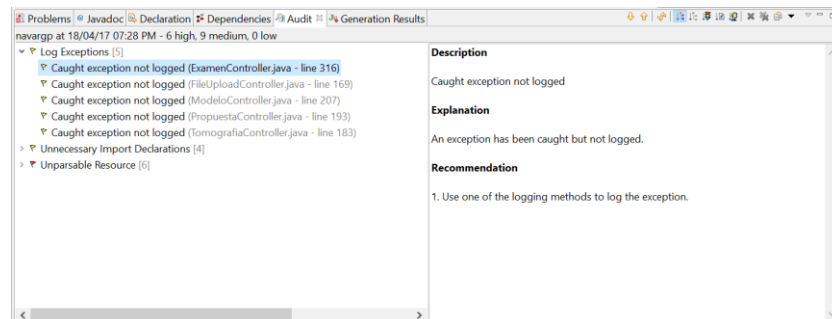
El desarrollo de las diferentes funcionalidades de la aplicación se realizó de acuerdo a la prioridad asignada en la especificación de requisitos y se especifica en el plan de trabajo que se presenta en el Anexo F

### 7.5 REALIZAR PRUEBAS DE UNIDAD:

Las pruebas de unidad se realizaron utilizando CodePro Analytix, mediante estas pruebas se pudo realizar mejoras en el código; fue integrada en el IDE de desarrollo de la aplicación. CodePro ofrece una gran cantidad de herramientas, las que se usaron en esta actividad fueron:

**Code Audit:** Esta herramienta permitió encontrar errores y fallas en las prácticas de programación. Esta herramienta fue aplicada al código fuente del proyecto, en la figura 15 se puede ver los resultados. Se encontraron 5 fallas de severidad media y X6 de severidad alta; se muestra la clase y la línea en la que se detectó el fallo, adicionalmente se presenta una descripción, explicación y recomendaciones para el error detectado.

*Figura 15. Resultado de la aplicación de Code Audit*

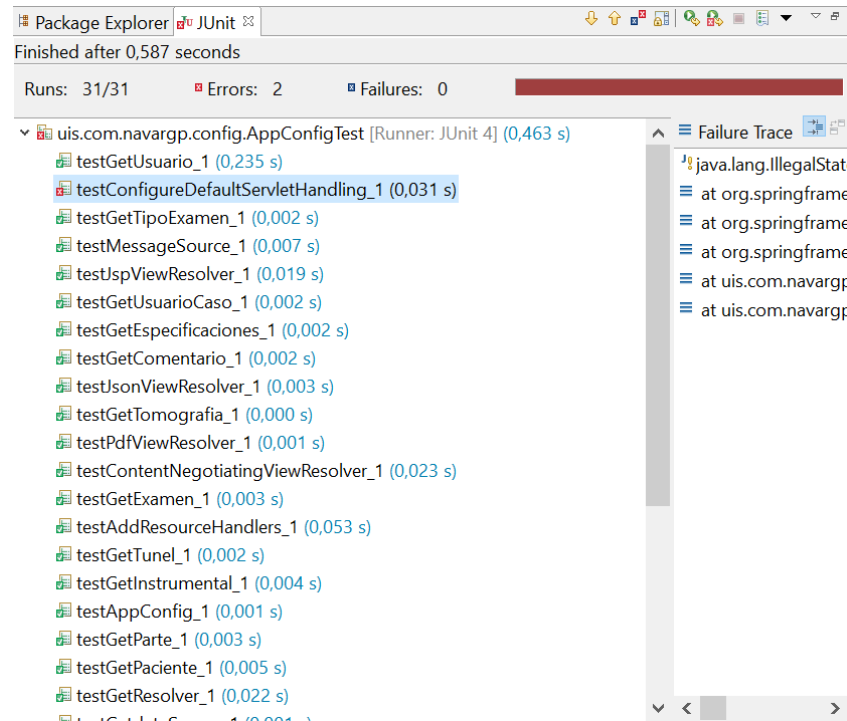


Luego de identificar los fallos se procedió a revisar el código para realizar los debidos ajustes.

**JUnit test Generation:** Esta herramienta permitió la creación y modificación de pruebas de unidad; lo cual permitió comprobar el correcto funcionamiento de las unidades de código y así hacer mejoras sobre ellas. En la figura 16 se puede observar los resultados de una prueba de unidad para la clase AppConfig. Para esta clase se realizaron 31 pruebas dentro de las cuales se detectaron dos errores.

El uso de esta herramienta ayudo a detectar errores durante la codificación de los diferentes módulos de la aplicación.

Figura 16. Resultado de prueba de unidad clase AppConfig



## 7.6 IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO:

Las imágenes y hojas de estilos obtenidos en la fase de diseño de interfaz fueron agregados a la aplicación; estos fueron agregados en la carpeta resources del proyecto de la aplicación

## 7.7 INTEGRACIÓN DEL SISTEMA:

La aplicación web desarrollada tiene un componente de visualización de modelos 3D desarrollado con Unity3D al emplearse una tecnología diferente a la del resto de la aplicación se tuvo en cuenta en primer lugar que el intercambio de datos entre la aplicación y el componente de visualización se realizaría con JSON(Javascript Object Notation) y en segundo lugar el visualizador debió ser exportado para WebGL que es una API implementada en JavaScript para la renderización de gráficos en 3D dentro del navegador.

## 8.PRUEBAS

En un objetivo específico del proyecto se planteó realizar las pruebas de la aplicación para verificar la funcionalidad; estas pruebas se realizaron siguiendo un plan de pruebas del cual se presenta evidencia a continuación:

### 8.1. PLAN DE PRUEBAS

#### 8.1.1 Pruebas de funcionalidad

**Objetivo del plan de pruebas:** El objetivo del plan de pruebas es establecer las condiciones para la aplicación de pruebas en la aplicación; con estas pruebas se pretende detectar el cumplimiento de las funcionalidades tomando como punto de referencia el documento de especificación de requisitos.

#### **Módulos a ser probados:**

- Asistente
- Administrador
- Ortopedista
- Diseñador
- Radiólogo

#### **Objetivos de las pruebas:**

Con las pruebas realizadas en los diferentes módulos se pretende validar:

La integridad y visualización de los datos ingresados y modificados en la base de datos

El cumplimiento de los requisitos especificados

El flujo de trabajo del proceso de pre planeación

**Orden de ejecución de los módulos:** El módulo de administración de la aplicación se prueba de manera separada y los demás módulos del sistema se deben probar siguiendo el flujo de trabajo del proceso de pre planeación. En la tabla se presentan las funcionalidades del sistema asociadas a cada uno de los requisitos especificados en el DER, el rol que puede acceder a dicha funcionalidad y si se efectuó satisfactoriamente.

**Criterios de aprobación de las pruebas de funcionalidad:**

- Los datos son ingresados correctamente en la base de datos
- Los datos pueden ser accedidos correctamente
- Se presenta notificaciones de error al usuario
- El resultado de la funcionalidad es el esperado

Las pruebas de las funcionalidades se realizaron ingresando datos incongruentes y campos vacíos para poder ver la respuesta del sistema; en el desarrollo de las pruebas se detectó la falta de algunos mensajes de notificación al usuario sobre el ingreso de datos, los cuales fueron agregados con forme se desarrolló la prueba.

*Tabla 10. Lista de chequeo de las funcionalidades de la aplicación*

Requisito	Rol	Funcionalidad	Resultado
R20	Asistente, administrador, diseñador, ortopedista	Iniciar sesión	✓
R1	Asistente	Registrar paciente	✓
R1	Asistente	Editar información del paciente	✓
R1	Asistente	Listar paciente	✓
R2	Asistente	Registrar caso clínico	✓
R17	Asistente	Asignar ortopedista, radiólogo y diseñador al caso clínico	✓

R2	Asistente	Editar información del caso clínico	✓
R2	Asistente	Listar casos clínicos	✓
R21	Ortopedista, diseñador, radiólogo	Listar casos clínicos asignados	✓
R6	Ortopedista	Solicitar exámenes	✓
R24	Ortopedista	Listar de exámenes y resultados	✓
R24	Ortopedista	Descargar archivos de exámenes	✓
R9	Radiólogo	Listado de exámenes solicitados	✓
R10-R11	Radiólogo	Subir archivo de examen y registrar concepto	✓
R24	Ortopedista	Consultar resultados de exámenes	✓
R12	Diseñador	Descargar DICOM	✓
R13	Diseñador	Subir OBJ	✓
R13	Diseñador	Subir MTL	✓
R4	Ortopedista	Rotar modelo	✓
R4	Ortopedista	Trasladar modelo	✓
R4	Ortopedista	Hacer zoom al modelo	✓
R3	Ortopedista	Hacer zoom a la imagen	✓
R5	Ortopedista	Marcar punto sobre el modelo	✓
R5	Ortopedista	Seleccionar punto marcado	✓
R5	Ortopedista	Eliminar punto marcado	✓
R3	Ortopedista	Cambiar de imagen	✓
R18	Ortopedista	Seleccionar parte	✓

R18	Ortopedista	Seleccionar diagnosis	✓
R18	Ortopedista	Seleccionar subdiagnosis	✓
R18	Ortopedista	Seleccionar tratamiento	✓
R18	Ortopedista	Editar selección del tratamiento	✓
R22	Ortopedista	Registrar especificaciones de diseño	✓
R22	Ortopedista	Editar especificaciones	✓
R14	Diseñador	Consultar especificaciones de diseño	✓
R15	Diseñador	Subir archivo de la propuesta	✓
R15	Diseñador	Registrar descripción de la propuesta	✓
R15	Diseñador	Cambiar archivo de la propuesta	✓
R15	Diseñador	Editar descripción de la propuesta	✓
R7	Ortopedista	Consulta de propuesta	✓
R7	Ortopedista	Descargar archivos de la propuesta	✓
R8	Ortopedista, diseñador	Registrar comentario sobre las propuestas de diseño	✓
R16	Ortopedista, diseñador	Consultar comentarios	✓
R25	Ortopedista	Registrar actividades del abordaje quirúrgico	✓
R25	Ortopedista	Editar actividades del abordaje	✓
R23	Ortopedista	Registrar instrumental quirúrgico	✓
R23	Ortopedista	Editar instrumental quirúrgico	✓

R23	Ortopedista	Generar reporte de tratamiento, abordaje e instrumental	✓
R19	Administrador	Registrar usuario	✓
R19	Administrador	Editar registro de usuario	✓
R19	Administrador	Eliminar usuario	✓

Al realizar las pruebas de cada una de las funcionalidades se comprobó que el flujo de pre planeación planteado puede ser culminado satisfactoriamente y se obtienen los resultados esperados.

8.1.2 Pruebas automatizadas: *Después de hacer la verificación del cumplimiento de requisitos y prueba de errores para cada una de las funcionalidades de la aplicación, se empleó JMeter y Selenium para realizar pruebas automatizadas de la aplicación, que permitieran probar el rendimiento y carga de la aplicación en un servidor.*

Los software de prueba Selenium y JMeter trabajan en diferentes niveles Selenium trabaja en el nivel del usuario y Jmeter opera en el nivel de protocolo. La aplicación de estas pruebas permitió tener resultados estadísticos del desempeño de la aplicación.

Selenium fue usado desde el navegador (Firefox), permitió grabar, editar y depurar las pruebas, luego con la extensión de JMeter para Firefox se guardó el archivo .jmx el cual fue importado en la aplicación de escritorio de JMeter.

### Entorno de configuración de las pruebas automatizadas

<b>Características del servidor de pruebas:</b>	Servidor Apache Tomcat/ 8.0.43, 1 GB Memoria.
---	---

<b>Características del equipo cliente:</b>	Procesador Intel® Core™ i7-4510U CPU @ 2.00 GHz 2.60 GHz
<b>Conexión de internet:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tipo de conexión: WI-FI</li> <li>○ Tiempo de recepción: 2.01 Mbps</li> <li>○ Tiempo de envío 1.74 Mbps</li> </ul>
<b>Base de datos</b>	MySQL 5.7.17

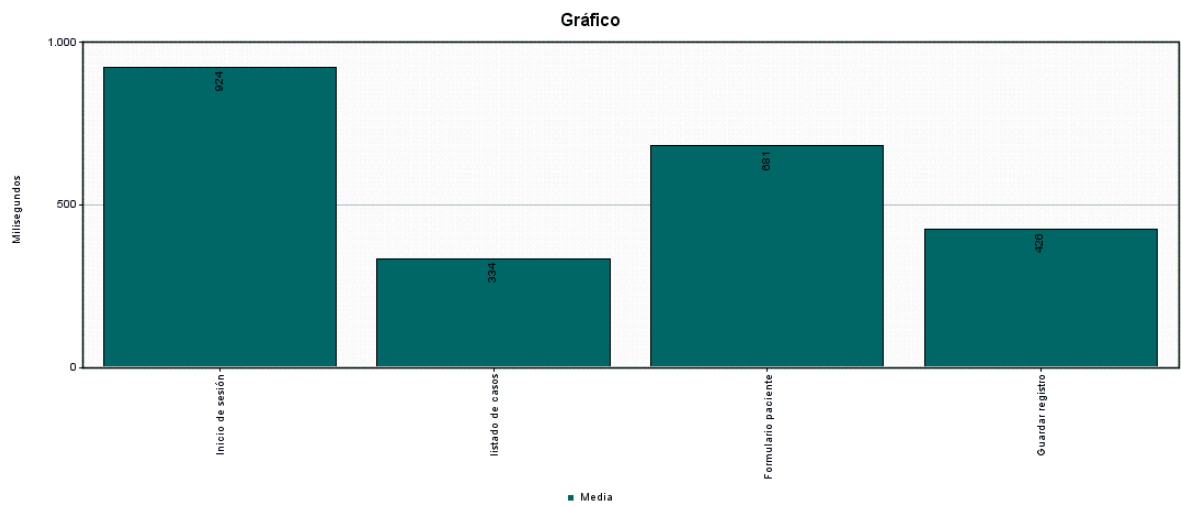
Las pruebas automatizadas se realizaron en las funcionalidades de inserción de datos, subida de archivos, descarga de archivos y visualización de modelo 3D. En los gráficos a continuación se presenta los resultados de estas pruebas para un solo usuario, con el fin de ver el tiempo de respuesta para cada petición.

La prueba para el registro de datos se realizó en el módulo del asistente, en donde se realizó el registro de un paciente. Como se puede observar en la figura 17, los tiempos de respuesta para las peticiones realizadas en el registro del paciente no superan los 0.924 segundos, siendo un tiempo adecuado para este tipo de tarea según Nielsen(r).<sup>26</sup>

---

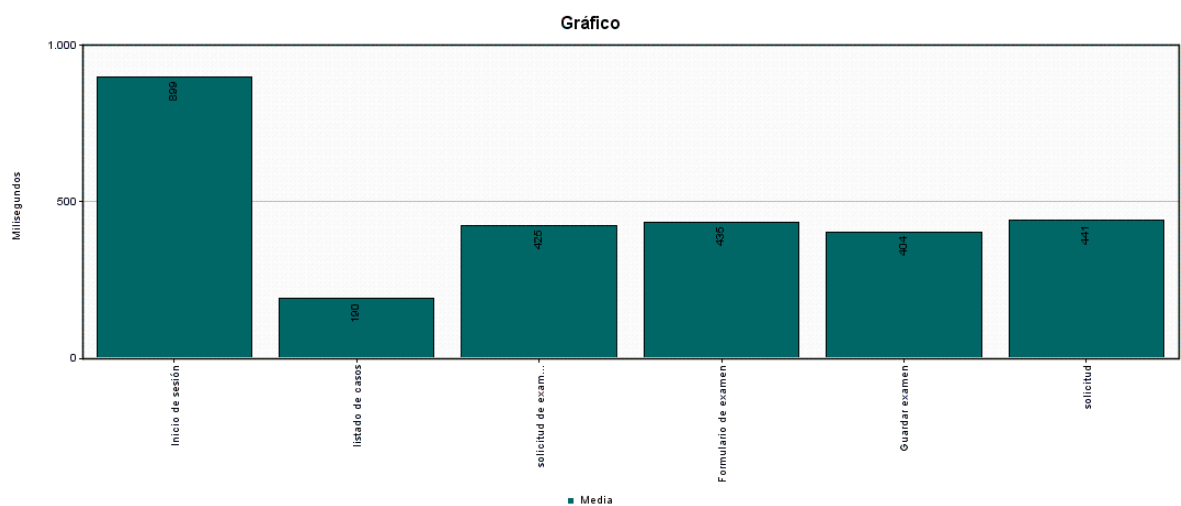
<sup>26</sup> F. Javier Diaz, Claudia M. Tzancoff Banchoff, Anahí S. Rodríguez, Valeria Soria."Usando Jmeter para pruebas de rendimiento". LINTI. Fac. de Informática, Universidad Nacional de La Plata.

Figura 17. Tiempos de respuesta para la inserción de datos. Modulo del asistente



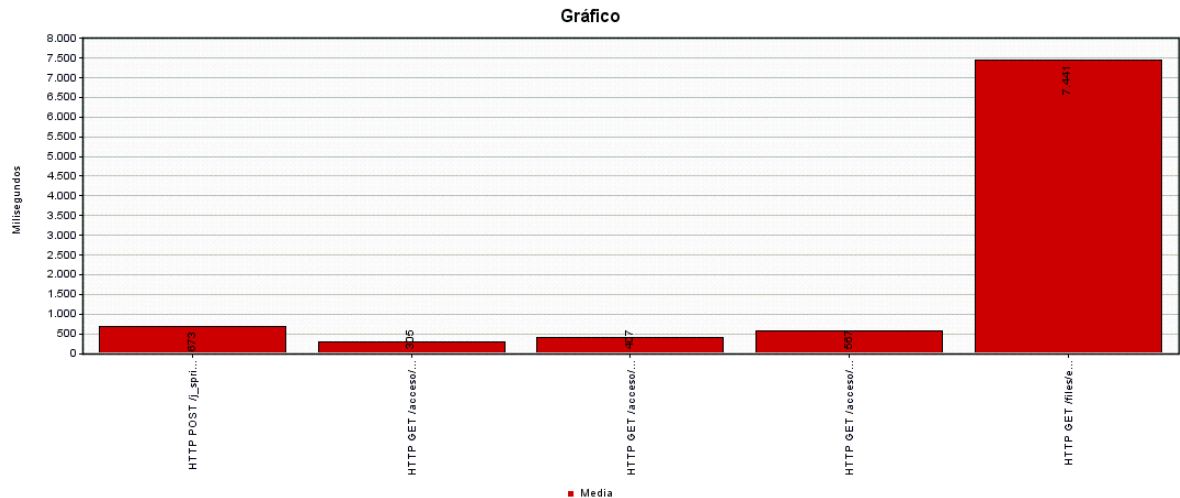
La prueba de subida de archivos se realizó con un archivo de un peso de 1.16 MB. En la figura 18, se puede ver los resultados de la prueba, para las peticiones de esta funcionalidad se registraron tiempos menores a 0.899 segundos, lo cual está dentro del límite de 1 segundo, sin embargo cabe aclarar que el tiempo de subida de archivos depende tanto de la conexión como del tamaño del archivo; por lo tanto en la práctica estos tiempos podrían ser mayores.

Figura 18. Tiempos de respuesta de las peticiones para la subida de archivos



La prueba de descarga de archivos se realizó con un archivo de 1.16 MB, en las peticiones registradas se puede observar que los tiempos son menores a 0.7441 segundos lo cual está dentro del límite del segundo. Los resultados de la prueba de esta funcionalidad se encuentran en la figura 19.

Figura 18. Tiempos de respuesta para la descarga de archivos



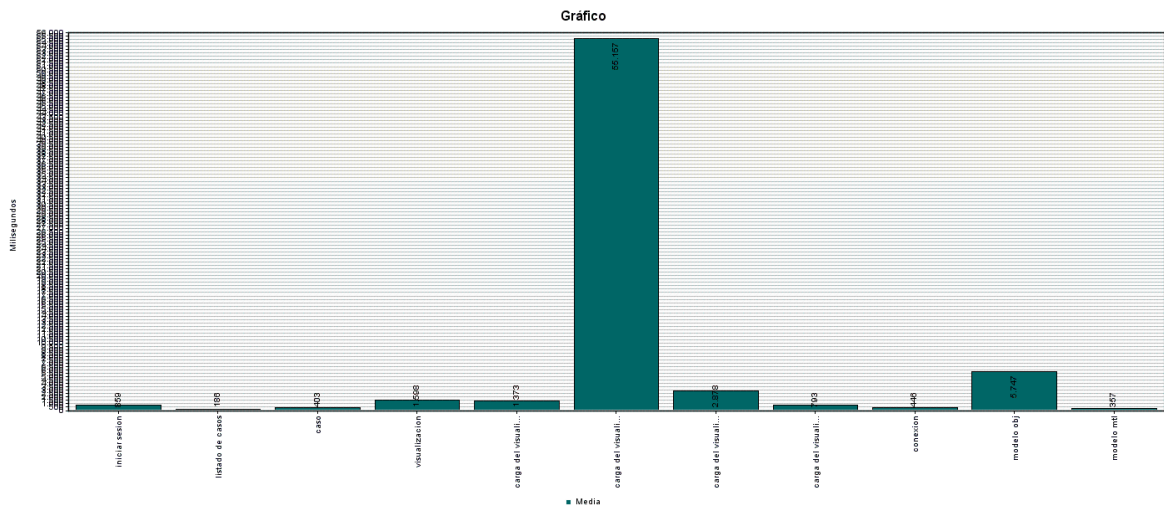
Para probar el visualizador de modelos 3D se usó un modelo de 1.16 MB para las peticiones realizadas en la carga del visualizador de modelos 3D se registró un tiempo máximo de 55.15 segundos como se puede ver en la figura 20, lo cual sobrepasa el límite de los 10 segundos que según Nielsen es el límite en el cual se pierde la atención del usuario. Este tiempo se registra debido a que se realizó la integración de Unity WebGL a la aplicación desarrollada y que para la generación del visualizador se deben cargar cuatro archivos generados por unity los cuales se especifican a continuación:

- Un archivo JavaScript que contiene el código para cargar el reproductor WebGL generado
- Archivo js.mem el cual contiene una imagen binaria para inicializar la memoria usada por el reproductor
- Un archivo .data que contiene los datos de los assets (archivos de texturas, materiales...) y las escenas

- Archivo UnityLoader el cual contiene el código necesario para cargar el contenido en la página web.

Adicional al tiempo de carga del visualizador se tiene la carga del modelo .obj en el visualizador para la cual se obtiene un tiempo de 5,747 el cual es mejor al límite de los 10 segundos. En este punto también se debe tener en cuenta que el tiempo de carga del modelo dependerá tanto de la conexión a internet como del peso del modelo.

Figura 19. Tiempos de respuesta para las peticiones de carga del visualizador 3D



Se realizaron pruebas de carga para la funcionalidad de visualización de modelos 3D, la cual se pudo identificar como la que más tiempo de carga requiere, se realizó la prueba automatizada para 5,10,15 y 20 usuarios, se pudo observar que el servidor deja de responder peticiones con más de 15 usuarios, lo cual se considera un numero medianamente aceptable contrastado con el número de especialistas en ortopedia y traumatología egresados en la Universidad Industrial de Santander el cual es de 20 egresados<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Cupos y Costos de la Especialización en Ortopedia y Traumatología[En línea] Universidad Industrial de Santander (Recuperado en abril 26 de 2017) Disponible en <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/academia/facultades/salud/escuelas/medicina/programasAcademicos/especializacionOrtopediaTraumatologia/cuposCostos.jsp>

Si bien en las anteriores pruebas se observaron tiempos altos en la visualización, esto obedece al tamaño de archivo que se está manejando. Este tamaño de archivo es alto debido a la calidad del modelo 3D requerido por el Ortopedista en el proceso y poder manejar y conservar la calidad de archivo es un requerimiento clave para la utilidad de la herramienta.

8.1.3 Pruebas con usuarios: *Una vez comprobadas las funcionalidades de la aplicación y con una versión estable de la misma se realizaron pruebas de usabilidad del módulo ortopedista con dos médicos especialistas en ortopedia. Igualmente se probó módulo de diseñador, con dos diseñadoras industriales especialistas en el diseño de implantes a la medida.*

El objetivo de las pruebas con usuarios era determinar si las tareas eran realizadas y el tiempo en el cual eran completadas.

Las pruebas con usuarios se desarrollaron con archivos de imágenes DICOM, modelo 3D reconstruido, información de la fractura proporcionada por el ortopedista y propuesta de diseño proporcionada por el diseñador para el caso clínico asignado.

### **Prueba con diseñador industrial**

Para que el usuario diseñador realizara la prueba se le proporciono un modelo 3D el cual podría ser subido para su visualización, esta medida se tomó debido a los tiempos requeridos en la construcción del modelo 3D a partir de imágenes DICOM, los cuales no dependen de la aplicación desarrollada.

Los tiempos promedio de desarrollo de las tareas obtenidos se presentan en la tabla 10:

*Tabla 11. Tiempo promedio de desarrollo de las tareas-Diseñador*

Tarea	Tiempo promedio
Descargar tomografías	2,5 segundos
Subir reconstrucción	7 segundos

Crear propuesta de diseño	10 segundos
Guardar propuesta	3,5 segundos
Observa comentarios sobre la propuesta	3,5 segundos

### **Pruebas con ortopedistas**

El registro de tiempos promedio de las tareas realizadas por ortopedistas se evidencia en la tabla 11

*Tabla 12. Tiempo promedio de desarrollo de las tareas- Ortopedista*

Tarea	Tiempo promedio
Seleccionar el caso clínico	3 segundos
Leer información del caso	3,5 segundos
Solicitar exámenes	12,5 segundos
Marcación de puntos sobre el modelo 3D	3,5 minutos
Registrar especificaciones de diseño	4,5 minutos
Descargar y observar propuesta de diseño	9 segundos
Realizar comentarios sobre la propuesta de diseño	12,5 segundos
Observar el reporte final	3,5 segundos

En las pruebas con usuarios se pudo evidenciar que las tareas que presentan más demora en su desarrollo son las de marcación de puntos sobre el modelo y el registro de especificaciones de diseño; estas tareas requieren la observación detallada del modelo para realizar la marcación y toma de decisiones sobre el diseño del implante personalizar; adicional a esto también se considera la demora en la carga del visualizador 3D.

## 9. CONCLUSIONES

- La revisión de la literatura y las entrevistas con usuarios permitieron identificar las diferentes etapas del proceso de pre planeación quirúrgica y realizar una identificación clara de las necesidades de los usuarios, lo cual facilitó el proceso de especificación de requisitos.
- El uso del patrón de diseño MVC permitió separar los elementos de la vista y la lógica del negocio, facilitando el trabajo realizado por el equipo, el cual era interdisciplinario.
- La incorporación de una herramienta web en el proceso de pre planeación quirúrgica ortopédica de implantes a la medida permitió apoyar el diagnóstico del paciente, la selección del tratamiento, la especificación del abordaje quirúrgico e instrumental y el proceso del diseño del implante personalizado.
- La visualización de imágenes 3D e imágenes radiográficas en el proceso de pre planeación permitió tener una idea más clara de la fractura, lo cual permitió apoyar al ortopedista en el diagnóstico de la fractura e identificación del posible tratamiento y abordaje en la cirugía.
- La sección de comentarios a las propuestas de diseño permitió una comunicación asincrónica entre el ortopedista y el diseñador, para así disminuir pérdida de tiempo en convenir reuniones entre estos dos usuarios.
- El diseño de prototipos y evaluación por parte del usuario permitió ahorrar tiempo en el desarrollo de la herramienta, ya que una vez iniciado el desarrollo del software ya se tenía clara la forma en la que se le presentaría la información al usuario.
- El reporte quirúrgico generado en la aplicación es un resumen de las principales actividades realizadas en el proceso de pre planeación el cual puede ser consultado instantes antes del procedimiento quirúrgico y presenta una guía para los profesionales que intervienen.

## 10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la incorporación de notificaciones de las novedades en los casos clínicos en la aplicación y el envío de correos electrónicos con dichas notificaciones, para que cada uno de los usuarios esté al tanto de todos los cambios.
- Se sugiere la visualización de la propuesta del implante a la medida en el visualizador 3D junto con el modelo 3D de la fractura, para un mejor análisis y validación del mismo por parte del ortopedista.
- Se sugiere la evaluación de nuevas tecnologías para la visualización de modelos 3D con el fin de mejorar los tiempos de respuesta.
- Se recomienda incorporar un campo abierto de selección de tratamiento, para dar más libertad al ortopedista ya que puede presentarse casos que no estén contemplados dentro de la clasificación AO.

## BIBLIOGRAFIA

- Apache JMeter[En línea] Apache (Recuperado en abril 7 de 2017) Disponible en <http://jmeter.apache.org/>
- CAMPS, R. Bases de datos [En línea] Universitat Oberta de Catalunya(Recuperado en abril 8 de 2017) Disponible en <http://www.uoc.edu/masters/oficiales/img/913.pdf>
- CASTRO, Ginna . Evaluación de un modelo de integración de herramientas software dirigido al sector biomédico-ortopédico.Bucaramanga,2014 Trabajo de grado(Diseñador Industrial) Universidad Industrial de Santander.Escuela de estudios Industriales y Empresariales.
- COTO, E. TRAUMAPLAN: para la planificación preoperatoria en traumatología En: Enl@ce, agosto,2011, pp.61-78
- Cupos y Costos de la Especialización en Ortopedia y Traumatología[En línea] Universidad Industrial de Santander (Recuperado en abril 26 de 2017) Disponible en <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/academia/facultades/salud/escuelas/medicina/programasAcademicos/especializacionOrtopediaTraumatologia/cuposCostos.jsp>
- Eclipse IDE [En línea] Eclipse (Recuperado en abril 26 de 2017) Disponible en <http://www.eclipse.org/ide>
- El modelo relacional. [En línea] Universidad da Coruña (Recuperado en abril 7 de 2017) Diponible en <http://docencia.lbd.udc.es/bdd/teoria/tema2/2.3.1.-ElModeloRelacional.pdf>
- El Top 4 de los Frameworks MVC Java: Spring MVC, Vaadin, GWY y JSF[En línea] Wordpress (Recuperado en 25 de abril de 2017)Disponible en <https://unpocodejava.wordpress.com/2014/08/13/el-top-4-de-los-frameworks-mvc-java-spring-mvc-vaadin-gwy-y-jsf/>
- GONZALES DE SANTIAGO M. A Reconstrucción craneal con implante personalizado En: Revista Española de Cirugía Oral y Maxilofacial, 2011, vol. 33, n.1, p.40-44
- GONZALES DE SANTIAGO, M. A. Reconstrucción craneal con implante personalizado En: Revista Española de Cirugía Oral y Maxilofacial,2011,vol 33,n.1,p.40-44

- JACOBO ,E. R. Planificación preoperatoria Digital en Traumatología. En: Ultrasound, 2009.
- JPA, Hibernate VS JDBC [En línea] Oscar Blancarte Blog ) (Recuperado en abril 26 de 2017) Disponible en <https://www.oscarblancarteblog.com/2014/07/15/jpa-hibernate-vs-jdbc/>
- Lenguaje Java Avanzado Universidad de Alicante (Recuperado en abril 6 de 2017) Disponible en <http://www.jtech.ua.es/j2ee/publico/lja-2012-13/wholesite.pdf>
- LOPREITE ,F. A. Planificación manual preoperatoria en el reemplazo total de rodilla primario En: Rev. Asoc. Argent. Ortop. Traumatol. 2011,vol. 76, pp. 152-157
- Modelo Vista Controlador[En línea]Universidad en Alicante(Recuperado en abril 4 de 2017)Disponible en <https://si.ua.es/es/documentacion/asp-net-mvc-3/1-dia/modelo-vista-controlador-mvc.html>
- NAMBIAR ,M . AO Surgery Reference:a comprehensive guide for management of fractures. En: Br J Sports Med .Julio de 2016.
- Selenium [En línea] Wikipedia (Recuperado en abril 7 de 2017) Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Selenium>
- Spring MVC Framework [En línea]Tutorials Point (Recuperado en abril 5 de 2017) Disponible en [https://www.tutorialspoint.com/spring/spring\\_web\\_mvc\\_framework.htm](https://www.tutorialspoint.com/spring/spring_web_mvc_framework.htm)
- Spring MVC vs Struts[En línea]Progrania (Recuperado en abril 20 de 2017) Disponible en <http://www.programania.net/desarrollo-agil/spring-mvc-vs-struts/>
- Unity3D[En línea] Ecured (Recuperado en abril 6 de 2017) Disponible en <https://www.ecured.cu/Unity3D>



4. ¿Qué información le brinda usted al ortopedista en la propuesta de diseño?

5. ¿Cómo se realiza la validación del diseño del implante personalizado?

### **Formato de entrevista para ortopedista**

#### **Presentación:**

Buenos \_\_\_\_\_.

Como parte de mi proyecto de grado de Ingeniería de Sistemas estoy desarrollando una aplicación para apoyar el proceso de pre planeación quirúrgica para implantes personalizados; para implementar esta aplicación debo identificar las diferentes etapas del proceso de pre planeación y los roles que están involucrados. La información brindada en esta encuesta solo será usada con propósitos académicos.

**Persona entrevistada:** \_\_\_\_\_

**Ocupación** \_\_\_\_\_

#### **Preguntas:**

1. ¿Me puede describir las diferentes etapas del proceso de pre planeación quirúrgica?



## ANEXO B-DOCUMENTO DE ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS

**Propósito:** El objetivo de este documento es recoger, analizar y definir los requisitos de la *Herramienta de software para asistir la etapa de pre planeación quirúrgica ortopédica de implantes ajustados a la geometría ósea*.

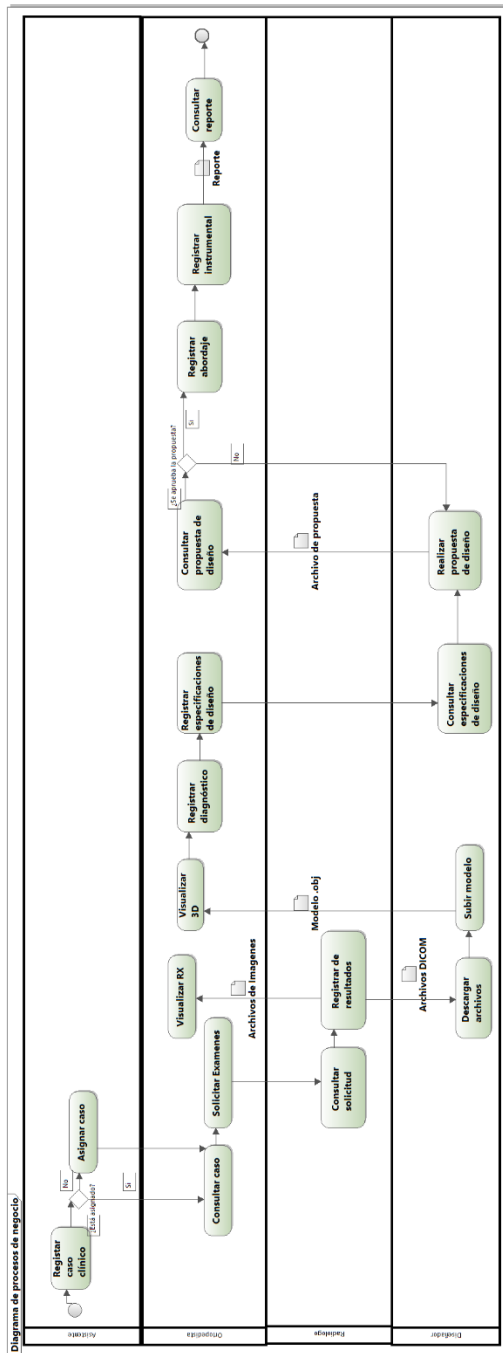
**Descripción:** La herramienta software para asistir la etapa de pre planeación quirúrgica ortopédica de implantes ajustados a la geometría ósea es una aplicación que presenta recursos de visualización de modelos 3D, visualización de imágenes radiográficas e información clínica los cuales sirven de apoyo en la toma de decisiones sobre el diseño del implante y el procedimiento quirúrgico a realizar. En la tabla 12 se definen los requisitos de la aplicación.

*Tabla 13.Requisitos de la aplicación*

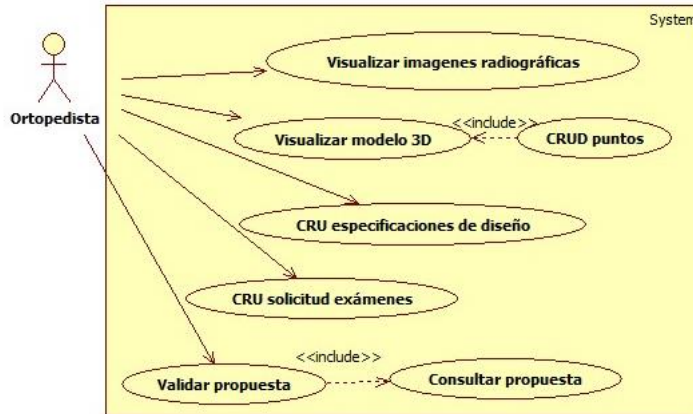
Identificador	Requisito	Prioridad
R1	El asistente debe ser capaz de registrar, editar y visualizar la información sobre los pacientes.	Alta
R2	El asistente debe poder registrar, editar y visualizar la información general del caso clínico.	Alta
R3	El ortopedista debe poder visualizar imágenes radiográficas	Media
R4	El ortopedista debe visualizar modelos 3D	Alta
R5	El ortopedista debe poder crear, ver y eliminar puntos sobre el modelo visualizado	Alta
R6	El ortopedista debe poder solicitar exámenes	Alta
R7	El ortopedista debe poder consultar propuestas de diseño	Alta
R8	El ortopedista debe poder validar la propuesta de diseño	Alta

<b>R9</b>	El radiólogo debe poder consultar la solicitud de exámenes	Alta
<b>R10</b>	El radiólogo debe poder subir archivos de exámenes	Alta
<b>R11</b>	El radiólogo debe poder registrar el concepto del examen	Media
<b>R12</b>	El diseñador debe poder descargar archivos DICOM	Alta
<b>R13</b>	El diseñador debe poder subir modelos 3D	Alta
<b>R14</b>	El diseñador debe poder consultar especificaciones de diseño	Alta
<b>R15</b>	El diseñador debe poder crear propuestas de diseño	Alta
<b>R16</b>	El diseñador debe poder consultar el estado de las propuestas	Alta
<b>R17</b>	El asistente debe poder asignar casos clínicos	Alta
<b>R18</b>	El ortopedista debe poder registrar el tratamiento del caso clínico	Alta
<b>R19</b>	El administrador debe poder crear, editar y eliminar los usuarios del sistema	Media
<b>R20</b>	Todos los usuarios del sistema deben poder iniciar sesión y cerrar sesión en la aplicación	Media
<b>R21</b>	Los usuario ortopedista, diseñador y radiólogo deben poder consultar los casos clínicos asignados	Media
<b>R22</b>	El ortopedista debe poder realizar especificaciones de diseño	Media
<b>R23</b>	El ortopedista debe poder consultar reporte de instrumental, tratamiento y abordaje.	Media
<b>R24</b>	El ortopedista debe poder consultar los resultados de los exámenes	Media
<b>R25</b>	El ortopedista debe poder registrar el abordaje de la cirugía	Alta

Figura 20. Diagrama del proceso del negocio



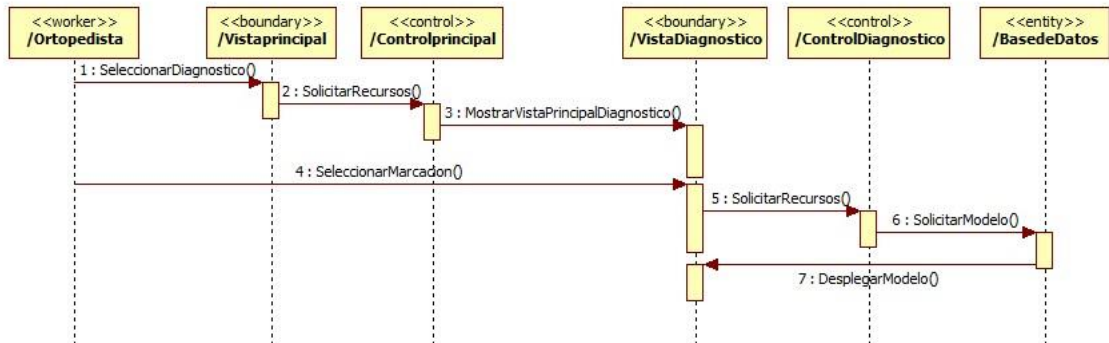
## Diagrama de casos de uso para el ortopedista



Caso de Uso	Caso de uso 1: Visualizar modelo 3D	
<b>Descripción</b>	El usuario desea visualizar un modelo 3D	
<b>Actores</b>	Ortopedista	
<b>Condiciones previas</b>	El usuario debe estar logueado en el sistema Debe haberse consultado el caso clínico	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario selecciona en el menú general la opción diagnóstico	
		2.Se muestra la página que contiene todos los elementos para el

		diagnóstico, con un nuevo menú
	3.El usuario selecciona la opción de marcación	
		4.Se presenta el visualizador de modelos 3D
<b>Flujo alternativo</b>	3.El usuario selecciona la opción de marcación	
		4.Se informa al usuario que aún no hay modelos 3D para visualizar

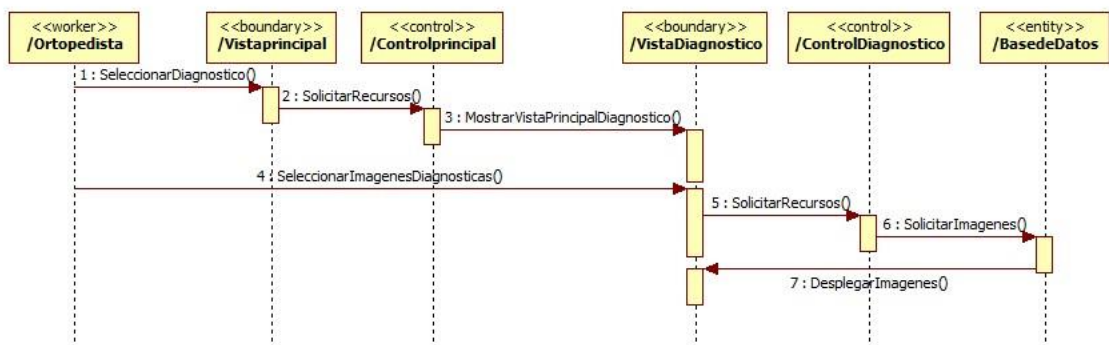
Figura 21. Diagrama de secuencia para el caso de uso 1



Caso de Uso	Caso de uso 2: Visualizar imágenes radiográficas	
Descripción	El usuario desea visualizar imágenes radiográficas	
Actores	Ortopedista	
Condiciones previas	El usuario debe estar logueado en el sistema Debe haberse consultado el caso clínico	
Detalles	Acciones del actor	Respuesta del sistema
Flujo principal	1.El usuario selecciona en el menú general la opción diagnóstico	
		2.Se muestra la página que contiene todos los elementos para el diagnóstico, con un nuevo menú

	3.El usuario selecciona la opción de imágenes diagnósticas	
		4.Se presenta el visualizador de imágenes radiográficas
<b>Flujo alternativo</b>	3.El usuario selecciona la opción de marcación	
		4.Se informa al usuario que aún no hay imágenes radiográficas para visualizar

Figura 22. Diagrama de secuencia caso de uso 2

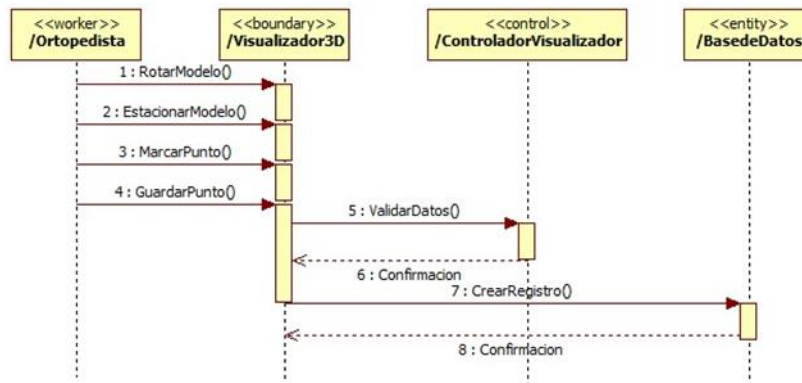


<b>Caso de Uso</b>	<b>Caso de uso 3: CRUD puntos</b>
<b>Nombre del escenario</b>	<b>3.1 Crear punto</b>

<b>Descripción</b>	El usuario desea crear los puntos necesarios para el diseño	
<b>Actores</b>	Ortopedista	
<b>Condiciones previas</b>	El usuario está en la página del visualizador de modelos 3D	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario usa los controles del mouse para rotar el modelo	
		2.Con cada evento del mouse se rota el modelo
	3.El usuario da click en estacionar	
		4.Las opciones de rotación son desactivadas
	5. El usuario activa la opción marcar	
		6. Se activa un punto para ser posicionado por el usuario
	7. El usuario posiciona el punto en el lugar del modelo que desee	

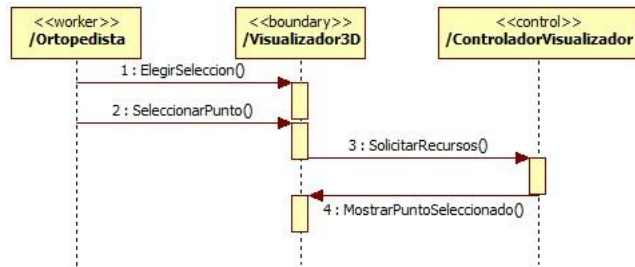
		8. Se visualiza el punto en el modelo
	9. El usuario da click en la opción guardar	
		10. Se crea un nuevo registro un nuevo registro
<b>Post- Condiciones.</b>	Un nuevo registro es creado en la base de datos	

Figura 23. Diagrama de secuencia caso de uso 3.1



<b>Caso de Uso</b>	<b>Caso de uso 3: CRUD puntos</b>	
<b>Nombre del escenario</b>	<b>3.2 Seleccionar punto</b>	
<b>Descripción</b>	El usuario desea seleccionar un punto	
<b>Actores</b>	Ortopedista	
<b>Condiciones previas</b>	El usuario está en la página del visualizador de modelos 3D  Existe un punto sobre el modelo	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario da click en la opción seleccionar	
		2.Se habilita la selección de puntos
	3.El usuario da click sobre el punto a seleccionar	
		4. Aparece una marca sobre el punto seleccionado

*Figura 24. Diagrama de secuencia para el caso de uso 3.2*



Caso de Uso	Caso de uso 3: CRUD puntos	
<b>Nombre del escenario</b>	<b>3.3 Eliminar punto</b>	
<b>Descripción</b>	El usuario desea eliminar un punto	
<b>Actores</b>	Ortopedista	
<b>Condiciones previas</b>	El usuario está en la página del visualizador de modelos 3D  Se ha seleccionado un punto	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario da click en la opción de eliminar	
		2.El punto es eliminado del modelo

Figura 25. Diagrama de secuencia para el caso de uso 3.3

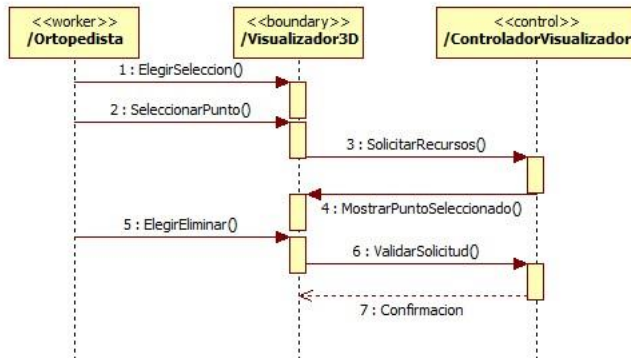
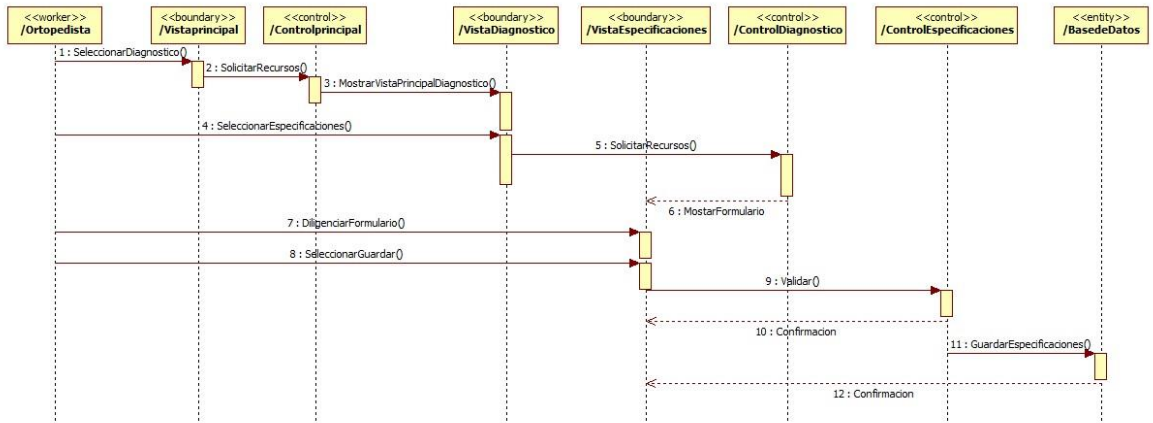


Figura 26. Diagrama de secuencia para el caso de uso 4.1



<b>Caso de Uso</b>	<b>Caso de uso 4: CRU especificaciones de diseño</b>	
<b>Nombre del escenario</b>	<b>4.2 Editar especificación de diseño</b>	
<b>Descripción</b>	El usuario desea editar las especificaciones de diseño	
<b>Actores</b>	Ortopedista	
<b>Condiciones previas</b>	Debe existir un registro en las especificaciones de diseño	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario da click en la opción editar	
		2.Se muestra el formulario de edición de especificaciones
	3.El usuario diligencia la nueva información	
	4. El usuario da click en la opción guardar	
		5.Se guardan los cambios del registro
<b>Post-Condicion</b>	Se crea edita un registro en la base de datos	

Figura 27. Diagrama de secuencia caso de uso 4.2

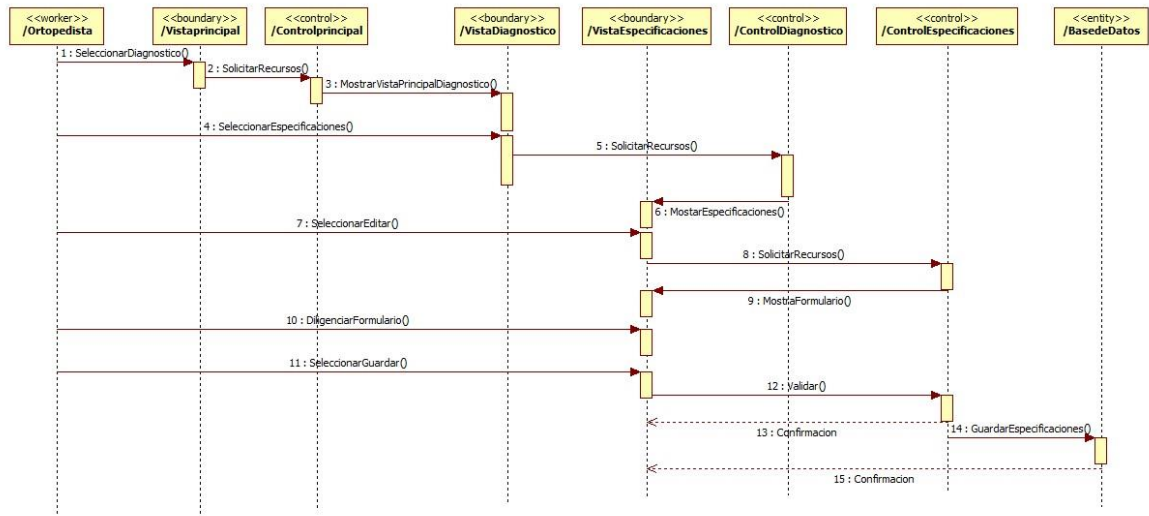
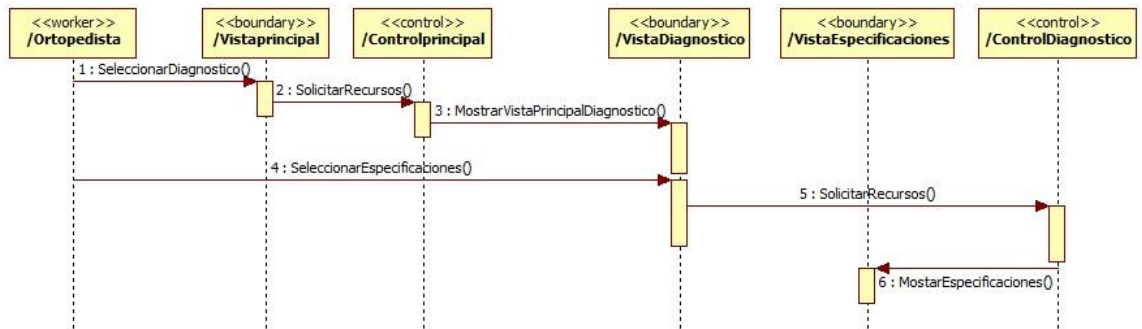


Figura 28. Diagrama de secuencia caso de uso 4.3



<b>Caso de Uso</b>	<b>Caso de uso 5: CRU solicitud de exámenes</b>	
<b>Nombre del escenario</b>	<b>5.1 Realizar solicitud de examen</b>	
<b>Descripción</b>	El usuario desea realizar una solicitud de examen	
<b>Actores</b>	Ortopedista	
<b>Condiciones previas</b>	Debe haberse consultado el caso clínico	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario selecciona en el menú general la opción exámenes	
		2.Se muestra el formulario de solicitud de exámenes
	3.El usuario diligencia la información necesaria para la solicitud de exámenes	
	4. El usuario da click en el botón de guardar	
	5.El usuario diligencia el formulario de especificaciones y da click en el botón guardar	
		6. Se crea un nuevo registro

<b>Flujo alternativo</b>	5. El usuario da click en el botón guardar sin haber diligenciado el formulario	
		6. Se solicita el diligenciamiento de los datos
<b>Post- Condiciones</b>	Se crea un nuevo registro en la base de datos	

<b>Caso de Uso</b>	<b>Caso de uso 5: CRU solicitud de exámenes</b>	
<b>Nombre del escenario</b>	<b>5.2 Leer solicitud de examen</b>	
<b>Descripción</b>	El usuario desea leer las solicitudes exámenes	
<b>Actores</b>	Ortopedista	
<b>Condiciones previas</b>	Debe existir solicitud de exámenes	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario selecciona en el menú general la opción exámenes	

		2. Se muestra el listado de exámenes solicitados
--	--	--

Figura 29. Diagrama de secuencia caso de uso 5.1

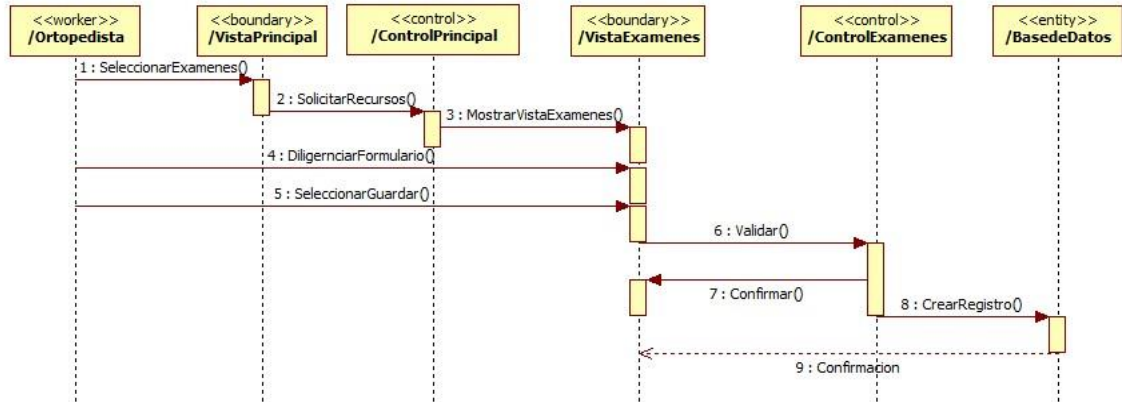
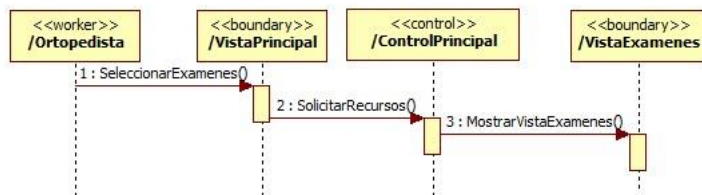
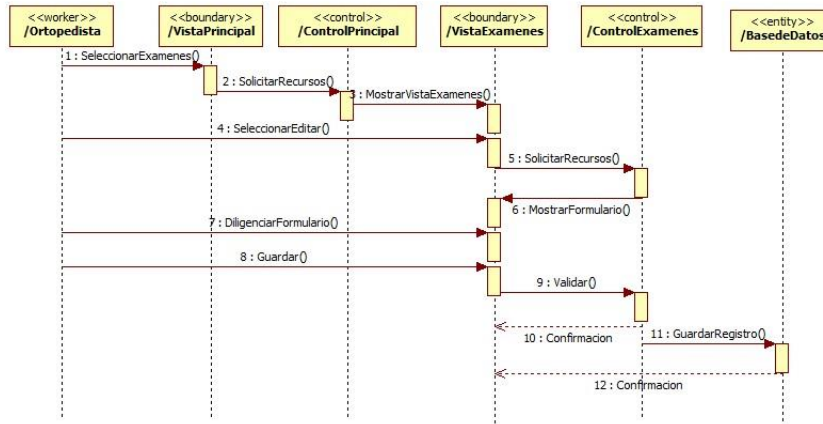


Figura 30. Diagrama de secuencia caso de uso 5.2



<b>Caso de Uso</b>	<b>Caso de uso 5: CRU solicitud de exámenes</b>	
<b>Nombre del escenario</b>	<b>5.3 Editar solicitud de examen</b>	
<b>Descripción</b>	El usuario desea editar la solicitud de examen	
<b>Actores</b>	Ortopedista	
<b>Condiciones previas</b>	Se debe visualizar el listado de solicitud de exámenes	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario selecciona la opción de editar	
		2.Se muestra el formulario de edición de examen
	3.El usuario diligencia la nueva información del examen	
	4. El usuario da click en el botón de guardar	
		6. Se edita el registro
<b>Post-Condicion</b>	Se edita un registro en la base de datos	

Figura 31. Diagrama de secuencia caso de uso 5.3



Caso de Uso	Caso de uso 7: Validar propuesta de diseño	
Descripción	El usuario desea validar la propuesta de diseño	
Actores	Ortopedista	
Condiciones previas	Debe existir propuestas	
Detalles	Acciones del actor	Respuesta del sistema
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario escribe los comentarios sobre la propuesta y da su concepto de aceptación o rechazo de la misma	
	2. El usuario da click en el botón comentar	
		3. Se crea un nuevo registro

<b>Caso de Uso</b>	<b>Caso de uso 6: Consultar propuesta de diseño</b>	
<b>Descripción</b>	El usuario desea consultar la propuesta de diseño	
<b>Actores</b>	Ortopedista	
<b>Condiciones previas</b>	Debe haberse consultado el caso clínico	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario da click en el ítem propuesta	
		2.Se muestra el listado de propuestas presentadas
	3.El usuario da click en el botón de archivos	
		4.Se descarga el archivo de la propuesta
	1.El usuario da click en el ítem propuesta	
		2. Se informa al usuario que no hay propuestas disponibles por el momento

Figura 32. Diagrama de secuencia caso de uso 6

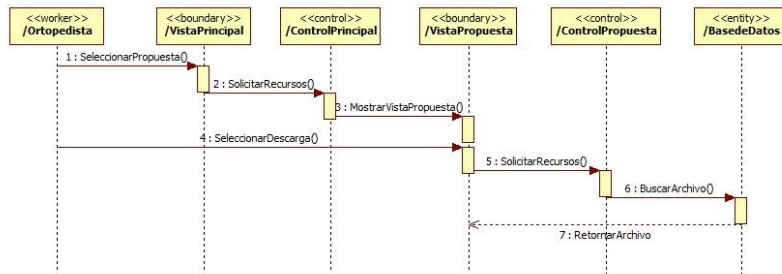
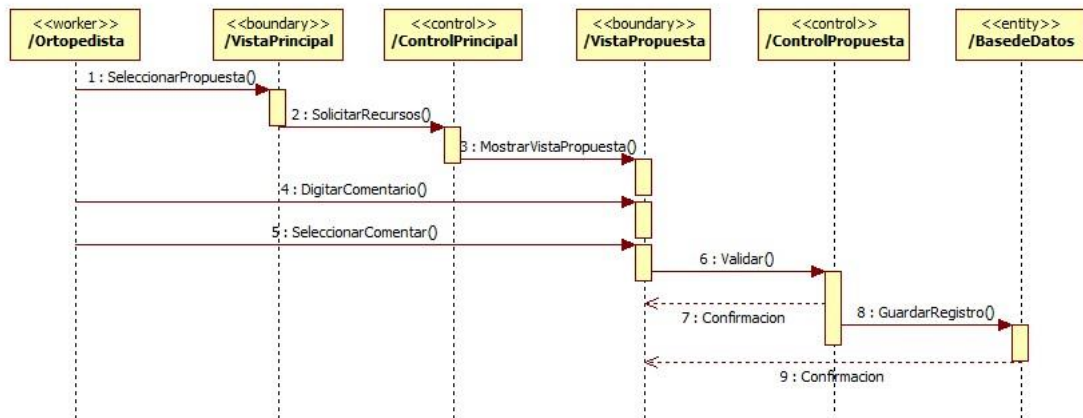


Figura 33. Diagrama de secuencia caso de uso 7



Caso de Uso	Caso de uso 8: Seleccionar tratamiento	
Descripción	El usuario desea visualizar imágenes radiográficas	
Actores	Ortopedista	
Condiciones previas	El usuario debe estar logueado en el sistema Debe haberse consultado el caso clínico	
Detalles	Acciones del actor	Respuesta del sistema

<b>Flujo principal</b>	1.El usuario selecciona en el menú general la opción diagnóstico	
		2.Se muestra la página que contiene todos los elementos para el diagnóstico, con un nuevo menú
	3.El usuario selecciona la opción de tratamiento	
		4.Se muestra la clasificación de fracturas
	5.El usuario navega en las páginas de la clasificación	
	6.El usuario da click en la opción seleccionar tratamiento	
		7. Se crea un nuevo registro
<b>Post- Condiciones</b>	Se crea un nuevo registro en la base de datos	

Figura 34. Diagrama de secuencia caso de uso 8

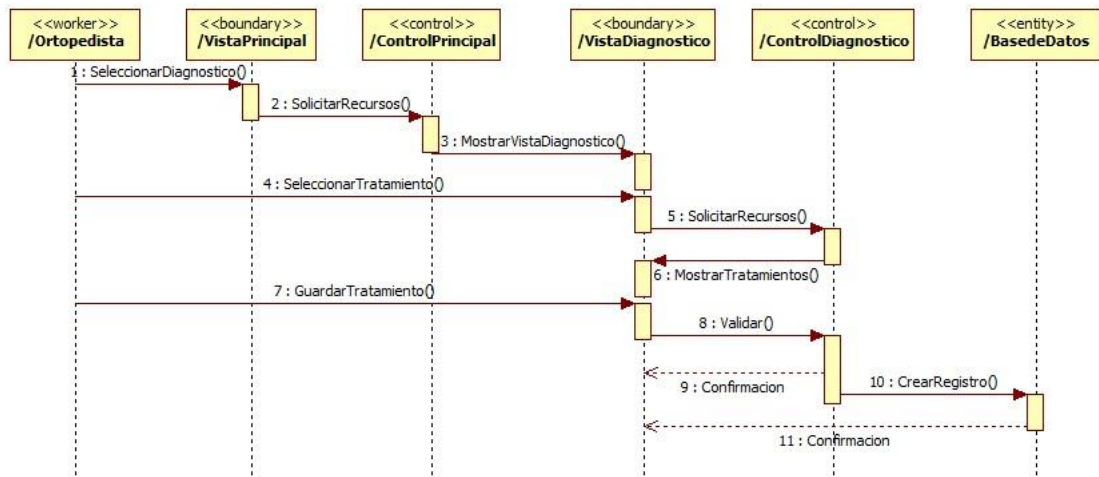
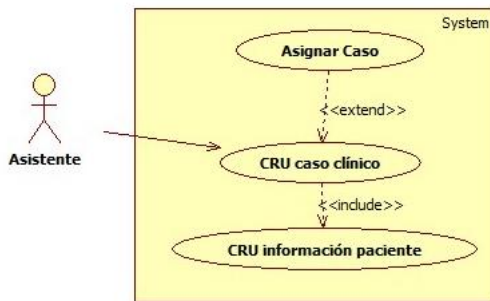


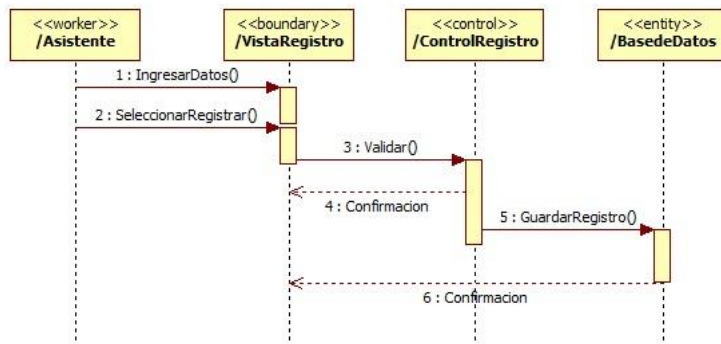
Diagrama de casos de uso para el asistente



Caso de Uso	Caso de uso 9: CRU información paciente
Nombre del escenario	9.1 Registro del paciente
Descripción	El usuario desea crear el registro de un paciente
Actores	Asistente
Condiciones previas	El usuario está logueado en el sistema El usuario ha seleccionado la opción crear nuevo caso

Detalles	Acciones del Actor	Respuesta del sistema
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario ingresa la información del paciente	
	2. El usuario da click al botón registrar	
		3.Se crea un nuevo registro
<b>Post- Condiciones</b>	Se crea un nuevo registro en la base de datos	

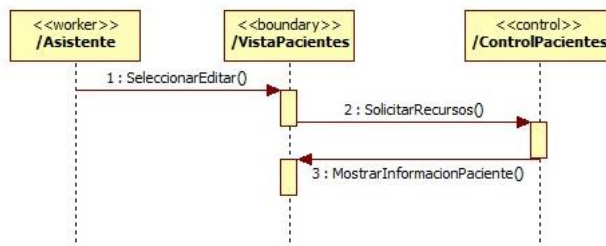
Figura 35.Diagrama de secuencia caso de uso 9.1



Caso de Uso	Caso de uso 9: CRU información paciente
<b>Nombre del escenario</b>	<b>9.2 Ver información paciente</b>
<b>Descripción</b>	El usuario desea ver la información del paciente
<b>Actores</b>	Asistente
<b>Condiciones previas</b>	El usuario está logueado en el sistema

	El usuario ha seleccionado la opción crear nuevo caso	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario da click en el botón editar	
		2. Se muestra la información del paciente

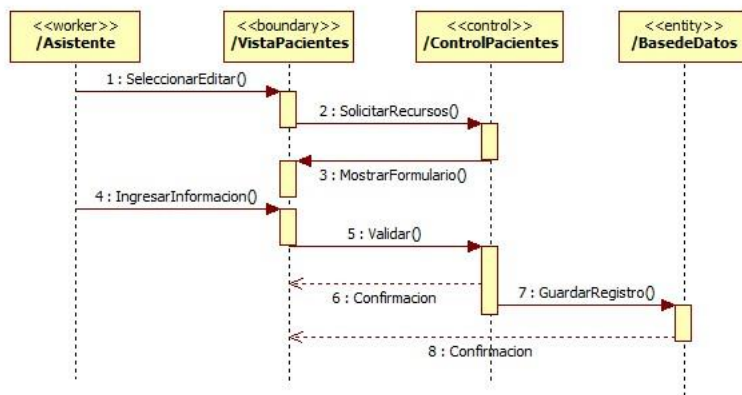
Figura 36. Diagrama de secuencia caso de uso 9.2



Caso de Uso	Caso de uso 9: CRU información paciente	
<b>Nombre del escenario</b>	<b>9.3 Editar información del paciente</b>	
<b>Descripción</b>	El usuario desea editar la información del paciente	
<b>Actores</b>	Asistente	
<b>Condiciones previas</b>	El usuario está logueado en el sistema El usuario ha seleccionado la opción crear nuevo caso	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario da la opción editar	

	2. El usuario diligencia la nueva información	
	3. El usuario da click en el botón guardar	
		4. Se edita un registro
<b>Post- Condiciones</b>	Se edita un registro en la base de datos	

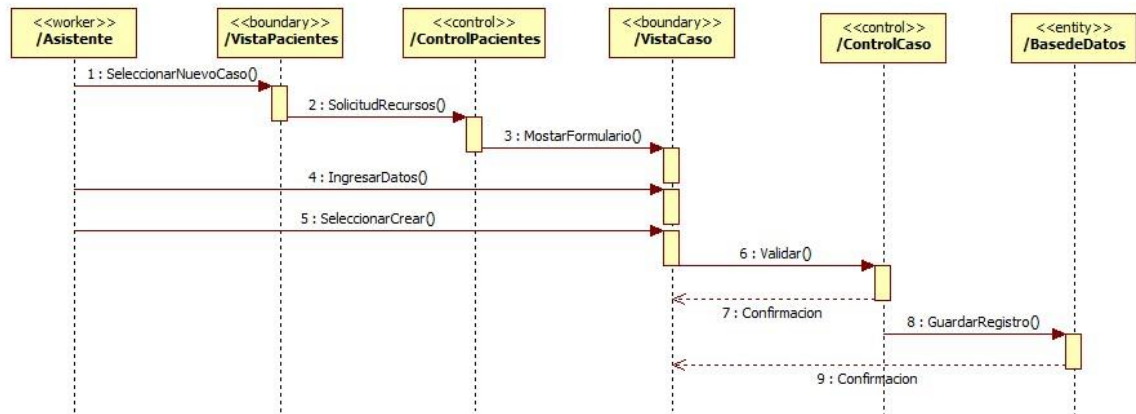
Figura 37. Diagrama de secuencia caso de uso 9.3



Caso de Uso	Caso de uso 10: CRU Caso clínico
<b>Nombre del escenario</b>	10.1 Crear caso clínico
<b>Descripción</b>	El usuario desea crear un nuevo caso clínico
<b>Actores</b>	Asistente
<b>Condiciones previas</b>	El usuario está logueado en el sistema El usuario ha seleccionado la opción crear nuevo caso

<b>Detalles</b>	<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario visualiza el listado general de pacientes	
	2. El usuario da click al botón nuevo caso en el usuario al cual desee asignarle el caso clinico	
		3.Se muestra el formulario de creación de caso clinico
	4.El usuario diligencia la información del caso clinico	
	5. El usuario da click en el botón crear	
		6. Se crea un nuevo registro
<b>Post- Condiciones</b>	Se crea un nuevo registro en la base de datos	

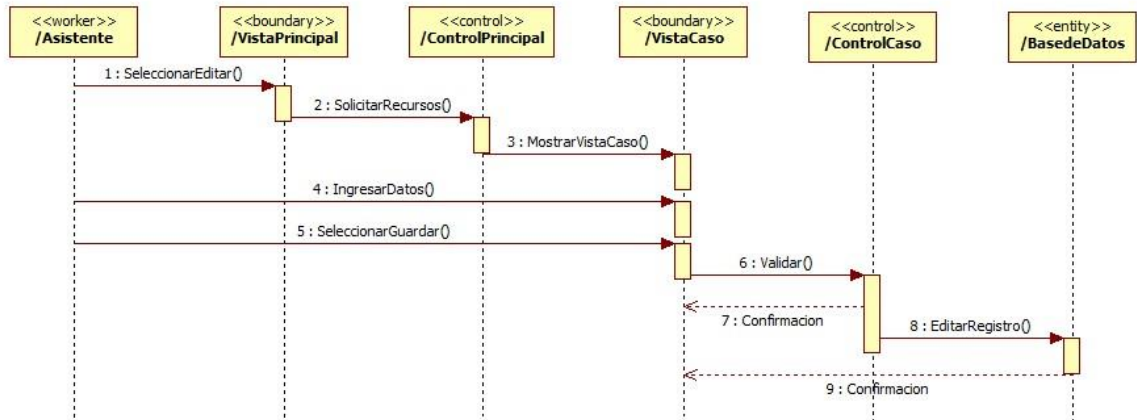
Figura 38. Diagrama de secuencia caso de uso 10.1



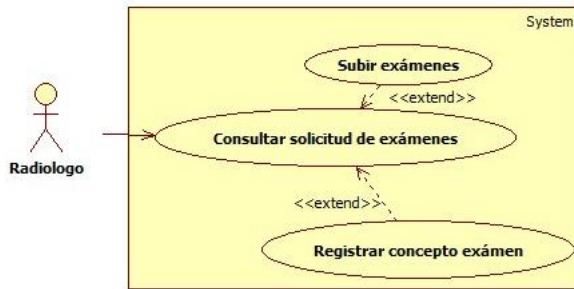
Caso de Uso	Caso de uso 10: CRU Caso clínico	
Nombre del escenario	10.2 Ver información del caso clínico	
Descripción	El usuario desea ver la información del caso	
Actores	Asistente	
Condiciones previas	El usuario está logueado en el sistema	
Detalles	<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
Flujo principal	1.El usuario da click en el botón editar	
		2. Se muestra la información del caso clínico

<b>Caso de Uso</b>	<b>Caso de uso 10: CRU Caso clínico</b>	
<b>Nombre del escenario</b>	<b>10.3 Editar información del caso</b>	
<b>Descripción</b>	El usuario desea editar la información del caso	
<b>Actores</b>	Asistente	
<b>Condiciones previas</b>	El usuario está logueado en el sistema	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario da la opción editar	
	2. El usuario diligencia la nueva información	
	3. El usuario da click en el botón guardar	
		4.Se edita un registro
<b>Post-Condicion</b>	Se edita un registro en la base de datos	

Figura 39. Diagrama de secuencia caso de uso 10.3



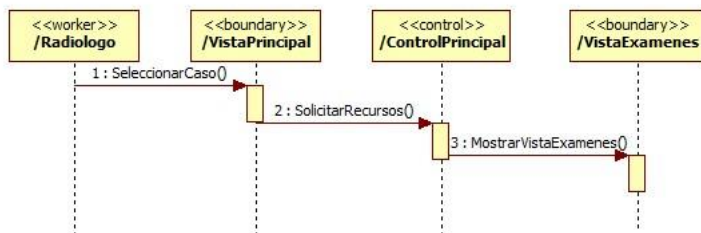
**Diagrama de casos de uso para el radiólogo**



Caso de Uso	Caso de uso 11: Consultar solicitud de exámenes
Descripción	El usuario desea consultar las solicitudes de exámenes
Actores	Radiologo
Condiciones previas	El usuario está logueado en el sistema

Detalles	Acciones del Actor	Respuesta del sistema
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario da click en el caso clínico que desea consultar	
		2. Se muestra el listado de exámenes solicitados
	1.El usuario da click en el caso clinico que desea consultar	
		2. Se notifica al usuario que no hay solicitud de exámenes para el caso consultado

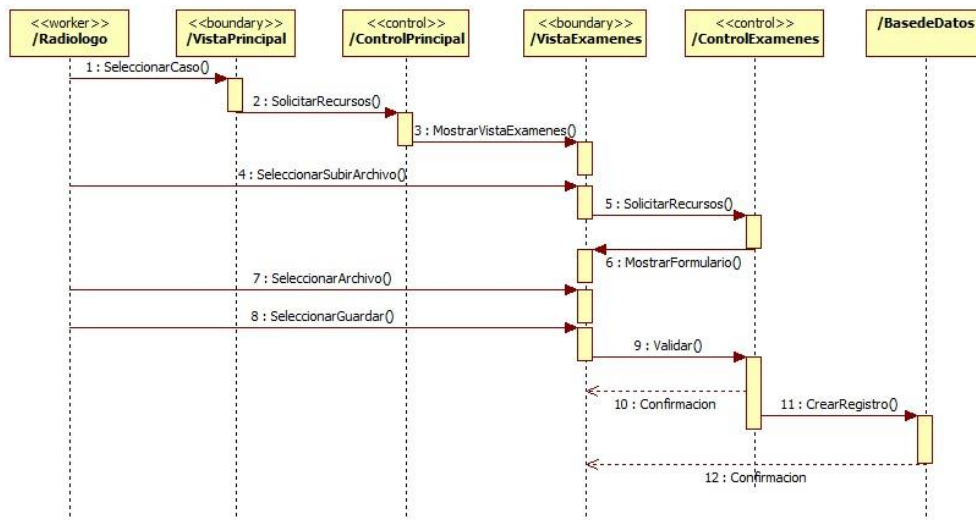
Figura 40. Diagrama de secuencia caso de uso 11



<b>Caso de Uso</b>	<b>Caso de uso 12: Subir exámenes</b>	
<b>Descripción</b>	El usuario desea subir exámenes	
<b>Actores</b>	Radiologo	
<b>Condiciones previas</b>	El usuario está logueado en el sistema El usuario debe haber seleccionado el caso clínico	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario da click en el botón de archivos	
		2. Se muestra el formulario de exámenes
	3.El usuario da click en el campo de archivo	
		4. Se muestra el explorador de archivos
	5. El usuario selecciona el archivo que desea subir	
	6. El usuario da click en abrir	
		7. Se muestra el nombre del archivo seleccionado en el campo de archivo
	8. El usuario da click en guardar	
		9. Se crea un nuevo registro

<b>Flujo alternativo</b>	5.El usuario da click en guardar sin haber seleccionado ningún archivo	
		6. Se le notifica al usuario que no ha seleccionado ningún archivo
<b>Post- Condiciones</b>	Se crea un nuevo registro en la base de datos	

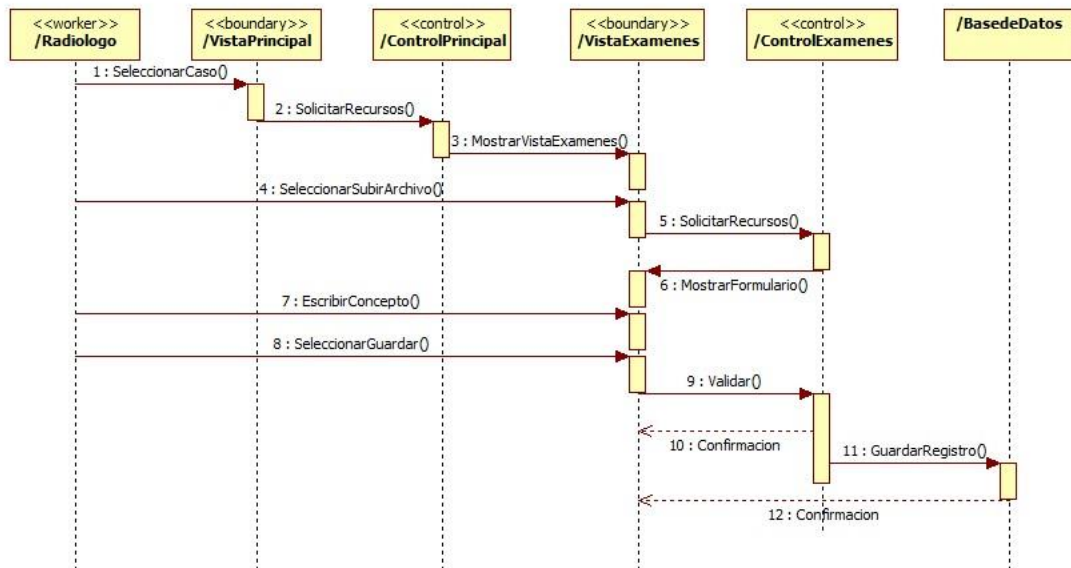
Figura 41. Diagrama de secuencia caso de uso 12



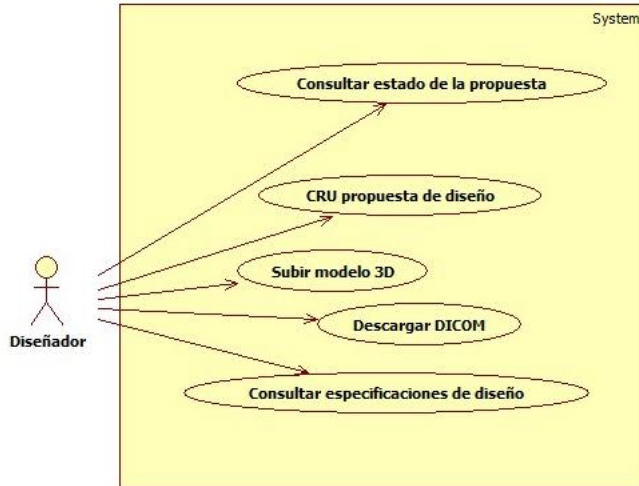
Caso de Uso	Caso de uso 13: Registrar concepto del examen
<b>Descripción</b>	El usuario desea registrar el concepto del examen
<b>Actores</b>	Radiólogo

<b>Condiciones previas</b>	El usuario está logueado en el sistema El usuario debe haber seleccionado el caso clínico	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario da click en el botón de archivos	
		2. Se muestra el formulario de exámenes
	3.El usuario diligencia el campo de concepto del examen	
	4.El usuario da click en guardar	
		5. Se crea un nuevo registro
<b>Post-Condicion</b>	Se crea un nuevo registro en la base de datos	

Figura 42. Diagrama de secuencia caso de uso 13

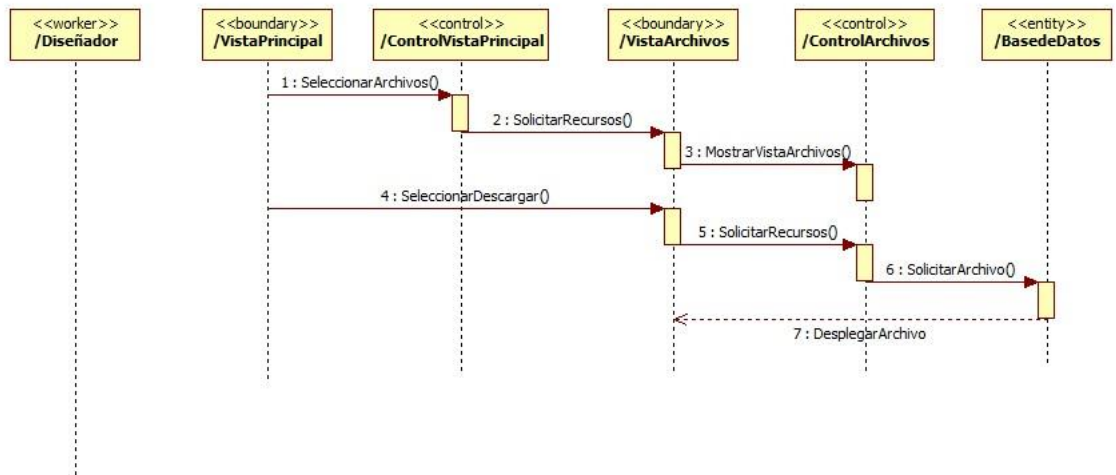


**Diagrama de casos de uso para el diseñador**



<b>Caso de Uso</b>	<b>Caso de uso 14: Descargar DICOM</b>	
<b>Descripción</b>	El usuario desea descargar los archivos DICOM	
<b>Actores</b>	Diseñador	
<b>Condiciones previas</b>	El usuario debe estar logueado en el sistema Debe haberse consultado el caso clínico	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario selecciona en el menú general la opción archivos	
		2.Se muestra la página que muestra el listado de archivos
	3.Da click en el botón descargar	
		4.Se inicia la descarga del archivo

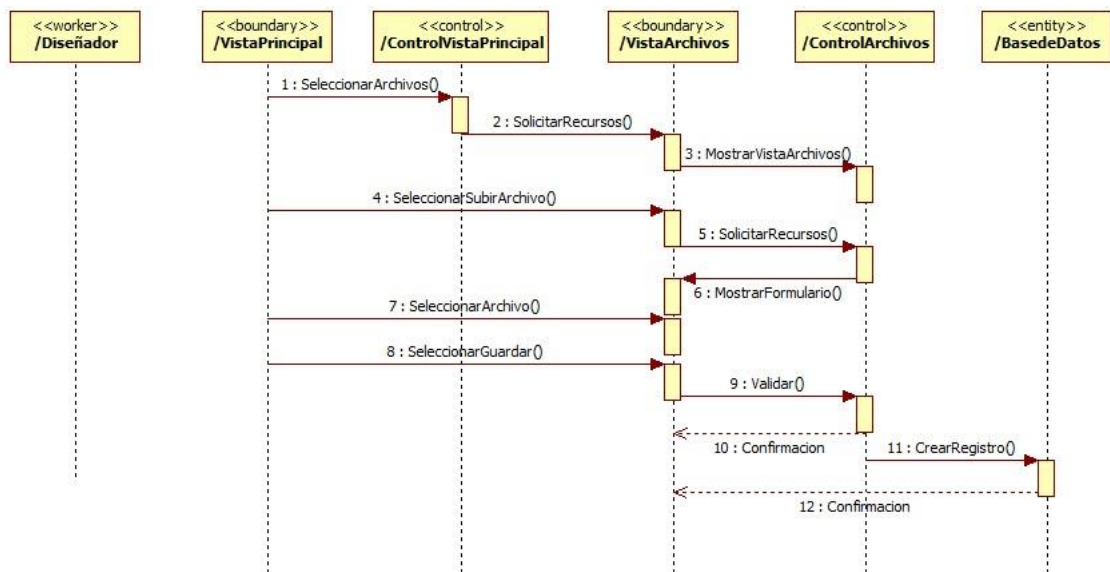
Figura 43. Diagrama de secuencia caso de uso 14



<b>Caso de Uso</b>	<b>Caso de uso 15: Subir modelo 3D</b>	
<b>Descripción</b>	El usuario desea subir modelo 3D	
<b>Actores</b>	Diseñador	
<b>Condiciones previas</b>	El usuario debe estar logueado en el sistema Debe haberse consultado el caso clínico	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario selecciona en el menú general la opción archivos	
		2.Se muestra la página que muestra el listado de archivos solicitados
	3.Da click en el botón archivo	
		4.Se presenta el formulario para la subida de archivos
	5.El usuario da click en el campo de archivo	
		6. Se muestra el explorador de archivos
	7.El usuario selecciona el archivo que desea subir	
	8. El usuario da click al botón subir	

		7. Se crea un nuevo registro
<b>Flujo alternativo</b>	5. El usuario da click al botón subir	
		6. El sistema le notifica al usuario que no ha seleccionado ningún archivo
<b>Post-Condicion</b>	Se crea un nuevo registro	

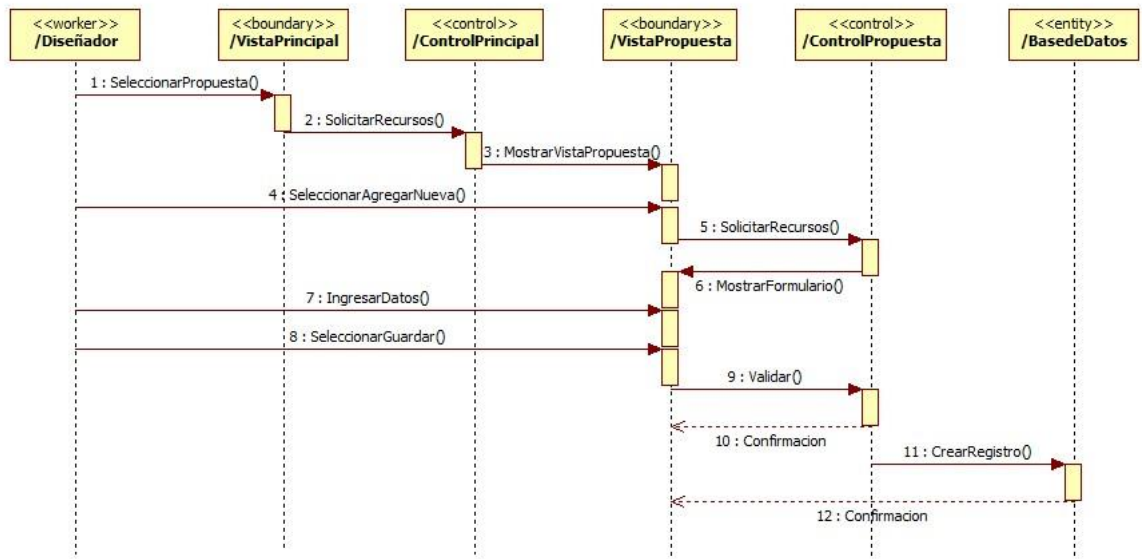
Figura 44. Diagrama de secuencia caso de uso 15



<b>Caso de Uso</b>	<b>Caso de uso 16: CRU Propuesta de diseño</b>	
<b>Nombre del escenario</b>	<b>16.1 Crear propuesta de diseño</b>	
<b>Descripción</b>	El usuario desea crear una nueva propuesta de diseño	
<b>Actores</b>	Diseñador	
<b>Condiciones previas</b>	El usuario está logueado en el sistema	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario da click en ítem del menú principal propuesta	
		2. Se muestra la página de las propuestas de diseño
	3. El usuario da click en el botón de agregar nueva propuesta	
		4. Se muestra el formulario para la creación de una nueva propuesta
	5.El usuario diligencia la información de la propuesta de diseño	
	6. El usuario da click en el botón guardar	

		7. Se realiza un nuevo registro
<b>Post- Condiciones</b>	Se crea un nuevo registro en la base de datos	

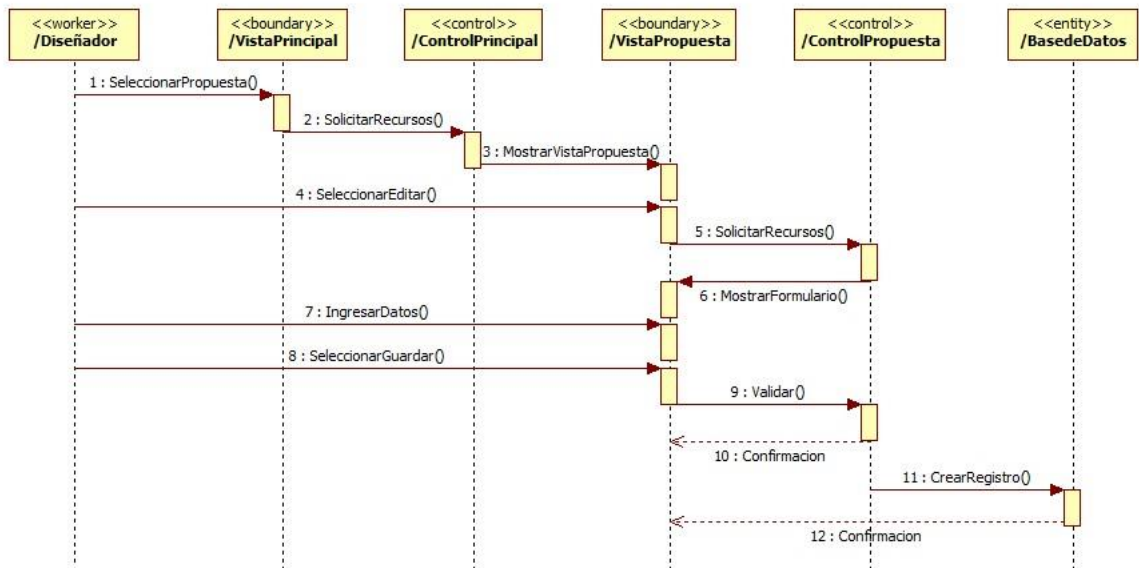
Figura 45. Diagrama de secuencia caso de uso 16.1



Caso de Uso	Caso de uso 16: CRU Propuesta de diseño
Nombre del escenario	16.2 Editar propuesta de diseño
Descripción	El usuario desea editar una propuesta de diseño

<b>Actores</b>	Diseñador	
<b>Condiciones previas</b>	El usuario está logueado en el sistema Debe existir una propuesta de diseño	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario da click en ítem del menú principal propuesta	
		2. Se muestra el listado de las propuestas
	3. El usuario da click en el botón de editar	
		4. Se muestra el formulario para la edición de la propuesta
	5.El usuario diligencia la nueva información de la propuesta	
	6. El usuario da click en el botón guardar	
		7.Se edita el registro
<b>Post-Condicion</b>	Se edita un registro en la base de datos	

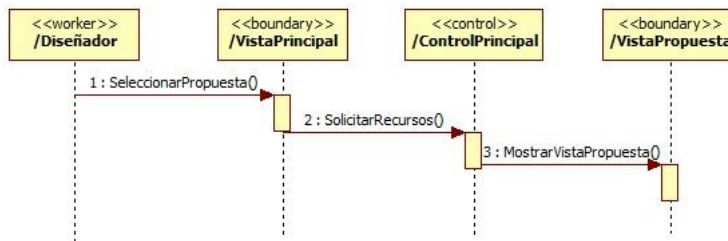
Figura 46. Diagrama de secuencia caso de uso 16.2



Caso de Uso	Caso de uso 16: CRU Propuesta de diseño	
Nombre del escenario	16.3 Listar propuestas de diseño	
Descripción	El usuario consultar las propuestas de diseño	
Actores	Diseñador	
Condiciones previas	El usuario está logueado en el sistema Debe una propuesta de diseño	
Detalles	Acciones del Actor	Respuesta del sistema
Flujo principal	1.El usuario da click en ítem del menú principal propuesta	
		2. Se muestra el listado de las propuestas

<b>Flujo alternativo</b>	1.El usuario da click en ítem del menú principal propuesta	
		2.Se notifica al usuario que no ha realizado ninguna propuesta de diseño

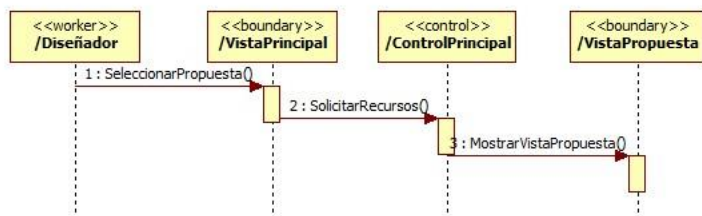
Figura 47.Diagrama de secuencia caso de uso 16.3



Caso de Uso	Caso de uso 17: Consultar estado de la propuesta	
<b>Descripción</b>	El usuario consultar el estado de la propuesta	
<b>Actores</b>	Diseñador	
<b>Condiciones previas</b>	El usuario está logueado en el sistema	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario da click en ítem del menú principal propuesta	
		2. Se muestran los comentarios realizados por el ortopedista

<b>Flujo alternativo</b>	1.El usuario da click en ítem del menú principal propuesta	
		2.Se notifica que el ortopedista no ha realizado ningún comentario

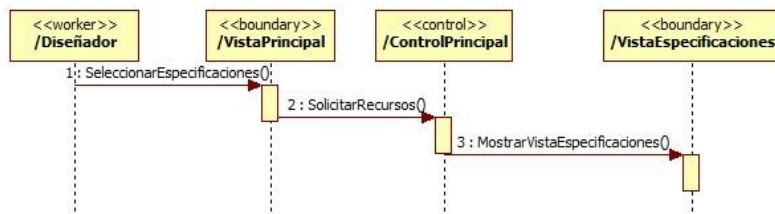
Figura 48. Diagrama de secuencia caso de uso 17



Caso de Uso	Caso de uso 18: Consultar especificaciones de diseño	
<b>Descripción</b>	El usuario consultar las especificaciones de diseño	
<b>Actores</b>	Diseñador	
<b>Condiciones previas</b>	El usuario está logueado en el sistema	
<b>Detalles</b>	<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>Flujo principal</b>	1.El usuario da click en ítem del menú principal especificaciones	

		2. Se muestran las especificaciones de diseño realizadas por el ortopedista
<b>Flujo alternativo</b>	1.El usuario da click en ítem del menú principal especificaciones	
		2.Se notifica que el ortopedista ingresado especificaciones para el diseño

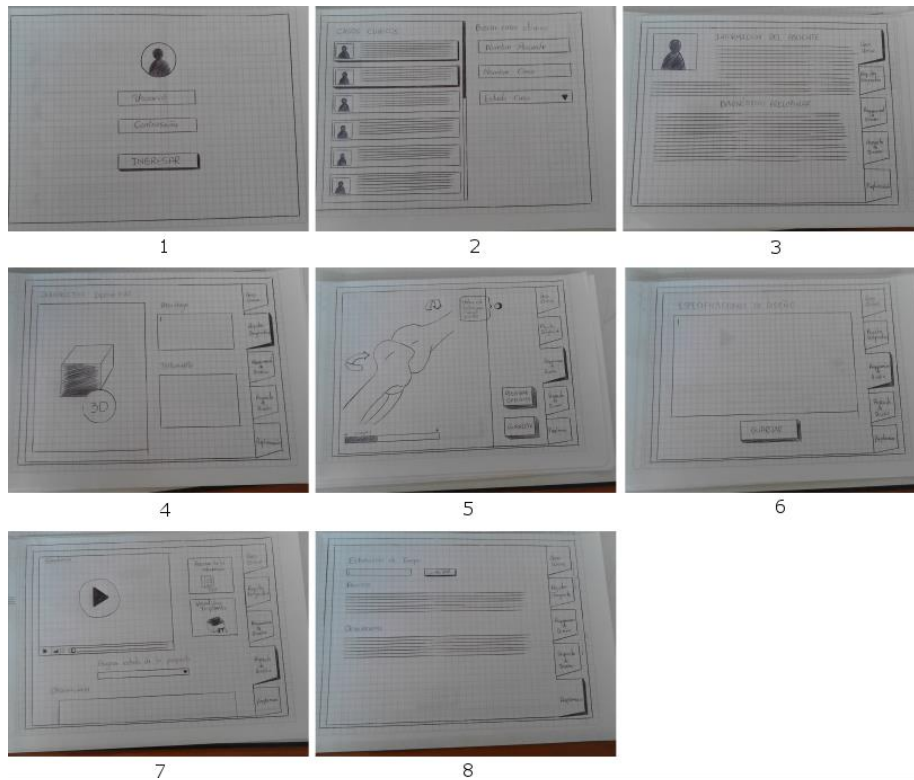
Figura 49. Diagrama de secuencia caso de uso 18



## ANEXO C-PROTOTIPOS

Prototipos de papel

*Ilustración 1. Pantallas prototipo de papel N° 1-Ortopedista*



*Ilustración 2. Pantallas prototipo de papel N° 2 -Diseñador*

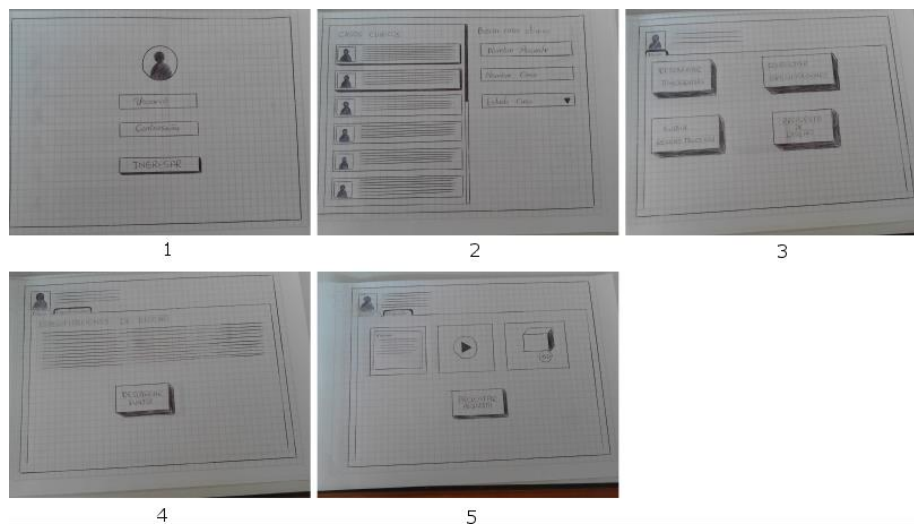


Ilustración 3. Pantallas prototipo de papel N° 3- Ortopedista

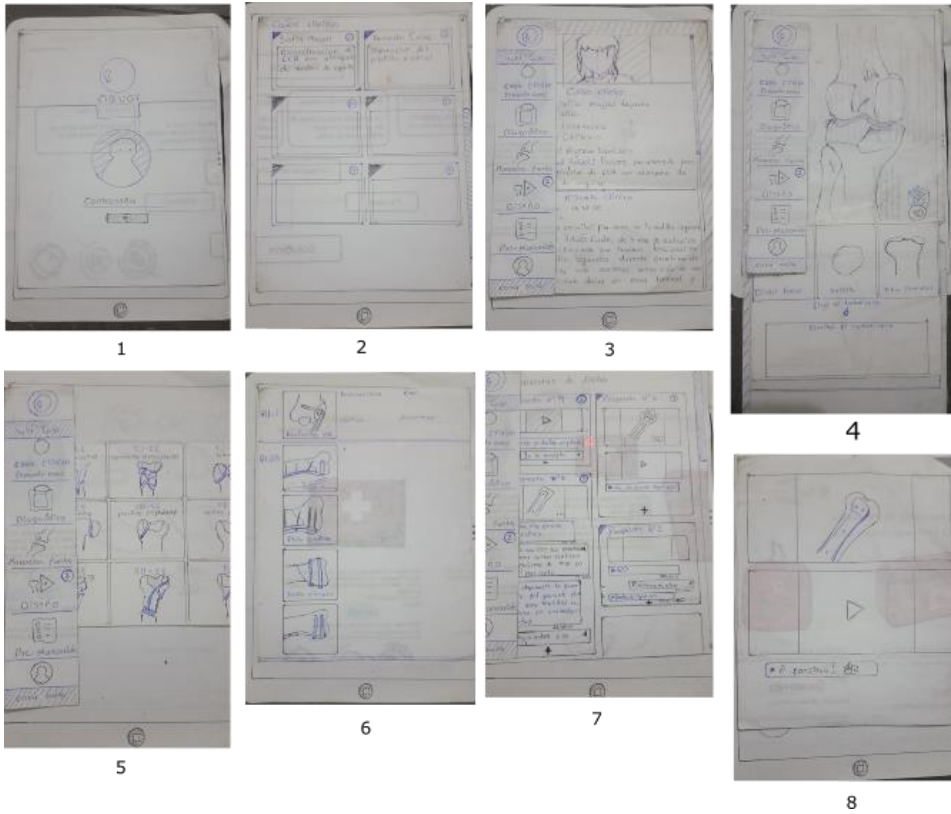
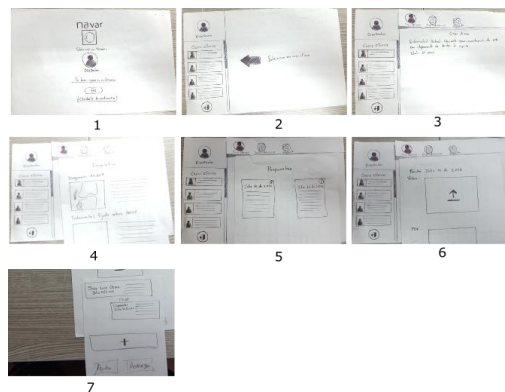


Ilustración 4. Pantallas prototipo de papel N° 4 - Diseñador



# Prototipos digitales

## Ilustración 5. Prototipo digital N° 1- Ortopedista

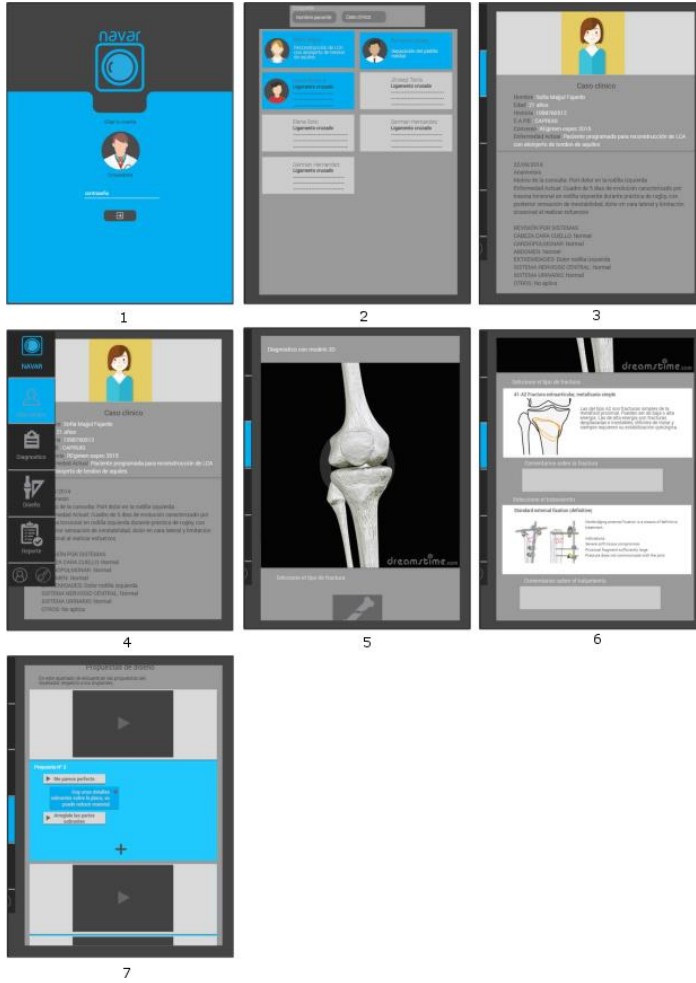
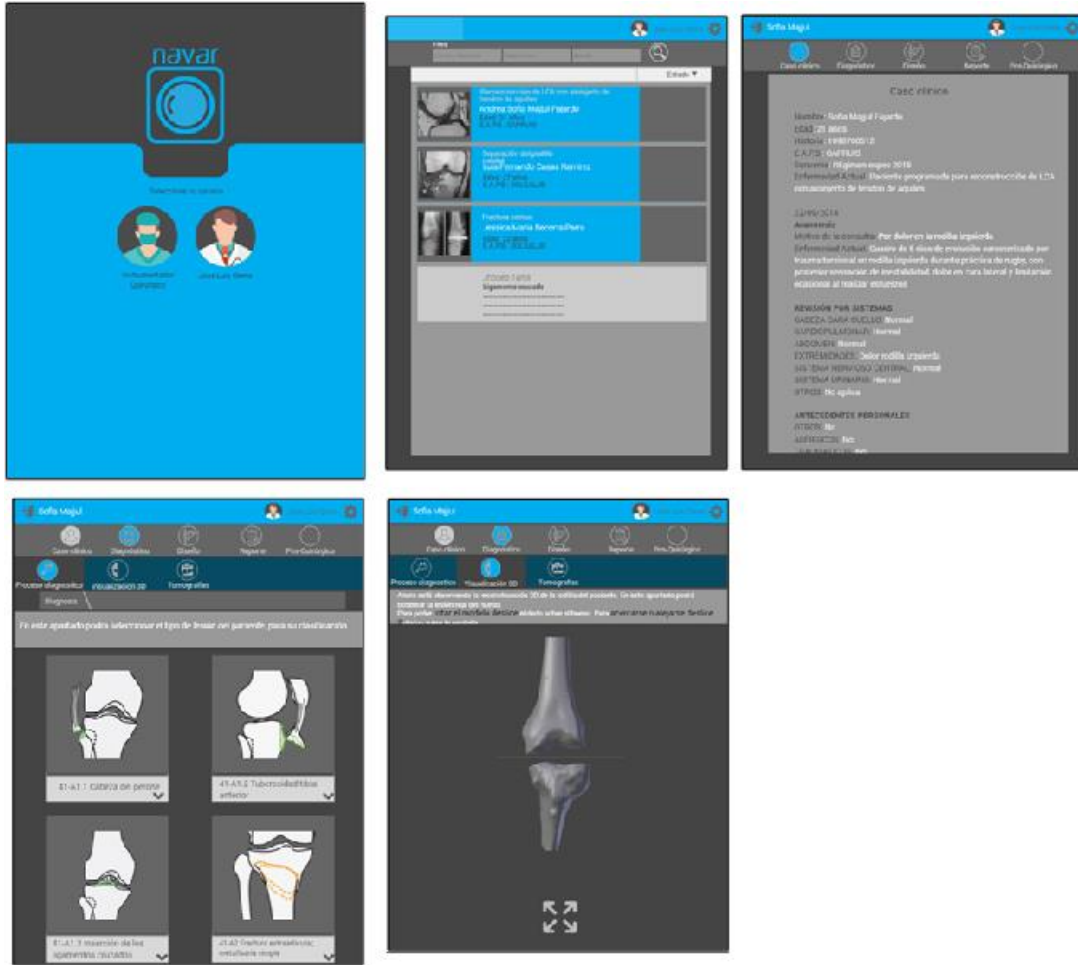


Ilustración 6. Prototipo Digital N°2- Ortopedista



## ANEXO D- INTERFAZ FINAL

Ilustración 7. Página de inicio de sesión



Ilustración 8. Pagina de información del caso clínico- Módulo Ortopedista



Ilustración 9. Página para la solicitud de exámenes- Modulo Ortopedista

Seleccione el tipo de caso

Por favor ingrese las indicaciones del examen que desea realizar, recuerde que de esta información dependerá la calidad del resultado de las imágenes diagnósticas.

Indicaciones de la solicitud

Solicitar Examen

Ilustración 10. Visualización de imágenes radiográficas- Módulo Ortopedista

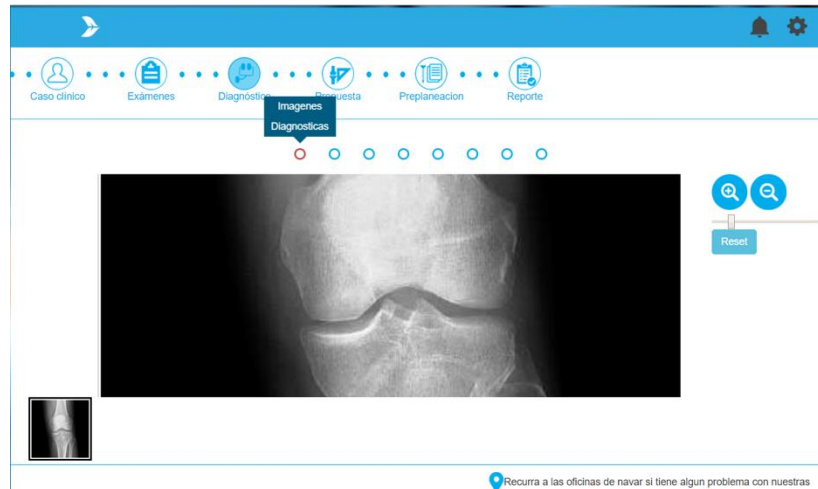


Ilustración 11. Visualización de modelo 3D- Ortopedista

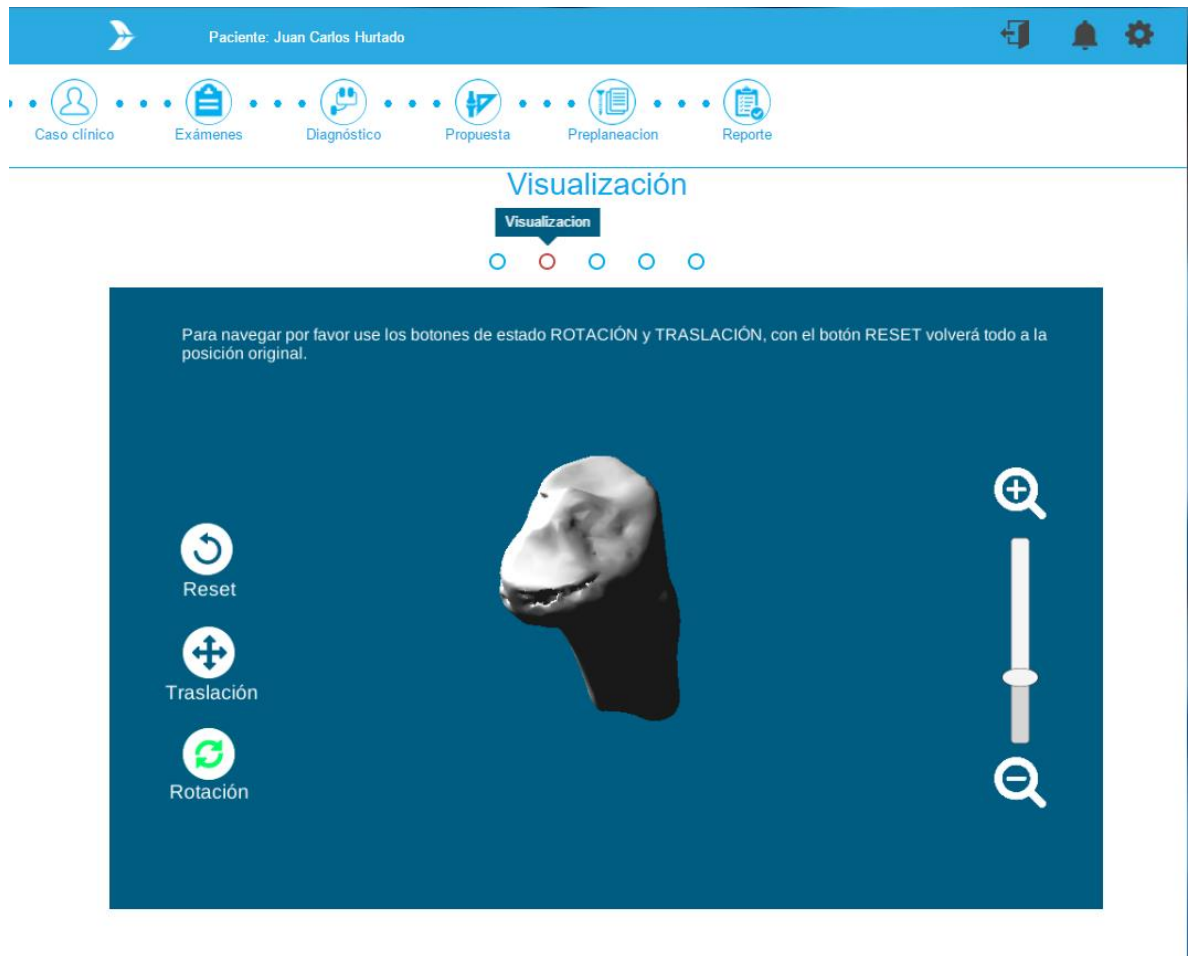


Ilustración 12. Selección de parte del cuerpo. Clasificación AO-Módulo Ortopedista

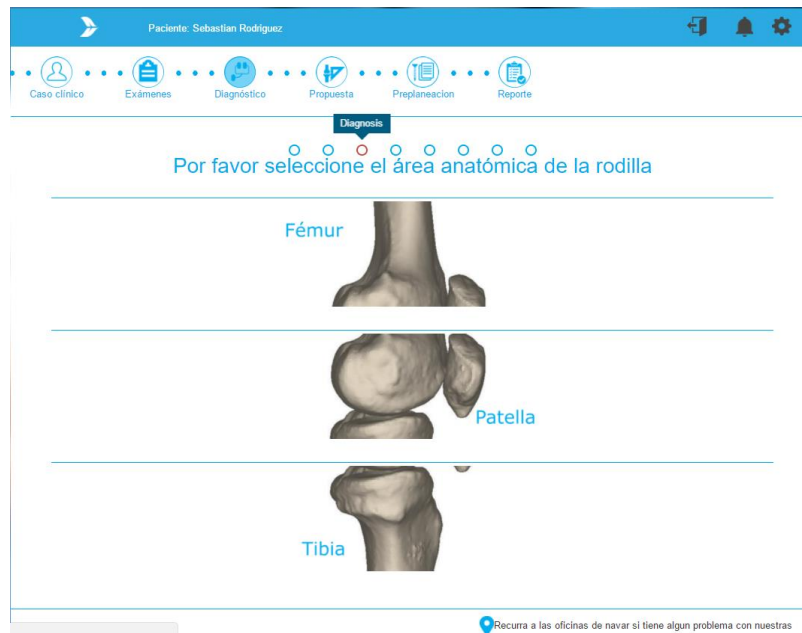


Ilustración 13. Clasificación- AO Foundation –Modulo Ortopedista

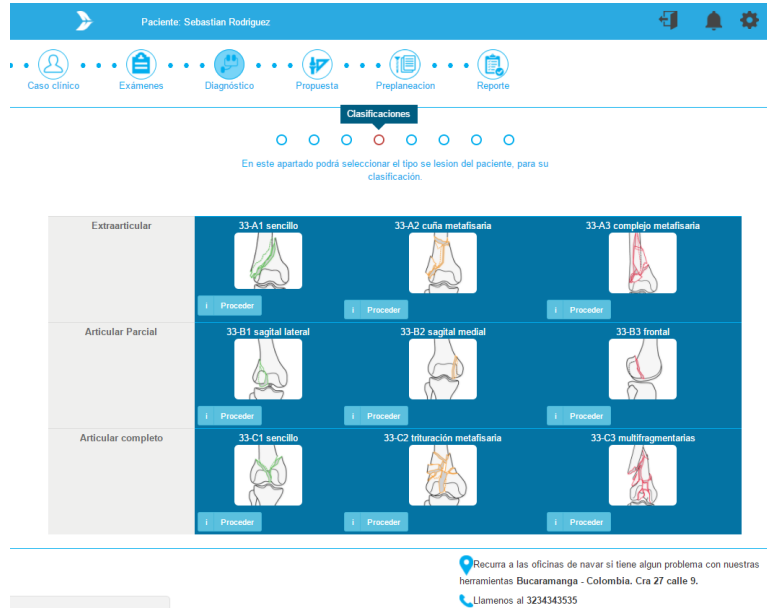


Ilustración 14. Fractura- AO Foundation –Modulo Ortopedista

Paciente: Sebastian Rodriguez

Caso clínico Exámenes Diagnóstico Propuesta Preplaneación Reporte

**Fractura**

### 33-A1.1 apofisaria

Fracturas de tipo A1 1 pueden resultar de medio a moderado lesión en la rodilla. Torciendo las lesiones de la rodilla puede dar lugar a perturbaciones importantes de la colateral medial, cruzado anterior o ligamento cruzado posterior. Es más comúnmente el lateral interno y el ligamento cruzado anterior que se lesionó. Los pacientes con una lesión del ligamento cruzado anterior en ocasiones se informe una sensación de explosión de la rodilla en el momento de la lesión. Un hematrosis temprana rápida se producirá con una lesión del ligamento cruzado anterior, lesiones del ligamento cruzado anterior se presentan con mayor frecuencia en pacientes jóvenes que participan en actividades deportivas. Pequeñas fracturas por avulsión de tipo A1 1 pueden ser parte de las lesiones más complejas a la rodilla, como la dislocación de la rodilla multiligamentosas. La RM puede detectar daño en los ligamentos asociados. Se pueden necesitar la consulta y asesoramiento del especialista en cirugía reconstructiva de la rodilla. Avulsión del ligamento colateral medial del fémur puede resultar en la calcificación de este ligamento después de varios años (el llamado "Pellegrini-Stieda" lesión). Avulsión del ligamento colateral lateral del fémur distal es conocida como la fractura "Segond", fracturas "SEGOND" pueden ir acompañados de graves lesiones de ligamentos de la rodilla. También puede haber nervio peroneo, o meniscal, lesiones.



**Tratamientos**

### 33-A1.2 metafisaria oblicua o en espiral

Las fracturas de tipo A1 2 pueden resultar de energía relativamente baja, las fuerzas de torsión al fémur distal. Ellos se ven a menudo en pacientes de edad avanzada con osteoporosis. La inspección cuidadosa de las radiografías debe llevarse a cabo para garantizar que las fracturas de tipo A1 2 no son las fracturas de tipo C. Las radiografías de tracción, radiografías oblicuas, o una tomografía computarizada pueden ayudar a dilucidar las extensiones articulares ocultas. Los cirujanos siempre deben ser conscientes de que puede que no sea hasta que durante la cirugía que una fractura de tipo C se descubre oculta y que puede tener que hacer frente a una fractura por ejemplo mediante la reducción de la superficie articular usando una técnica de tornillo de tracción.



Ilustración 15. Tratamiento- AO Foundation-Mdulo Ortopedista

Paciente: Sebastian Rodriguez

Caso clínico Exámenes Diagnóstico Propuesta Preplaneación Reporte

**Tratamiento**

### Fijador temporal externo que atraviesa la articulación

En casos aislados, puede ser necesario antes de que el estado general del paciente, o la situación local de los tejidos blandos de un período de tratamiento no quirúrgico, que permitirá una cirugía segura. En estos pacientes, la fijación externa temporal puede ser útil.

**Indicaciones:**  
Lesión vascular asociada

**Contraindicaciones:**  
Existente prótesis / implante en conflicto con las pistas de pin

**Ventajas:**  
Minimamente invasiva, procedimiento rápido

**Desventajas:**  
Rigidez potencial de rodilla, los fijadores pueden comprometer la esterilidad, incisiones futuras, o la fijación definitiva



**Seleccionar**

### Reducción abierta, tornillo (s) de retraso

**Indicaciones:**  
Las fracturas desplazadas, paciente joven y activo, alteración adicional de la rodilla

**Contraindicaciones:**  
Pacientes no aptos para la cirugía

**Ventajas:**  
Estabilización de la fractura permite la movilización temprana del paciente, permite la exploración bajo anestesia de la rodilla

**Desventajas:**  
Cicatrización quirúrgica, el riesgo de infección



**Seleccionar**

Recura a las oficinas de navar si tiene algun problema con nuestras herramientas Bucaramanga - Colombia. Cra 27 calle 9.

Ilustración 16. Creación de propuesta de diseño- Diseñador

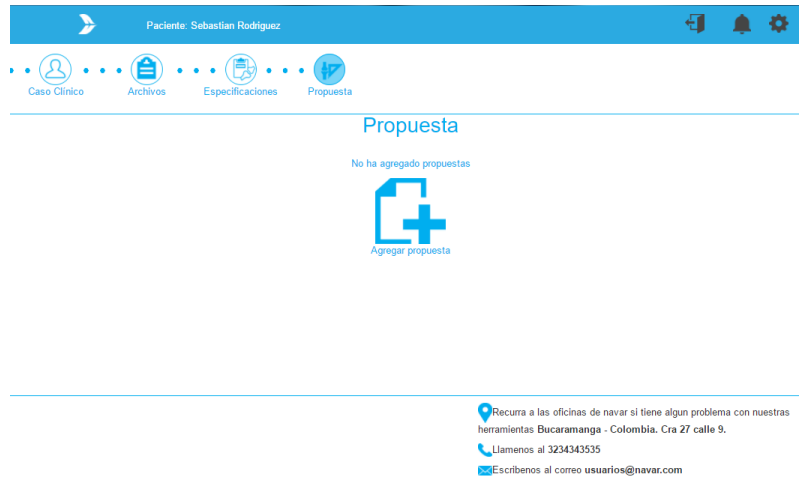
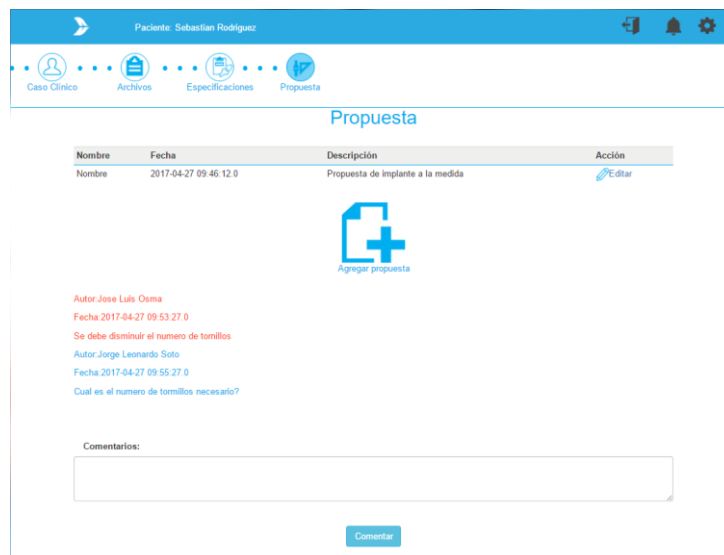


Ilustración 17. Página de propuesta de diseño



## ANEXO E-PRUEBAS DE PROTOTIPOS

### **Especificación de la prueba para los prototipos de papel N°1 y N°2**

**Objetivo:** Comprobar la encontrabilidad de la información mediante evaluación con expertos en el tema (Capacidad del usuario de detectar como realizar su tarea)

#### **Participantes:**

- Clara López
- Luis Eduardo Bautista

#### **Tareas evaluadas en la prueba del prototipo de papel N°1**

- Ingresar como usuario con contraseña
- Seleccionar caso
- Realizar diagnostico
- Escribir el especificaciones de abordaje e instrumental
- Especificar recursos de la cirugía

#### **Tareas evaluadas en la prueba del prototipo de papel N°2**

- Ingresar como usuario con contraseña
- Seleccionar caso
- Consulta de archivos del caso
- Registro de propuesta de diseño del implante

**Resultados de la prueba:** En esta prueba no se consideraron resultados cuantitativos, los usuarios expertos brindaron una serie de comentarios y correcciones sobre la interfaz planteada. De la sesión se obtuvo la siguiente información:

- Se debe cambiar el orden del menú principal para que indique los pasos a seguir durante el proceso de pre planeación
- No enseña un apoyo en la identificación de un diagnostico

- Se propone el uso de la clasificación de la AO Foundation para dar información diagnóstica que sirva para la creación del implante
- Existen bloqueantes entre algunas ventanas, no hay manera de retornar a un punto previo del proceso.
- No se observa una manera de cerrar sesión o salir del caso clínico
- Se debe plantear la información con menos palabras y brindar gráficos que ayuden al entendimiento de la herramienta.

### **Especificación de la prueba para los prototipos de papel N°3 y N°4**

**Objetivo:** Comprobar la encontrabilidad de la información y observar la veracidad de los conceptos nuevo aplicados, mediante evaluación con expertos en el tema

#### **Participantes:**

- Clara López
- Luis Eduardo Bautista

El propósito de esta segunda evaluación era la evaluación de las tareas analizadas en el prototipo anterior y la evaluación de las nuevas funcionalidades encontradas.

#### **Tareas de la prueba:**

- Ingresar como usuario con contraseña
- Seleccionar caso
- Realizar diagnóstico
- Seleccionar fractura
- Seleccionar tratamiento
- Escribir especificaciones de abordaje e instrumental
- Observar propuesta de diseño
- Crear propuesta de diseño
- Realizar comentarios

**Resultados de la prueba:** En esta prueba no se consideraron resultados cuantitativos, los usuarios expertos brindaron una serie de comentarios y correcciones sobre esta segunda arquitectura planteada. De la sesión se obtuvo la siguiente información:

- Se observa una mejoría de la interfaz gráfica, no obstante algunos de los iconos colocados no se identifican correctamente con el apartado que representan.
- Es necesario poder observar imágenes diagnosticas como referencia antes de realizar un diagnóstico. Un grupo de radiografías o tomografías con las muestras más relevantes, generaran un aporte significativo a la toma de decisiones.
- La reconstrucción 3D debe presentarse como ayuda a la toma de decisiones, lo más conveniente es presentarlo antes de la selección de la fractura.
- Se debe seleccionar la información que se presenta en la selección del caso, con el fin de realizar la búsqueda de los casos con terminología familiar al ortopedista

### **Especificación de la prueba del prototipo digital N°1**

**Objetivo:** Obtener tanto información cualitativa refiriéndose a errores y problemas en la navegación.

#### **Participantes:**

- José Luis Osma especialista
- Clara López.

#### **Tareas**

- 1) Iniciar Sesión
- 2) Seleccionar caso clínico

- 3) Observar información del caso clínico
- 4) Observar reconstrucción 3D
- 5) Seleccionar la fractura
- 6) Seleccionar tratamiento
- 7) Escribir especificaciones de abordaje e instrumental
- 8) Consultar propuesta de diseño
- 9) Realizar un comentario de la propuesta
- 10) Observar reporte

### Resultados de la prueba para el usuario Jose Luis Osma

Tarea	Finalización de la tarea
Iniciar Sesión	✓
Seleccionar caso clínico	✓
Observar información del caso clínico	✓
Observar reconstrucción 3D	✓
Seleccionar Fractura	Realizada con dificultad
Seleccionar tratamiento	Realizada con dificultad
Escribir especificaciones de abordaje e instrumental	✓
Consultar propuesta de diseño	✓
Realizar comentario sobre la propuesta	Realizada con dificultad
Observar reporte	✓

### Resultados de la prueba para el usuario Clara López

Tarea	Finalización de la tarea
Iniciar Sesión	✓
Seleccionar caso clínico	✓
Observar información del caso clínico	✓

Observar reconstrucción 3D	✓
Seleccionar Fractura	Realizada con dificultad
Seleccionar tratamiento	Realizada con dificultad
Escribir especificaciones de abordaje e instrumental	Realizada con dificultad
Consultar propuesta de diseño	✓
Realizar comentario sobre la propuesta	Realizada con dificultad
Observar reporte	✓

## ANEXO F-PLAN DE TRABAJO

Requisito	Actividades	Tiempo Estimado
*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama entidad relación de la aplicación</li> </ul>	15 horas
<b>R19</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creación del formulario de registro de usuario</li> </ul>	10 horas
<b>R20</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear formulario de inicio de sesión</li> <li>• Establecer los roles</li> <li>• Crear menú de navegación según el rol</li> </ul>	20 horas
<b>R1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creación de formulario de registro de paciente</li> <li>• Listado de pacientes</li> </ul>	12 horas
<b>R2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funcionalidad para asignar caso a paciente</li> <li>• Crear formulario del caso clínico</li> </ul>	15 horas
<b>R17</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear formulario de asignación de caso a usuario</li> </ul>	10 horas
<b>R21</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear página listado de casos</li> <li>• Crear página de información del caso</li> </ul>	10 horas
<b>R6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear formulario de solicitud de exámenes</li> </ul>	10 horas
<b>R9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear página de listado de exámenes</li> </ul>	5 horas
<b>R10-R11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear el formulario de resultados de exámenes</li> </ul>	25 horas
<b>R12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear página de archivos</li> </ul>	5 horas
<b>R13</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear formulario para subida de modelos</li> </ul>	10 horas
<b>R3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear visualizador de imágenes radiográficas</li> </ul>	20 horas
<b>R4-R5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear visualizador de imágenes 3D</li> </ul>	100 horas

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marcación de puntos sobre el modelo</li> <li>• Integrar el visualizador de imágenes con la aplicación</li> </ul>	
<b>R18</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar revisión de la clasificación AO</li> <li>• Crear página de selección de parte</li> <li>• Crear página de selección de diagnóstico</li> <li>• Crear página de selección de subdiagnosis</li> <li>• Crear página de selección de tratamiento</li> </ul>	50 horas
<b>R22</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear formulario de especificaciones de diseño</li> </ul>	20 horas
<b>R14</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear página de listado de especificaciones</li> </ul>	10 Horas
<b>R15-R8- R7-R16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear formulario de propuesta</li> <li>• Crear página de listado de propuestas</li> <li>• Crear formulario de comentario</li> </ul>	30 horas
<b>R25</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear formulario de registro de actividades</li> </ul>	10 horas
<b>R23</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generar reporte PDF</li> </ul>	20 horas
<b>R24</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Listar resultados de exámenes</li> <li>• Descargar de exámenes</li> </ul>	15 horas