

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

UNIDAD DE TITULACIÓN

**EVALUACIÓN Y MEJORA DE LA CALIDAD INTERNA Y
CALIDAD DE USO DE UN COMPUTER-AIDED DIAGNOSTIC Y
DETECTION SYSTEM PARA EL RECONOCIMIENTO
AUTOMÁTICO DE PATOLOGÍAS DE LA MAMA EN IMÁGENES
MAMOGRAFÍAS.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
MAGISTER EN SOFTWARE, MENCIÓN CALIDAD**

DAVID DE JESUS BELLO NIEVES

david.bello@epn.edu.ec

Director: María Gabriela Pérez Hernández

maria.perez@epn.edu.ec

Quito, Octubre 2019

APROBACIÓN DEL DIRECTOR

Como directora del trabajo de titulación Evaluación y Mejora de la Calidad Interna y Calidad de Uso de un *Computer-Aided Diagnostic y Detection System* para el Reconocimiento Automático de Patologías de la mama en Imágenes Mamográficas desarrollado por David de Jesús Bello Nieves, estudiante de la Maestría en Software, Mención Calidad, habiendo supervisado la realización de este trabajo y realizado las correcciones correspondientes, doy por aprobada la redacción final del documento escrito para que prosiga con los trámites correspondientes a la sustentación de la Defensa oral.

PhD: María Gabriela Pérez Hernández

DIRECTORA DEL PROYECTO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, David de Jesús Bello Nieves, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente y lo estipulado en el convenio firmado por las universidades participantes en el proyecto REDU: PREDU-2016-013, en el literal DECIMO PRIMERA: PROPIEDAD INTELECTUAL.

David de Jesús Bello Nieves

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado lo dedico principalmente a **Dios**, por darme fuerza e inspiración en este proceso de obtener el grado de magister y alcanzar el nivel *Wolowitz* permitiéndome así salir del nivel *Penny*.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un orgullo y el privilegio de ser su hijo.

A mi tutora por toda la paciencia, ayuda y confianza que puso en mí al unirme a su prometedor proyecto de investigación.

A los futuros estudiantes de maestría para que se inclinen a realizar proyectos que lleven de la mano; la salud de todo el territorio ecuatoriano con los avances tecnológicos de vanguardia; y al gobierno ecuatoriano para que se unan con las instituciones educativas y así fortalecer lazos entre el conocimiento y los servicios de salud pública.

AGRADECIMIENTO

A esta prestigiosa universidad por darme la oportunidad de formarme como un profesional de calidad.

Al territorio ecuatoriano por acogerme en estas hermosas tierras y hacerme sentir como uno más de la población.

A la familia Maldonado por el apoyo en mi crecimiento profesional.

A mi tío Yoye por ser la inspiración en el sector tecnológico.

A un mapache por el apoyo incondicional que me ha brindado en todo momento y por las tres lecciones aprendidas (amor, paciencia y perseverancia) durante los últimos tres años.

ÍNDICE DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABLAS	ii
LISTA DE ANEXOS	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	6
1.2.1.JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	6
1.2.2.JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	7
1.2.3.JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	10
1.3. OBJETIVOS	10
1.3.1.OBJETIVO GENERAL	10
1.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
2. METODOLOGÍA.....	11
2.1. LEVANTAMIENTO DE REQUISITOS DEL SOFTWARE Y DE LOS STAKEHOLDERS.....	12
2.2. FASE DE DIAGRAMACIÓN	19
2.3. DISEÑO DE INTERFAZ.....	27
2.4. FASE DE DESARROLLO Y DISEÑO DE LA EVALUACIÓN DEL PRODUCTO	31
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
3.1. RESULTADOS DEL PRIMER CUESTIONARIO	60
3.1.1.RESULTADOS CUESTIONARIO HEURÍSTICO.....	61
3.1.2.RESULTADOS PRIMERA EVALUACIÓN ISO 25000 CALIDAD EN USO	63
3.1.3.RESULTADOS PRIMERA EVALUACIÓN ISO 25000 CALIDAD INTERNA	64
3.2. GENERACIÓN DEL INFORME DE LA PRIMERA EVALUACIÓN	64
3.3 RESULTADOS DEL SEGUNDO CUESTIONARIO.....	65
3.3.1 RESULTADOS CUESTIONARIO HEURÍSTICO.....	65
3.3.2 RESULTADOS SEGUNDA EVALUACIÓN ISO 25000 CALIDAD EN USO.....	68
3.3.3 RESULTADOS SEGUNDA EVALUACIÓN ISO 25000 CALIDAD INTERNA.....	69

3.4	GENERACIÓN DEL INFORME DE LA SEGUNDA EVALUACIÓN	69
3.5	RESULTADO EVALUACIÓN DE LA SEGUNDA FASE DE CALIDAD INTERNA....	70
3.6	RESULTADO FINAL DE LA CALIDAD INTERNA.....	72
4.	CONCLUSIONES	73
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	75
	ANEXOS	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo Conceptual del Método Propuesto para el Desarrollo y Validación del CAD.....	9
Figura 2 - División de Funcionalidad de la Metodología AUP.....	12
Figura 3 - Clasificación de los Requisitos de Sistema.....	14
Figura 4 - Clasificación Modular de los Requisitos.....	15
Figura 5 - Arquitectura del Sistema.....	16
Figura 6 - Arquitectura del Servidor.....	17
Figura 7 - Caso de Uso Rol Maquina Radiografía.....	20
Figura 8 - Caso de Uso Rol Administrador.....	20
Figura 9 - Caso de Uso Rol Médico.....	21
Figura 10 - Diagrama de Despliegue.....	22
Figura 11 - Diagrama de Clases.....	23
Figura 12 - Diagrama de Componentes.....	24
Figura 13 - Diagrama de Entidad Relación con Tablas Normalizadas.....	26
Figura 14 - Paleta de Colores Inicial.....	28
Figura 15 - Espacios Usados en la GUI.....	28
Figura 16 - Fuente Usada en la GUI.....	28
Figura 17 - Sistema de Grid.....	29
Figura 18 - <i>Wireframe</i> del Sistema.....	30
Figura 19 - Prototipo UX.....	31
Figura 20 - Cobertura del Módulo Comentario.....	53
Figura 21 - Cobertura Módulo Imagen.....	53
Figura 22 - Cobertura Módulo Acceso y Seguridad.....	54
Figura 23 - Cobertura Módulo ROI.....	54
Figura 24 - Cobertura Módulo Rol.....	55
Figura 25 - Cobertura Módulo Cola de Trabajo.....	55
Figura 26 - Total de RAM Inicial de la Prueba.....	56
Figura 27 - Total de RAM para Actualizar Fecha de un Trabajo del Módulo Cola de Trabajo.....	56
Figura 28 - Total de RAM para Insertar un Comentario del Módulo Comentario.....	56
Figura 29 - Total de RAM para Subir una Imagen del Módulo Imagen.....	56
Figura 30 - Total de RAM para Validar un Token del Módulo Acceso y Seguridad.....	56
Figura 31 - Total de RAM para Borrar un Rol que no Existe del Módulo rol.....	56

Figura 32 - Total de RAM para Actualizar un ROI que no Existe del Módulo ROI	56
Figura 33 - Porcentaje CPU Inicial de la Prueba	57
Figura 34 - Porcentaje de CPU para Actualizar la Fecha de un Trabajo del Módulo Cola de Trabajo	57
Figura 35 - Porcentaje de CPU para Insertar un Comentario del Módulo Comentario.....	57
Figura 36 – Porcentaje de CPU para Subir una Imagen del Módulo Imagen	57
Figura 37 – Porcentaje de CPU para el Validar Token del Módulo Acceso y Seguridad ..	57
Figura 38 – Porcentaje de CPU para Borrar un Rol que no Existe del Módulo Rol	58
Figura 39 – Porcentaje de CPU para Actualizar un ROI que no Existe del Módulo ROI ...	58
Figura 40 - Total de Líneas y Funciones del Módulo Comentarios.....	58
Figura 41 - Total de Líneas y Funciones del Módulo Imagen	59
Figura 42 - Total de Líneas y Funciones del Módulo Acceso y Seguridad	59
Figura 43 - Total de líneas y funciones del módulo ROI.....	59
Figura 44 - Total de Líneas y Funciones del Módulo Rol	60
Figura 45 - Total de Líneas y Funciones del Módulo Cola de Trabajo.....	60
Figura 46 - Resultados Primer Cuestionario Heurístico.....	63
Figura 47 - Resultados Primer y Segundo Cuestionario Heurístico.....	68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 - Tablas Iniciales	25
Tabla 2 - Lista de Roles implementados sobre la Base de Datos.....	25
Tabla 3 – Heurísticas utilizadas, establecidas por Nielsen [25]	27
Tabla 4 - Niveles de Severidad	32
Tabla 5 - Características, Subcaracterísticas y Métricas de la Calidad en Uso	33
Tabla 6 - Características, Subcaracterísticas y Métricas de la Calidad Interna	34
Tabla 7 - Fórmulas y Valores Deseados de las Métricas de Calidad en Uso	34
Tabla 8 - Fórmulas y Valores Deseados de las Métricas de Calidad Interna.....	36
Tabla 9 - Escala de Grado de Satisfacción de Usuarios Basada en la Escala Likert.....	39
Tabla 10 - Cronograma de la Evaluación	40
Tabla 11 – Número de Usuarios por rol usados en las evaluaciones	41
Tabla 12 - Escala de Severidad Basada en las heurísticas de Nielsen	41
Tabla 13 - Cuestionario Evaluación de las Reglas Heurística	42
Tabla 14 - Cuestionario ISO 25000 Calidad en Uso.....	49
Tabla 15 - Cuestionario ISO 25000 Calidad Interna.....	50
Tabla 16 – Resultado Complejidad Ciclomática	52
Tabla 17 - Agrupación Resultados Primer Cuestionario Heurístico	61
Tabla 18 - Agrupación de Resultados ISO 25000 Calidad en Uso	63
Tabla 19 - Resultado Primera Evaluación de la Calidad de Uso	64
Tabla 20 - Resultado Primera Evaluación de la Calidad Interna	64
Tabla 21 - Agrupación Resultados Segundo Cuestionario Heurístico	65
Tabla 22 - Agrupación de Resultados Segunda Evaluación ISO 25000 Calidad en Uso..	68
Tabla 23 - Resultado Segunda Evaluación Calidad en Uso	68
Tabla 24 - Resultado Segunda Evaluación de la Calidad Interna.....	69
Tabla 25 - Resultados Prueba de Cobertura de Código.....	70
Tabla 26 - Resultados Total de Líneas por Función.....	70
Tabla 27 - Resultados Prueba de Complejidad Ciclomática.....	71
Tabla 28 - Resultados Prueba Porcentaje de Uso del CPU	71
Tabla 29 - Resultados Prueba del Nivel de Uso de la Memoria RAM.....	71
Tabla 30 - Resultado Final Calidad Interna	72

LISTA DE ANEXOS

Anexo I - Plantilla Acta de Reuniones	78
Anexo II - Plantilla Casos de Usos	79
Anexo III - Cuestionario Levantamiento de Requisitos	80
Anexo IV - Matriz de Trazabilidad	83
Anexo V – Resultado de la Primera Evaluación de la Calidad en Uso	84
Anexo VI - Resultado de la Primera Evaluación de la Calidad Interna	85
Anexo VII - Resultado de la Segunda Evaluación de la Calidad en Uso	86
Anexo VIII - Resultado de la Segunda Evaluación de la Calidad Interna.....	87
Anexo IX - Resultado de la Tercera Evaluación de la Calidad Interna	88
Anexo X - Tomas de Pantalla Finales del Sistema.....	89

RESUMEN

El siguiente trabajo tiene como objetivo garantizar la calidad en cada una de las etapas del ciclo de desarrollo de un *Computer-Aided Diagnostic y Detection System* para el Reconocimiento Automático de Patologías de la Mama en Imágenes Mamográficas, como uno de los productos del Proyecto de Investigación REDU: PREDU-2016-013. Para tal efecto, se combinó el estándar ISO 25000, las reglas heurísticas de usabilidad y el estándar ISO 19505-2. La construcción del sistema se enmarcó en las 4 fases propuestas en la metodología del proceso unificado ágil (AUP) y en cada fase se construyó un prototipo incremental. Para lograrlo, se realizaron las actividades que se especifican en dicha metodología: 1) Levantamiento de requisitos del software y de los *Stakeholders*; 2) Fase de Diagramación; 3) Diseño de interfaz; 4) Fase de desarrollo y 5) Evaluación producto. Se usó el estándar ISO 19505-2 para el modelado de los diferentes componentes del sistema. Adicionalmente, para la etapa de evaluación, en el presente trabajo se optó por considerar las actividades de evaluación de productos de software propuesta por la norma ISO 25000. A continuación, se diseñó un cuestionario de satisfacción de usuarios centrada en dos tipos de usuarios: normales y expertos. Los resultados de la evaluación en esta primera versión muestran que el producto evaluado tiene un nivel satisfactorio de calidad, obteniendo 9.86/10 en la evaluación de calidad en uso y 8.45/10 en la evaluación de calidad interna.

Palabras clave: Calidad de uso, calidad interna, prototipo incremental, proceso unificado ágil (AUP), ISO 25000, usabilidad, fácil uso, *stakeholders*.

ABSTRACT

The following work aims to guarantee the quality in each of the stages of the development cycle of a Computer-Aided Diagnostic and Detection System for the Automatic Recognition of Pathologies of the breast in Mammographic Images, as one of the products of the Research Project REDU: PREDU-2016-013. For this purpose, the ISO 25000 standard, the usability heuristic rules and the ISO 19505-2 standard were combined. The construction of the system was framed in the 4 phases proposed in the methodology of the agile unified process (AUP) and in each phase an incremental prototype was built. To achieve this, the activities specified in said methodology were carried out: 1) Survey of software and stakeholder requirements; 2) Diagramming phase; 3) Interface design; 4) Development phase and 5) Product evaluation. The ISO 19505-2 standard was used for the modeling of the different components of the system. Additionally, for the evaluation stage in the present work it was decided to consider the evaluation activities of software products proposed by ISO 25000. Then, a user satisfaction questionnaire was designed focusing on two types of users: normal and experts. The results of the evaluation in this first version show that the product evaluated has a satisfactory quality level obtaining 9.86/10 in the evaluation of quality in use and 8.45/10 in the internal quality evaluation.

Keywords: Quality of use, internal quality, incremental prototype, agile unified process (AUP), ISO 25000, usability, easy use, stakeholders.

1. INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de un sistema intervienen aspectos como: levantamiento de requisitos, creación de prototipos y evaluación del producto, para poder lograr un nivel de aceptación por parte de los usuarios finales del sistema. Dichos aspectos deberán ser considerados a la hora de diseñar un sistema, con el que va a interactuar una persona, de tal manera que seamos capaces de aprovechar los cambios y posibilidades ofrecidos por las nuevas tecnologías como medio integrador de personas, razas, culturas, creencias y habilidades, sin ninguna distinción. Evitando de esta manera reducir la barrera digital, intentando en la medida de lo posible reflejar el modelo mental de las personas que lo utilizan [1].

Llámesese usuario de un sistema interactivo a aquella persona que interactúa con el sistema, lo controla directamente y utiliza sus recursos, información, resultados para un fin específico [2]. Desde este contexto, surgen dos conceptos básicos que se debe manejar en toda su dimensión: Visibilidad y comprensión intuitiva o *affordance* [3], principios de usabilidad universal, entre otros factores que hagan que se mantengan estables y válidos, en caso de ser afectados por el cambio de las herramientas.

En general, la gran mayoría de sistemas su mayor gasto se concentra en la solución de problemas de usuario con el sistema y no a los bugs de código [4]. El 80% del costo en mantenimiento es debido a estas dificultades de usuario con el sistema, dentro de los cuales casi un 64% corresponde a problemas de usabilidad y el no control de la calidad de los sistemas [1], así como la no implicación de los usuarios en cada una de las etapas de su desarrollo.

Por todo ello, este trabajo introduce diferentes aspectos que permitan mejorar la calidad interna y calidad en uso de un *Computer-Aided Diagnostic y Detection System*, así como garantizar la usabilidad y la ergonomía cognitiva del usuario. Para lograrlo se propone combinar las reglas heurísticas de usabilidad y la norma ISO 25000, en la etapa de evaluación ya que permite involucrar a los usuarios en cada una de las actividades. Además, se prevé evaluar el software usando un laboratorio de usabilidad portable con dos tipos de usuarios: normales y expertos.

Así mismo, para la construcción del sistema se ha optado por usar El Proceso Unificado Ágil (AUP), ya que se ajusta fácilmente a la metodología basada en prototipos incrementales propuesta en esta investigación. AUP en su ciclo de vida propone que se

divida un sistema en 4 fases (Concepción, Elaboración, Construcción y Transición) y que cada fase culmine con entregables (hitos) del sistema. Para esto, el sistema se dividió en cuatro prototipos incrementales; cómo se mencionó anteriormente, se iteró cada prototipo hasta alcanzar el objetivo deseado.

Finalmente, para poder ilustrar de mejor manera todas las temáticas abordadas en la presente investigación, se presenta en 4 capítulos: Capítulo 1) Introducción: comprende el preámbulo del problema, justificaciones, objetivos generales, objetivos específicos y marco teórico en el que se enfoca este trabajo de grado. Capítulo 2) Metodología: Se especifica el diseño de la solución, metodologías que convergen en el abordaje de la problemática, decisiones en la arquitectura y diseño del software. Capítulo 3) Resultados y discusión: En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la evaluación del módulo del software con los perfiles asignados para la evaluación. Y en el Capítulo 4) Conclusiones: Con los resultados obtenidos se generan las recomendaciones para el producto de software. Así mismo, se hace un análisis comparativo de las dos evaluaciones realizadas al producto.

1.1. Planteamiento del Problema

El cáncer de mama es una de las principales causas de muerte, y el más común entre las mujeres en todo el mundo. Las cifras aumentan cada año, especialmente en los países de recursos medios y bajos, donde la mayoría de los casos se diagnostican en fases avanzadas [5]. El cáncer de mama es la tumoración maligna más frecuente entre las mujeres de edad adulta. Generalmente, afecta a la mujer entre los 25 y 45 años. La detección temprana con el fin de mejorar el diagnóstico y superar la enfermedad en la población afectada sigue siendo la piedra angular del control del cáncer de mama. El diagnóstico precoz del cáncer de mama en mujeres asintomáticas reduce fuertemente la mortalidad por cáncer de mama [6][7]. La detección temprana de estas patologías puede ayudar en el diagnóstico de la enfermedad y aumentar las probabilidades de supervivencia.

El cáncer de mama es un problema de salud pública de primer orden a nivel mundial y esta problemática también es extensible a Ecuador, en donde el cáncer de mama también representa, desde hace algunos años un problema debido a que cada vez es más frecuente, siendo esta la segunda causa de muerte a nivel nacional. Según Globocan 2018, en Ecuador se registraron 2787 nuevos casos [8] , con un reporte de incidencia del 24,2% global y la primera causa de muerte a nivel mundial [9].

No obstante, la Organización Mundial de la Salud han demostrado que, si el cáncer se detecta en su etapa inicial, se aumentaría la tasa de supervivencia en las pacientes afectadas y la disminución de costos de tratamientos médicos [5]. Por otro lado, el diagnóstico médico basado en diferentes tipos de imágenes (rayos X, ultrasonidos y resonancia magnética, principalmente) se ha convertido en una herramienta de gran importancia para la pronta detección de las patologías mamarias. Analizar e interpretar la gran cantidad de imágenes requiere contar con sistemas sofisticados y efectivos que le ayuden al especialista a realizar un mejor análisis y por consiguiente un mejor diagnóstico.

Por otra parte, se ha estimado que los radiólogos de los programas de *screening* no detectan hasta aproximadamente el 25% de los cánceres de mama visibles en las revisiones retrospectivas y que este porcentaje aumenta si se consideran los signos mínimos [10]. Así, se pretende construir y diseñar una herramienta capaz de ayudar en la detección precoz y la reducción de la tasa de falsos positivos (FP), teniendo como premisa el contexto de uso y la calidad interna del producto, para ser usada en el ámbito médico.

En la literatura actual se ha propuesto y desarrollado varios sistemas de detección asistida por computadora (CADe) [11] [12], que pueden proporcionar una detección automática de patológicas, proporcionar una correcta detección e interpretación y sobre todo que se ajuste a los parámetros radiológicos y a las necesidades específicas garantizando la fiabilidad para ser usados en el ámbito clínico, sigue siendo un desafío [13] [14] [15].

En el campo de la visión por computadora, desde 2012, las redes neuronales convolucionales profundas (CNN) han superado significativamente los métodos tradicionales [16]. Las CNN profundas han alcanzado, o incluso superado, el rendimiento humano en la clasificación de imágenes y la detección de objetos [17]. Estos modelos tienen un prometedor potencial en el análisis de imágenes médicas. Muchos estudios han intentado aplicar *Deep Learning* para analizar mamografías [18] [19], pero el problema aún está lejos de resolverse. Esto es debido a que, por ejemplo, identificar alguna estructura similar a la masa, en tejido denso del seno puede tener valores de densidad similares al de una masa, en particular, es un verdadero desafío identificar la forma y los bordes de la masa. Otro ejemplo, que se podría mencionar es el de caracterizar las calcificaciones presentes en la mamografía de forma automática y robusta.

Por ello, en este proyecto de investigación, se propone evaluar la calidad del sistema CAD, abordando varios frentes, para la detección y el diagnóstico de patologías de forma automática y robusta, a través del sistema que se desarrolla, dentro del grupo de investigación del proyecto de Investigación REDU: PREDU-2016-013, en cada una de las fases propuestas. Así, en esta tesis, en su primera versión, se desarrolló un prototipo en el que me integré al equipo, actuando como una segunda opinión, y realimentando a los programadores de dicho proyecto para asegurar que se satisficieran los factores de calidad planteados a lo largo del mismo. Principalmente, mi roll fue el experto en la calidad de productos software, aplicando las normas ISO y las demás métricas propuestas para la evaluación de este prototipo con el fin de ayudar a cumplir los objetivos para los que son diseñados los CADs en el contexto médico. Por otra parte, es de importancia hacer hincapié en la disponibilidad del sistema y la puesta en marcha de estrategias de reconocimiento mundial del cáncer de mama para incorporar factores de calidad a través de una validación rigurosa en cada una de las sucesivas etapas de su desarrollo, acorde a las necesidades de los usuarios y las recomendaciones proporcionadas por el equipo mastológico que forma parte del grupo investigador, para asegurar de esta manera, que la herramienta sea lo suficientemente confiable para ser usada en un entorno clínico.

Además, por la naturaleza propia para la que son creados los CADE y los CADx, asegurar los estándares de calidad para el uso médico es un importante reto, pero aprovechando los avances tecnológicos y la experiencia en este campo del grupo de investigación, se podrá abordar el desarrollo de herramientas más precisas y adaptables a los requerimientos específicos de los usuarios. Si esta calidad es insuficiente el producto de software podría incurrir en incidentes o costos elevados de mantenimiento y no satisfacer así, las necesidades de los usuarios [20].

En el caso del desarrollo de aplicaciones web exitosas, se debe involucrar un conjunto de tecnologías, metodologías, protocolos y manejo de técnicas [21], imprescindibles para redundar en los objetivos de este sistema. Por ello, es imprescindible aplicar ciertas métricas referentes para evaluar su calidad y así garantizar que se cumple con los factores de calidad necesarios para usar el producto de manera fiable [22] [23].

Así, en este trabajo, se propone la integración de estándares de uso mundial, apropiados para estas tareas. Los estándares son herramientas importantes para medir el nivel de calidad de un producto. Un estándar o norma es un documento, establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que proporciona, para uso

común y repetido, reglas, directrices o características para las actividades y sus resultados, dirigidas al logro del grado óptimo de orden en un contexto dado [24].

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO), un organismo de establecimiento de estándares internacionales compuesto por representantes de varias organizaciones nacionales de estándares [24], se define a sí misma como una organización no gubernamental, que actúa como un consorcio con fuertes vínculos con los gobiernos, estableciendo estándares que a menudo se convierten en ley, ya sea a través de tratados o estándares nacionales. Además, estos estándares están disponibles para su consideración y uso en todo el mundo, y se pueden utilizar ya sea por aplicación directa o por un proceso de modificación de un estándar internacional para adaptarse a las condiciones locales.

Por ello, en primer lugar, se propone aplicar el estándar ISO 25030 para evaluar los requerimientos de los *Stakeholders* durante el levantamientos de requisitos [22]. El estándar ISO 25030 es considerada una herramienta apropiada para evaluar, por un lado, los requerimientos explícitos (requerimientos establecidos por los usuarios), implícitos (requerimientos expresados, que en concreto, son las necesidades reales) y por otro lado, los requerimientos de los *Stakeholders* (que son el resultado obtenido de los procesos de definición de requerimientos) [25]. Esta norma pertenece a la familia de normas ISO/IEC 25000 que tiene por objetivo la creación de un marco de trabajo común para evaluar la calidad del producto software.

Para medir la facilidad de uso (ergonomía de la interacción humano-sistema) se contemplará los principios de usabilidad. La usabilidad se refiere al nivel de complejidad (o simplicidad) que tiene un producto para ser usado. La usabilidad de una aplicación, se puede entender como la medida que determina qué tan sencilla es su interacción y cómo ésta ayuda al usuario a lograr sus objetivos [26]. El objetivo de diseñar y evaluar sistemas, productos y servicios para la usabilidad es permitir a los usuarios alcanzar sus objetivos de manera efectiva, eficiente y con satisfacción, teniendo en cuenta el contexto de uso [26]. En este trabajo se propone incluir las reglas de la usabilidad propuestas por *Nielsen*, para evaluar la usabilidad y satisfacción del usuario en circunstancias específicas en las que se usa un sistema, producto o servicio [26].

En [23] han demostrado que la evaluación y aplicación de los modelos y recomendaciones establecidos en la norma ISO/IEC 25000 proporciona beneficios, tales como, la reducción de las incidencias correctivas, reducción del tamaño del producto y reducción de los tiempos de mantenimiento.

En [27] se demostró que una mejora en la calidad en uso del sistema médico puede ayudar a aumentar los niveles de aceptabilidad, mejora en el rendimiento de las tareas y un aumento de la satisfacción de los usuarios, bajando así el impacto negativo del uso de estos sistemas.

Por otro lado, en [28] se concluyó que un sistema debe tener una buena interfaz de usuario para ser atractiva y aumentar los niveles de satisfacción y mientras más fácil sea de entender, reducirá el tiempo de hora de aprendizaje de la plataforma. Estudios como [29] demostraron que una mala experiencia de usuario en los sistemas puede ocasionar muchos inconvenientes, tales como: la complejidad en el manejo de formularios, exceso de consumo de tiempo para ubicar la información y confusión a la hora de usar los sistemas, dando así evidencia que la usabilidad debe ser considerada en los sistemas actuales.

Por todo lo anterior, el método que se propone en este trabajo, integrando varios estándares internacionales (Ver Figura 1), permitirá garantizar la comodidad en el usuario, la ergonomía, la usabilidad, y finalmente, contar con un producto lo suficientemente fiable y seguro para ser usado en un ámbito hospitalario.

1.2. Justificación

1.2.1. Justificación Teórica

A nivel mundial, se diagnostica cada segundo un nuevo caso de cáncer de mama. En Ecuador, cada año se presentan 1500 nuevos casos. En el Congreso Internacional de Senología celebrado en octubre de 2011 en Guayaquil, se publicó que el cáncer de mama en Ecuador ocupa el segundo lugar después del cáncer de cuello uterino, en cuanto a la incidencia de la patología tumoral maligna en la mujer ecuatoriana [30]. Sigue siendo un desafío contar con herramientas de bajo costo que permitan disminuir las altas cargas que acarrea esta enfermedad en los sistemas de salud en el mundo y en las que el experto médico pueda confiar para servir de una segunda opinión, de fácil uso, sigue siendo un desafío.

El objetivo de diseñar y evaluar sistemas, productos y servicios para mejorar la usabilidad es permitir a los usuarios alcanzar sus objetivos de manera efectiva, eficiente y con satisfacción, teniendo en cuenta el contexto de uso.

En [26], se explica cómo la usabilidad se puede interpretar en términos de rendimiento y satisfacción del usuario y enfatiza que la usabilidad depende de las circunstancias específicas en las que se usa un sistema, producto o servicio. La usabilidad, la definen como: la medida en que un sistema, producto o servicio puede ser empleado por usuarios para conseguir objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico [26].

El desarrollo de una herramienta de estas características es vital para que el especialista médico, cuente con una segunda opinión en la ayuda al diagnóstico, pero principalmente debe ajustarse a sus necesidades y garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad médica para ser usada con fiabilidad en el ámbito clínico. El uso de estos estándares internacionales y reglas de uso mundial permitirá aproximar este sistema al cubrimiento de estas necesidades. Garantizar la calidad de los CAD es de suma importancia en el ámbito médico y es aquí, donde este trabajo cobra importancia, proponiendo el uso de las normas ISO 25000 [25], ISO 19505-2 [31] y las heurísticas de usabilidad propuestas por Jakob Nielsen [32]. Además, de las especificaciones que brinden todas las demás herramientas que sean necesarias usar, para obtener el producto final, tales como metodologías de desarrollo, lenguajes de programación, *framework*, etc.

Los *Computer Aided Detection* (CADE) y *Diagnostic* (CADx) son sistemas que están diseñados para ayudar al radiólogo a interpretar imágenes médicas, usados principalmente para identificar potenciales lesiones y estimar la probabilidad de que las imágenes representan una enfermedad [33]. El sistema propuesto entorno al proyecto de investigación PREDU-2016-013, cubrirá estas dos necesidades (Detección y Diagnóstico). Por ello, el control de la calidad del “*Computer-AIED diagnostic y detection system* para el reconocimiento de patologías de la mama” que se propone en este proyecto de Maestría es de suma importancia. La estrategia de aplicar las anteriores directrices que recomiendan estas normas ISO permitirá satisfacer el cumplimiento de ofrecer un producto lo suficientemente usable y con la confianza de poder ser usado en el ámbito médico.

1.2.2. Justificación Metodológica

Para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos en este trabajo de Maestría, se propone un método que consiste en la integración de una serie de métricas de calidad, en cada una de las etapas de la construcción del CAD, que permitan garantizar el

cumplimiento de los factores de calidad que inciden en el fácil uso de estos sistemas en el contexto médico y la fiabilidad para ser usados en el ámbito clínico.

Para lograr un alto nivel de eficiencia para el diagnóstico automatizado, es significativo emplear enfoques de procesamiento de imágenes eficaces en los principales pasos del sistema CAD. Comúnmente, los sistemas CAD constan de cuatro etapas. A continuación, a modo de documentación para el lector, se proporciona una breve descripción de las etapas principales de un sistema CAD [34]:

- **Preprocesamiento de imagen:** este paso es esencial para alguna modalidad de imagen, como el ultrasonido con el fin de mejorar la imagen y reducir el ruido con la mínima distorsión de las características de la imagen. Algunos de los sistemas CAD no tienen una etapa de preprocesamiento;
- **Segmentación de imágenes:** la segmentación de imágenes es un paso vital hacia el desarrollo eficiente de sistemas CAD. El objetivo principal de la segmentación es la separación de la región de interés (ROI).
- **Extracción y selección de características:** en este paso, se extraen diferentes características de las lesiones de la imagen. Este conjunto de propiedades se usa para distinguir lesiones benignas o malignas.
- **Clasificación:** de acuerdo con las características seleccionadas, las áreas sospechosas se clasifican como benignas o malignas según diferentes técnicas de clasificación.
- **Evaluación de rendimiento:** este paso evalúa el rendimiento del sistema CAD.

Por ello, incluir los factores de calidad en el software "*Computer-AIED diagnostic y detection system* para el reconocimiento de patologías de la mama" mediante la aplicación de estándares internacionales garantizará que el producto cumpla con ciertos estándares de calidad, redundando en proporcionar un producto seguro. Aplicar estos principios o normas en diseños de sistemas es saber cuáles son más importantes cuando se hacen intercambios de diseño. Para ciertos productos y situaciones de diseño específico, estos principios de diseño pueden estar en conflicto entre sí o en desacuerdo con las metas y objetivos de diseño del producto. Los principios no están destinados a seguirse ciegamente, sino que están destinados a ser luces de guía para un diseño más sensato.

La metodología a seguir en este trabajo, para controlar la calidad del CAD, estará guiada principalmente por las etapas comunes de un CAD, las etapas propias de un

desarrollo de software y la aplicación de los estándares Internacionales para garantizar la calidad del producto, lo que recomiendan las herramientas SW que sean necesarias usar para la correcta construcción de dicho sistema. Puesto que el sistema estará disponible online, se contará con las directrices que plantea las metodologías de desarrollo Web (en este caso, *Ágil Unified Process (AUP)*), entre otras herramientas que se decida utilizar, según se vaya detectando al establecer los requisitos necesarios para su correcta construcción.

En primer lugar, se atenderá las recomendaciones que plantea la norma ISO 25000, para el análisis de los requerimientos del sistema, para garantizar la calidad interna y de uso durante la etapa de desarrollo y evaluación del producto para así garantizar la calidad en cada una de las fases del desarrollo del software.

La aplicación de la norma ISO 19505-2 en la etapa del diseño del CAD junto con la inclusión de otras normas garantizarán el cumplimiento de los factores de calidad en este paso, además, de garantizar una correcta documentación del producto final. Por otro lado, debido a que el sistema estará disponible online, se propone integrar como complemento a las anteriores métricas, las reglas heurísticas de Nielsen para validar la usabilidad y mejorar la experiencia de usuario [26]. En la Figura 1, se presenta la articulación de los estándares ISO y las otras métricas que dirigirán los pasos a seguir para garantizar la calidad del CAD, en cada una de sus etapas de desarrollo.

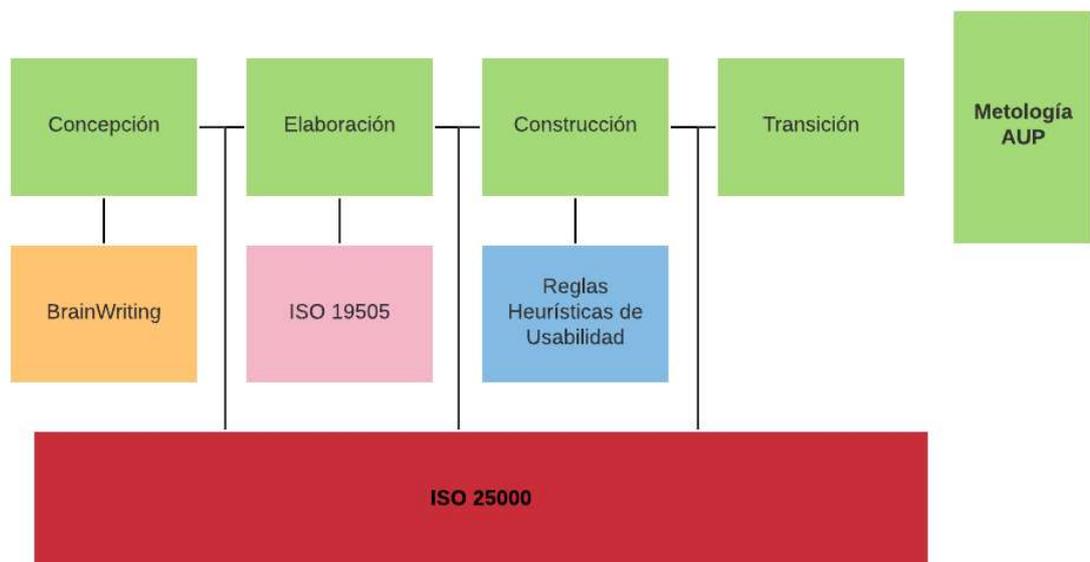


Figura 1 - Modelo Conceptual del Método Propuesto para el Desarrollo y Validación del CAD

1.2.3. Justificación Práctica

Proporcionar herramientas para el análisis, detección y diagnóstico que cumplan estándares de calidad para ser usados en el ámbito médico es un desafío y al mismo tiempo una necesidad imperiosa que cada día tiene más demanda por los expertos radiólogos, garantizando un producto que se ajuste a sus necesidades, y sobre todo ofreciendo una herramienta que le ayude a mejorar su diagnóstico. Así, con el método que se propone, el usuario podrá contar con una herramienta para la detección y el diagnóstico de lesiones mamarias, que cumple con estándares de facto y lo suficientemente validada para ser usada en sus actividades cotidianas en ámbitos hospitalarios. Esto es posible gracias a la inclusión de la norma ISO 25000 para validar las primeras etapas del sistema y en la fase de diseño, contar con el modelo ISO 19505-2, junto con las reglas de Nielsen para el diseño del CAD, garantizará que el sistema brinde a los usuarios la posibilidad de alcanzar sus objetivos de manera efectiva, eficiente y con satisfacción, teniendo en cuenta el contexto de uso, redundando en la seguridad y fiabilidad del sistema para ser usado en un ámbito clínico.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar y mejorar la calidad Interna y calidad de Uso de un *Computer-Aided Diagnostic y Detection System* para el Reconocimiento Automático de Patologías de la mama en Imágenes Mamográficas.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Revisar la literatura científica para conocer las particularidades de los sistemas de ayuda al diagnóstico médico y estudiar y seleccionar las herramientas de evaluación de su calidad.
2. Revisar y estudiar las herramientas que disponen los arquitectos de sistemas, ingenieros de software y desarrolladores de software para el análisis, el diseño y la implementación de sistemas basados en software, así como para el modelado de negocios y procesos similares, y principalmente aquellas que tienen que ver con la calidad de los productos en cada una de las fases.
3. Implementar un modelo para definir los requisitos del sistema.

4. Modelar el sistema con diagrama UML para establecer la estructura necesaria del sistema y abstraer las ideas de los *Stakeholders* previa al proceso de codificación.
5. Evaluar y reajustar la GUI para mejorar la experiencia de usuario en el proceso de prototipado de la vista del sistema.
6. Asegurar la calidad interna del CAD durante la fase de desarrollo aplicando métricas de Ingeniería de Software.
7. Reevaluar el software con las métricas de Ingeniería de software para medir el porcentaje de cumplimiento de las mejoras.

2. METODOLOGÍA

Una vez abarcado los objetivos específicos 1 y 2, los pasos metodológicos a seguir, para evaluar y garantizar la calidad del sistema web CAD, estará guiada por la combinación de las distintas metodologías integradas en la figura 1 (Ver figura 1).

AUP es una metodología ágil basado en el Proceso Unificado *Rational* de IBM (RUP), que se basa en entregables incrementales durante el ciclo de vida del proyecto. El ciclo de vida en proyectos grandes es serial mientras que en los pequeños es cíclico [35].

En concreto, este sistema "*Computer-AIED diagnostic y detection system* para el reconocimiento de patologías de la mama" se desarrolló utilizando la metodología de desarrollo Web AUP en la que se aplicará un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente y presentar resultados dirigido por modelos ágiles (en inglés, *Agile Model Driven Development (AMDD)*), la gestión ágil de cambios y la refactorización de bases de datos para mejorar su productividad, entre otras herramientas que se decida utilizar, según se vayan detectando al establecer los requisitos necesarios para su correcta construcción [36].

El siguiente proyecto se elaboró en las 4 fases de la metodología AUP presentadas en la Figura 2, en la cual en cada una de las etapas se construyó un prototipo iterativo incremental. A continuación, se describen los prototipos:

- **Prototipo 1** (funcionalidad 1): documento definición de proyecto, definición de tiempos, levantamientos de requisitos.
- **Prototipo 2** (funcionalidad 2): especificar los requisitos detallados, identificar la arquitectura, validar la arquitectura, buscar personal para el equipo del proyecto.

- **Prototipo 3** (funcionalidad 3): modelado del sistema (UML, ER), construcción del sistema, documentar el sistema y evaluar el sistema.
- **Prototipo 4** (funcionalidad 4): despliegue del sistema en un ambiente de producción para su uso.

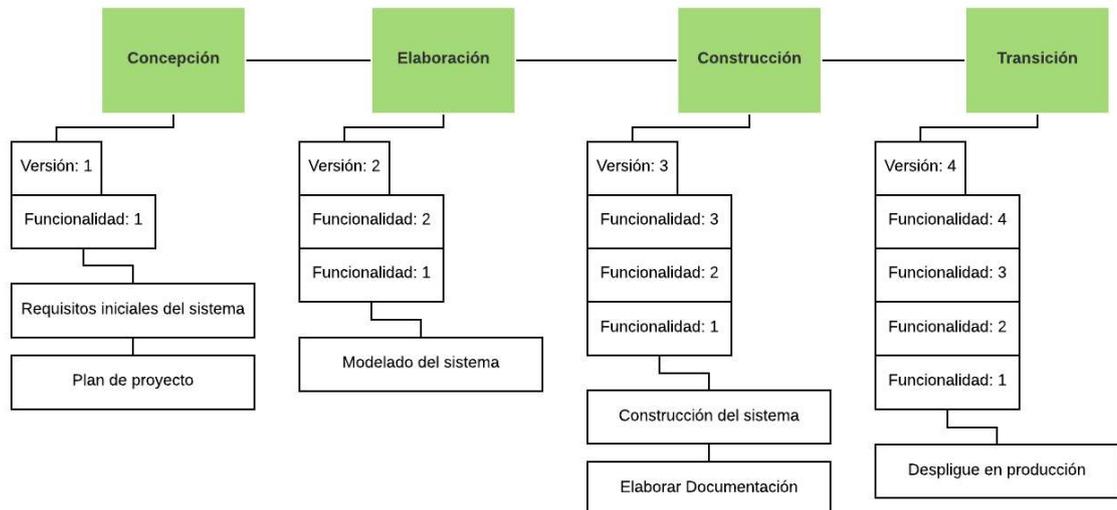


Figura 2 - División de Funcionalidad de la Metodología AUP

Para controlar la calidad en cada una de las etapas del CAD, se ha usado las herramientas ISO, propuestas por el experto en calidad, y a la vez el autor del presente trabajo, el cual se implicará directamente con el equipo desarrollador y los usuarios para establecer las directrices de calidad que se seguirán en las siguientes etapas (Ver Figura 1), para esto la metodología estará compuesta en las siguientes actividades:

1. Levantamiento de requisitos del software y de los *Stakeholders*
2. Fase de Diagramación
3. Diseño de interfaz
4. Fase de desarrollo
5. Evaluación del producto

2.1. Levantamiento de Requisitos del Software y de los *Stakeholders*

Estudios como [37] demostraron que es necesario tener un modelo de referencia en todas las etapas del desarrollo de software, es por esto que se plantea el uso de la ISO 25030 que es un modelo de levantamiento de requerimientos [25]. Se plantea su uso en combinación con otras técnicas como *BrainWriting* [38] y lluvia de ideas para recolectar

los requisitos de todos los *Stakeholders* y así poder armar una matriz de trazabilidad (Ver Anexo IV) de cada uno de los requerimientos durante cada una de las etapas de vida del desarrollo del software.

Los requisitos del sistema fueron levantados en 2 reuniones con un usuario experto del sistema y una reunión con personal médico.

Se usó *BrainWriting* y se diseñó un instrumento en formato cuestionario (Ver Anexo III) con el usuario experto y con el personal médico.

Entendiendo por *Stakeholders* a todas aquellas personas implicadas durante todo el ciclo de vida del sistema y sus distintas necesidades para realizar sus tareas cotidianas de manera más fácil, donde dichas necesidades pueden cambiar la vida del sistema [25], fue preciso realizar bastante trabajo de campo y planificación de las reuniones para lograr concretar que el sistema tendría como usuarios a los siguientes *stakeholders*:

1. Personal médico
2. Personal EPN
3. Personal administrativo del hospital público

A partir de esta información, se diseñó una matriz de trazabilidad, similar a la propuesta en [39], se anexaron y eliminaron campos (Ver Anexo IV) para poder llevar la trazabilidad de cada requisito de los *stakeholders*. La matriz de trazabilidad fue modificada 3 veces por todo el ciclo de vida del software, en cada caso se agregaban o modificaban requisitos según las necesidades y/o *feedback* de los *Stakeholders*, dichos cambios no afectaron el tiempo del manejo del proyecto.

Para priorizar los requerimientos de la matriz se usó la técnica MOSCOW:

- M (Obligatorio que tenga): Requisito de carácter obligatorio en la versión final del producto.
- S (Debería tener): Requisito de prioridad alta. Indica que debería ser incluido en el producto final.
- C (Podría tener): Requisito de prioridad baja, que no se considera necesario.
- W (No tendrá): Requisito descartado, pero que podrá ser aplicado en las futuras versiones del producto, si fuese necesario.

Como nos sugiere [25] se transforma cada requisito de los *Stakeholders* en requisitos técnicos (requisitos de sistema), y se categorizaron formando así un árbol de jerarquía como se muestra en la Figura 3, ambos campos (Requisito del sistema (RDS) y Tipo de requerimiento) fueron incluidos en la matriz de trazabilidad.

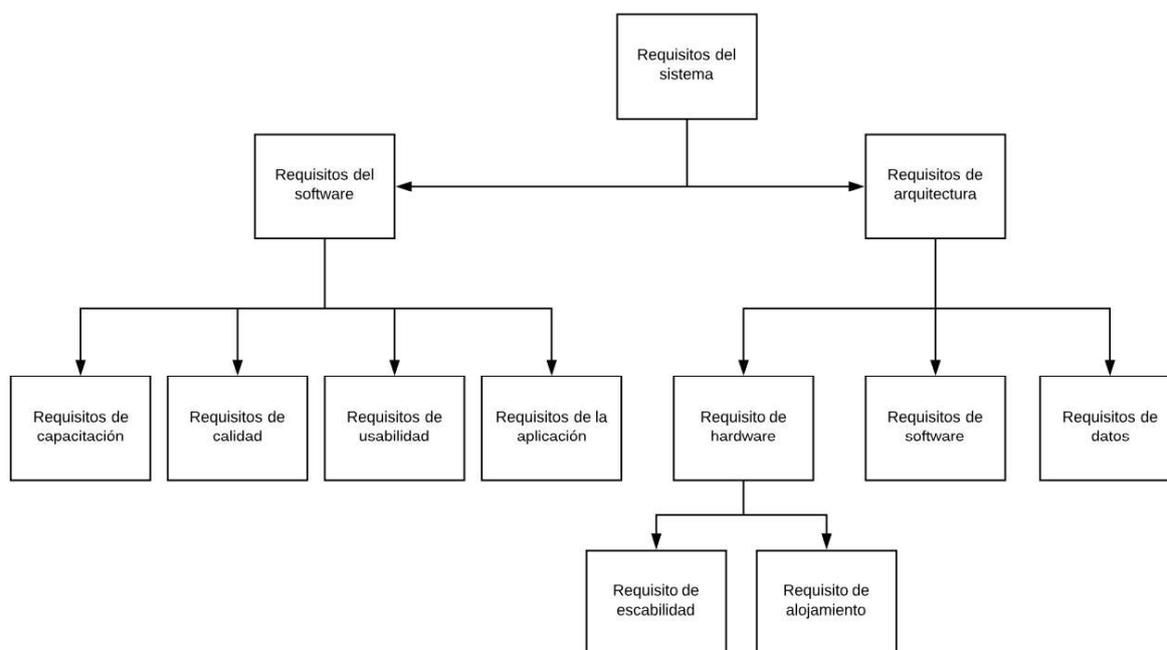


Figura 3 - Clasificación de los Requisitos de Sistema

Para un mayor manejo de los requisitos y cronograma del proyecto se elabora un *Work Breakdown Structure* (WBS) y se jerarquizan los requisitos, de acuerdo con lo que se recoge en la Figura 4.

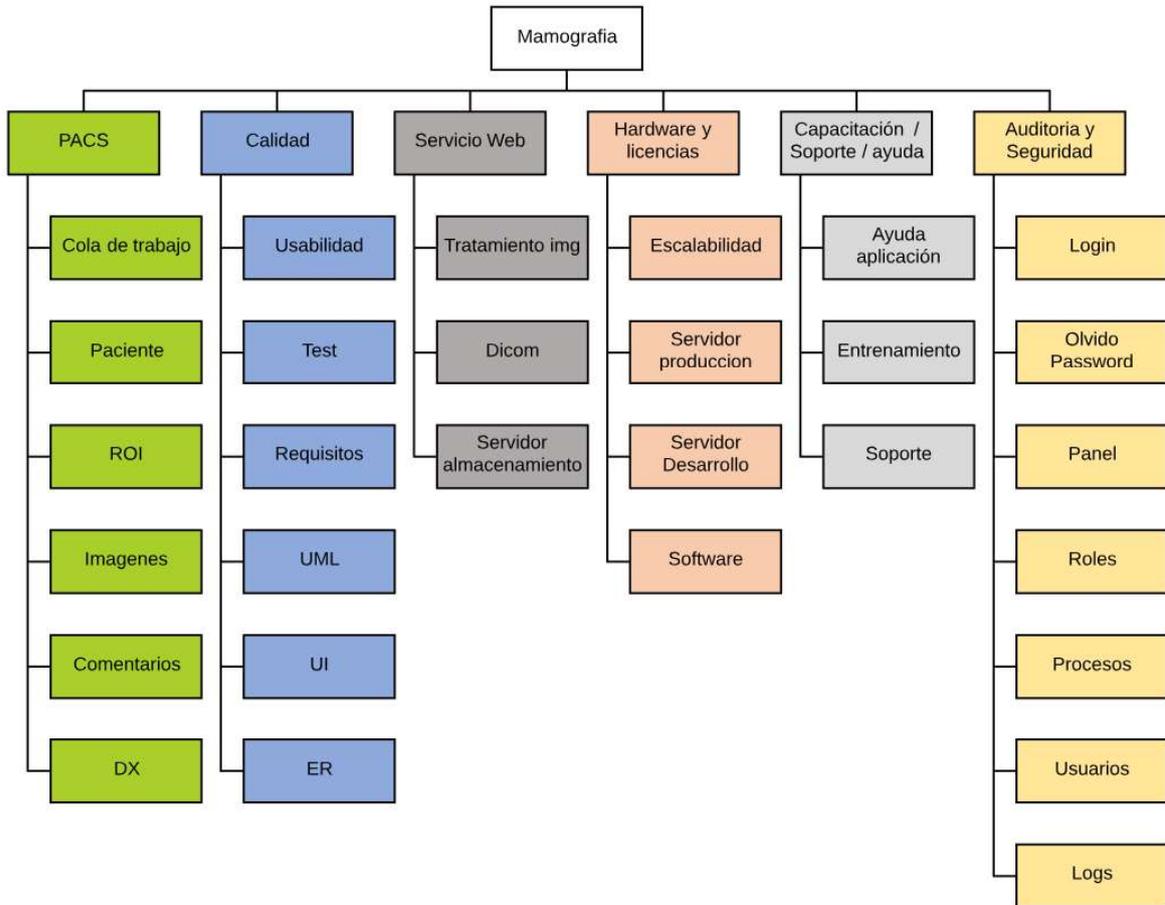


Figura 4 - Clasificación Modular de los Requisitos

En base a los requisitos recolectados, se propuso la arquitectura general del sistema, la cual estará basada en una arquitectura distribuida con presencia de un repositorio central de información.

Microservicio es una arquitectura para el desarrollo de una aplicación única como un conjunto de pequeños servicios. Generalmente, cada servicio implementa su propia funcionalidad, cada uno ejecuta su propio proceso y mecanismos, a menudo un recurso de una interfaz de programación de aplicaciones (API) [40].

Una de las ventajas de utilizar microservicios es la posibilidad de dividir una aplicación grande en pequeños componentes con la capacidad de desplegarse y escalarse de forma independiente [40], es por esto que se adoptó la arquitectura de microservicios debido a que dentro de la lista de los requisitos de los *Stakeholders*, se dio mucha importancia al procesamiento, al almacenaje de grandes volúmenes de imágenes y al número de pacientes mensualmente, así como la capacidad de poder escalado bajo

demanda de cada servicio de forma independiente (Ver Figura 5).

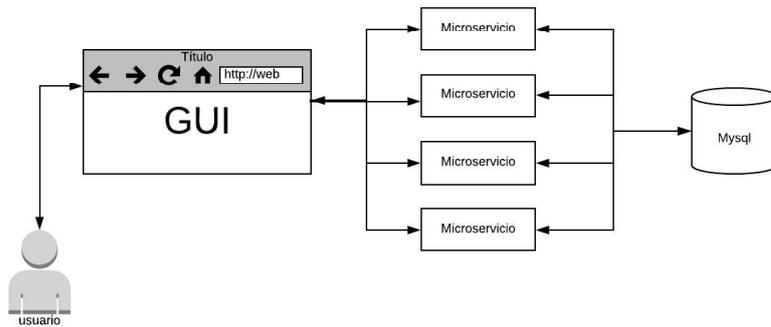


Figura 5 - Arquitectura del Sistema

Así mismo, es oportuno destacar que inicialmente, los servicios estarán en el mismo servidor, pero se está trabajando en adaptar la arquitectura para que cada servicio se pueda desarrollar en un servidor independiente, por lo que el servicio de almacenamiento podrá integrar múltiples servidores, en caso de que surja la necesidad de escalar, rápidamente por falta de almacenamiento.

Los servicios iniciales que se implantarán serán:

1. Servicio web DICOM
2. Procesamiento de imagen
3. CAD
4. Almacenamiento de imágenes

Por otro lado, puesto que los algoritmos de tratamiento de imagen fueron desarrollados, previamente en Matlab y debido al alto costo que implica tener soporte de licenciamiento de las herramientas de Matlab a nivel del Servidor se decidió usar el servicio de *Matlab Code* para exportar el código a Python, pero con la restricción de trabajar con Python 2 ya que Matlab solo exporta en esta versión. El sistema será entregado en un servidor, del tipo Servidor virtual privado (VPS) en una Plataforma como servicio (PaaS), pues depender de un servidor local incrementa los costes del proyecto.

La decisión de usar *Flask framework* es debido a que este es un micro *framework* orientado a servicios web y se usará como servidor web NGIX, por ser un servidor web liviano y escalable. En el caso de NGIX, este está diseñado para ofrecer aplicaciones de microservicios [41], lo cual permite ofrecer un mayor entendimiento de la arquitectura en

el servidor. Estos componentes de la arquitectura del servidor se muestran en la Figura 6.

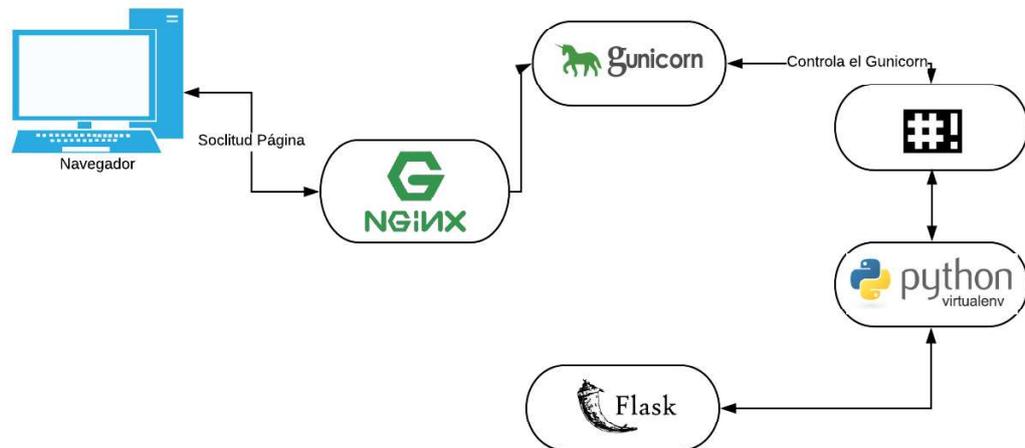


Figura 6 - Arquitectura del Servidor

Además de las anteriores herramientas, se ha decidido utilizar Bootstrap, por tratarse de un *framework frontend*, de código abierto, muy usado en el diseño de sitios web responsive [42]. Es una combinación de HTML, CSS y *Javascript* que hacen fácil la construcción de sitios web [42].

Bootstrap permite la maquetación basada en grilla, este *framework* divide la web en el navegador en 12 columnas invisibles para el usuario donde se permiten ubicar los elementos del sitio web (botones, imágenes, entre otras). Como ventaja adicional, este *framework* permite la alineación de los objetos por grilla, lo que nos permite satisfacer una de las recomendaciones de usabilidad propuestas en [43]. Dicha grilla se adaptará para al máximo posible de 1200px a 4000px.

Posteriormente, teniendo en cuenta los requisitos, el sistema se dividió en los siguientes módulos:

- **Módulo de administración de usuarios:** encargado de la gestión de los usuarios del sistema (crear, edición, borrar, buscar), asignación de roles (médico, administrador) a los diferentes usuarios, se encarga de las asignaciones de las diferentes funcionalidades del sistema (procesos) a los diferentes roles.
- **Módulo cola de trabajo:** encargado de ordenar la gestión de trabajo (procesamiento de imágenes) del médico.
- **Módulo Visor de imágenes:** encargado de la visualización de las mamografías, aplicar los diferentes algoritmos para mejoramiento de las

imágenes y de la especificación de las diferentes anomalías por parte del médico.

- **Módulo de configuración:** encargado de gestión de los atajos de teclado, datos personales del usuario y cambio de su clave de acceso.
- **Módulo de pacientes:** encargado de la administración de los datos de los pacientes y sus radiografías.
- **Módulo acceso y seguridad:** encargado del acceso al sistema (Login), recuperación de *password* por el usuario en caso de no poder acceder al sistema y *logs* de registro de todas las operaciones realizadas en el sistema para futura auditorias.
- **Modulo servicio web:** módulo encargado de proporcionar un API para el almacenamiento y procesamiento de imágenes en formato DICOM por sistemas externos.
- **Modulo comentario:** modulo encargado de proporcionar un API para el almacenamiento de los comentarios asociados a las imágenes en formato DICOM.

Evaluaciones entregables:

- i. CAD
- ii. Servicio web DICOM
- iii. PAC

Requisitos técnicos y limitaciones:

1. El software no podrá trabajar sin conexión a internet
2. La conexión mínima deberá ser de 10Mbps
3. El software no tendrá interconexión con otro sistema
4. Para la correcta visualización de las imágenes el equipo deberá contar con una resolución mínima de 2k
5. La resolución máxima soportada es 4k
6. Los navegadores soportados son: Chrome y Firefox en sus últimas versiones
7. El Software está orientando a ser instalado y configurado en un Servidor Virtual Privado (VPS)
8. El sistema está limitado a CPU de nueva generación por el procesamiento de imágenes
9. Se trabajará con Python 2 debido a que se usarán algoritmos ya realizados previamente en Matlab

Requisitos recomendados y supuestos:

1. Se asume que los usuarios del CAD cuentan con conocimientos o está familiarizados con el uso de sistemas similares.
2. Se asume que el equipo se usará con una conexión mínimo de 20Mbps
3. Se asume que el equipo donde se usará el sistema es un CPU i7 de 5ta Generación o su equivalente en AMD u otro proveedor
4. Se asume que el VPS tendrá un mínimo de 1Gb de RAM para el procesamiento de las imágenes
5. Se asume que el equipo médico usará el sistema por largas horas de trabajo al día.
6. Se asume que el hardware del computador tendrá un mouse con mínimo 1000 DPI y un teclado *Qwerty*.
7. Se asume que el VPS tiene un servicio de envío de email (SMTP)

Para validar los requerimientos se construyeron 5 casos de uso del sistema con su respectiva documentación, tomando como base los formatos planteados en [4] (Ver Anexo II y Ver Fase de Diagramación) .

2.2. Fase de Diagramación

En esta fase, se ha propuesto usar la herramienta UML. La tecnología UML se enfoca principalmente en la definición de la estructura y el comportamiento del sistema [44]. Debido a esto se propone el uso de un diagrama de caso de uso, que es un medio para capturar los requisitos de los sistemas, es decir, lo que el sistema se supone que debe hacer [45]. Para una correcta definición de la estructura y unificación del sistema se elaborará un diagrama de despliegue [45].

Debido a que los componentes son una unidad autónoma y representan una parte modular de un sistema que encapsula sus contenidos [45], se ve la necesidad de planificar su correcta unificación, por ello, se realizó un diagramas de componentes.

A continuación, se presenta los diagramas generados del sistema:

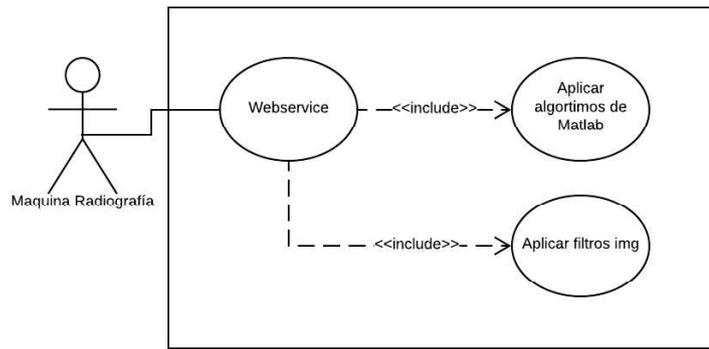


Figura 7 - Caso de Uso Rol Maquina Radiografía

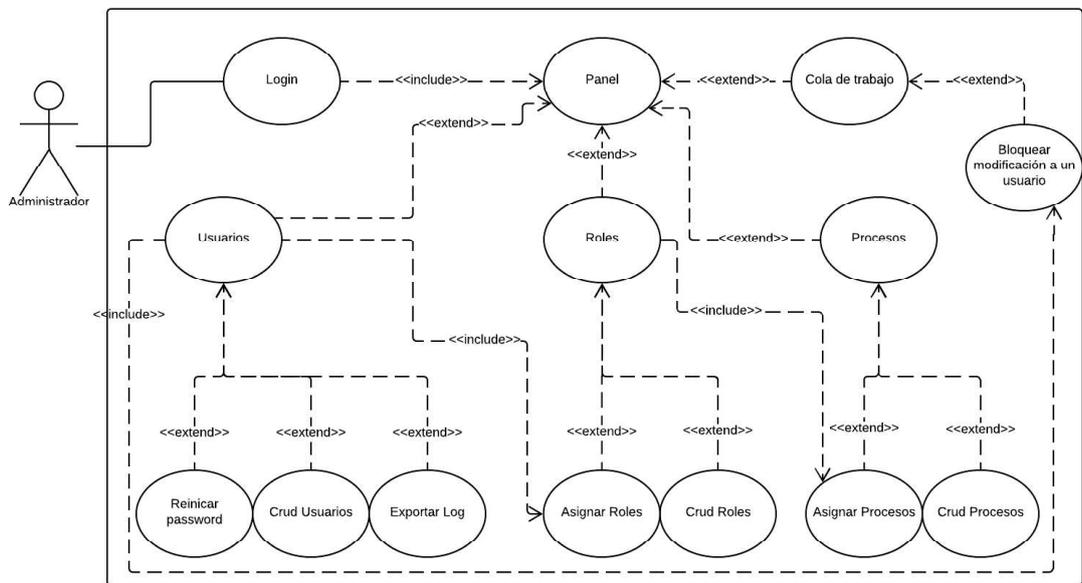


Figura 8 - Caso de Uso Rol Administrador

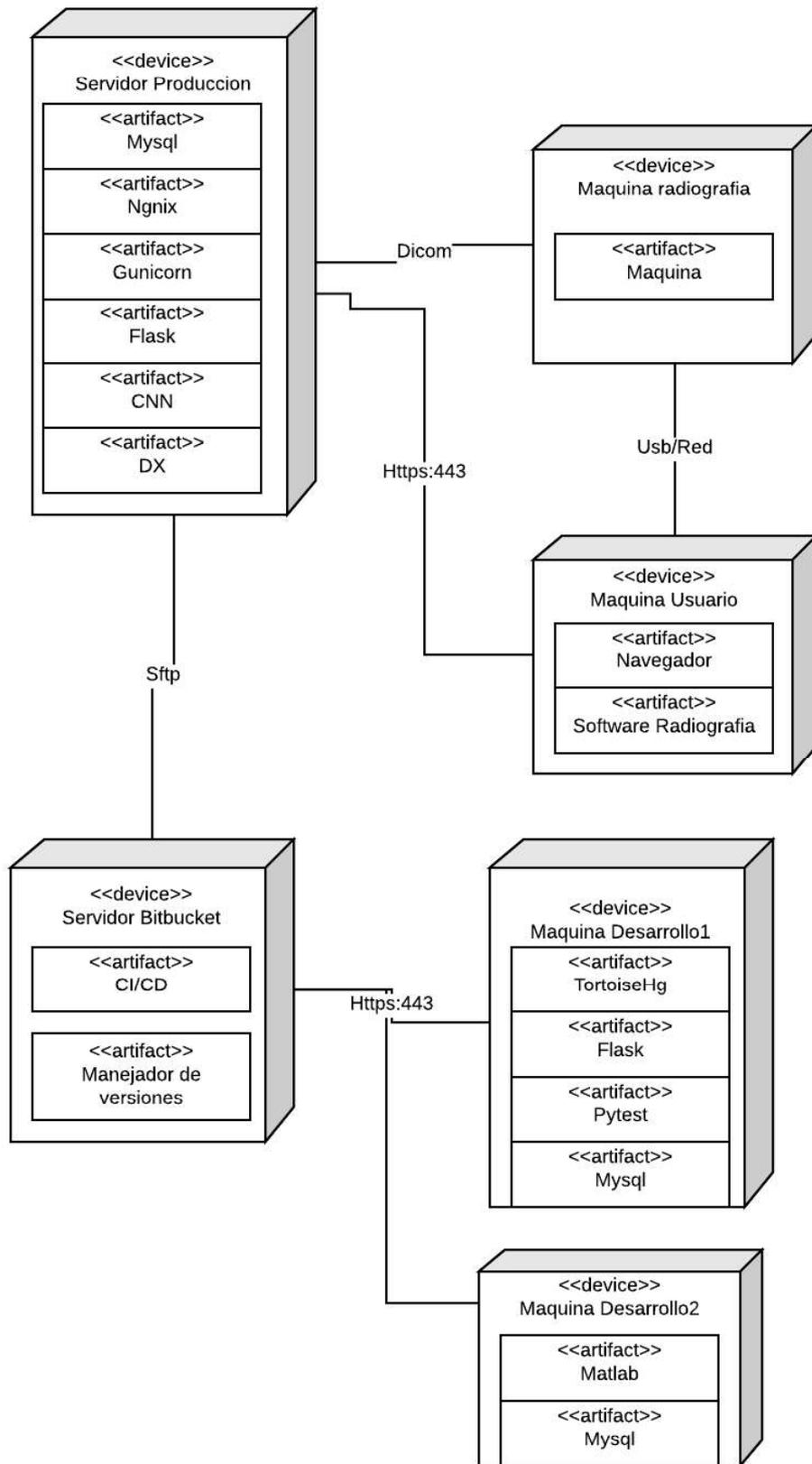


Figura 10 - Diagrama de Despliegue

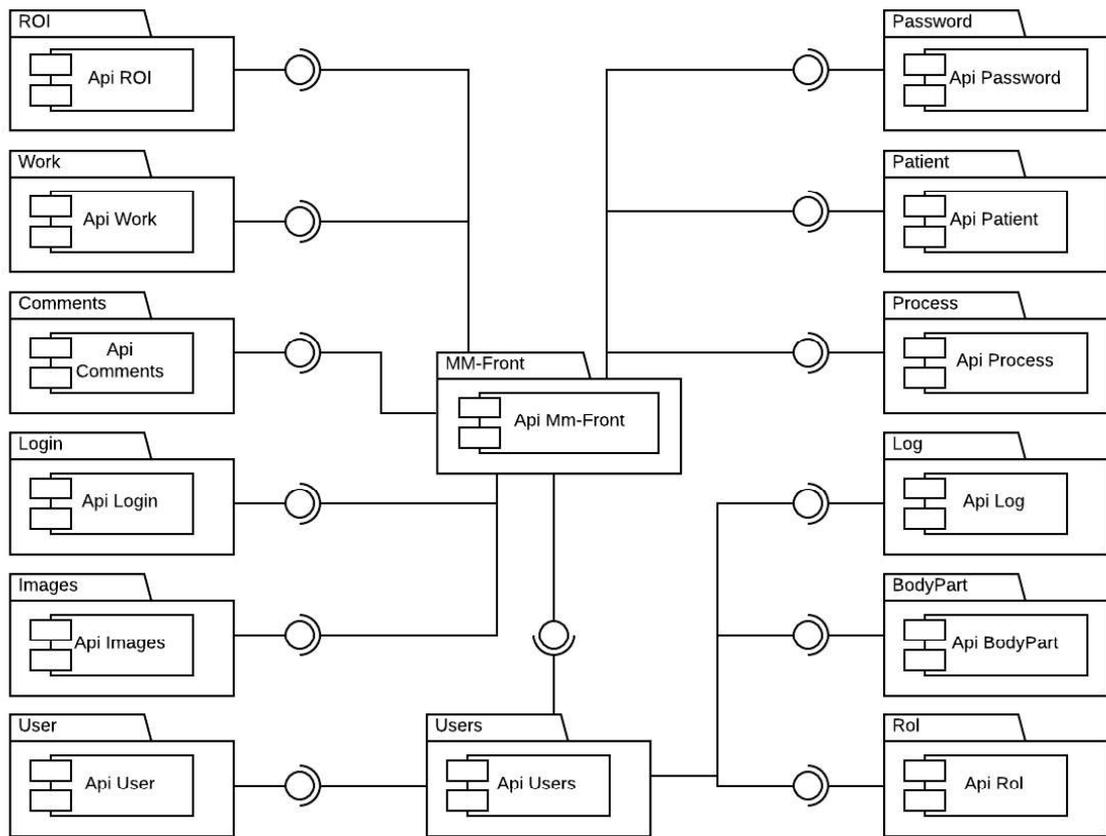


Figura 12 - Diagrama de Componentes

En la estructura de BDD se encuentra el modelo de datos, que es una colección de herramientas para describir los datos guardados en ella, maneja las relaciones y la semántica de los datos [46]. Un sistema de bases de datos (BDD) es una colección de datos relacionados entre sí que permite a los usuarios tener acceso a esos datos y modificarlos.

El modelo entidad relación es un modelo que se basa en la abstracción del mundo real de los datos del sistema, el cual se transforma en un conjunto de tablas representadas por nombre y columnas [46].

La normalización es un proceso en el cual el objetivo es generar un conjunto de esquemas de relaciones aplicadas en el modelo entidad relación que permita almacenar información sin redundancias y que permita obtener la información con facilidad.

Del levantamiento con los *stakeholders* se establecieron 9 tablas de base datos (Ver Tabla 1) del cual se procedió a normalizar y el resultado final se obtuvo 20 tablas (Ver Figura 13).

Tabla 1 - Tablas Iniciales

Tabla	Descripción
Config	Tabla con la configuración del usuario
Img	Tabla donde se almacenan las rutas de los archivos Dicom
Log	Tabla con el log de todas las operaciones de los usuarios
Patient	Tabla con la información relacionada de los usuarios
Process	Tabla con el listado de funciones que puede acceder un rol
Rol	Tabla con la información de los roles de usuarios
Session	Tabla con las sesiones de login de usuario
User	Tabla con la información de los usuarios del sistema
Work	Tabla con la lista de imágenes a procesar por un usuario en una determinada fecha

Uno de los objetivos principales de los sistemas de bases de datos es recuperar y guardar información de la base de datos. Para facilitar el acceso se creó 3 tipos de roles a nivel de base de datos, 2 roles para administradores del sistema y 1 rol para los usuarios que ingresen a través del aplicativo del sistema. A continuación, se describen los roles (Ver Tabla 2):

Tabla 2 - Lista de Roles implementados sobre la Base de Datos

Tipo de Rol	Descripción
Rol aplicativo	Rol con los permisos básicos para que el sistema funcione (<i>insert, select, update</i>) sobre todas las tablas. No se consideran eliminaciones físicas si no lógicas.
Rol de consulta	Rol con permiso (<i>select</i>) sobre todas las tablas
Rol de administrador de base de dato	Rol con todas las operaciones administrativas

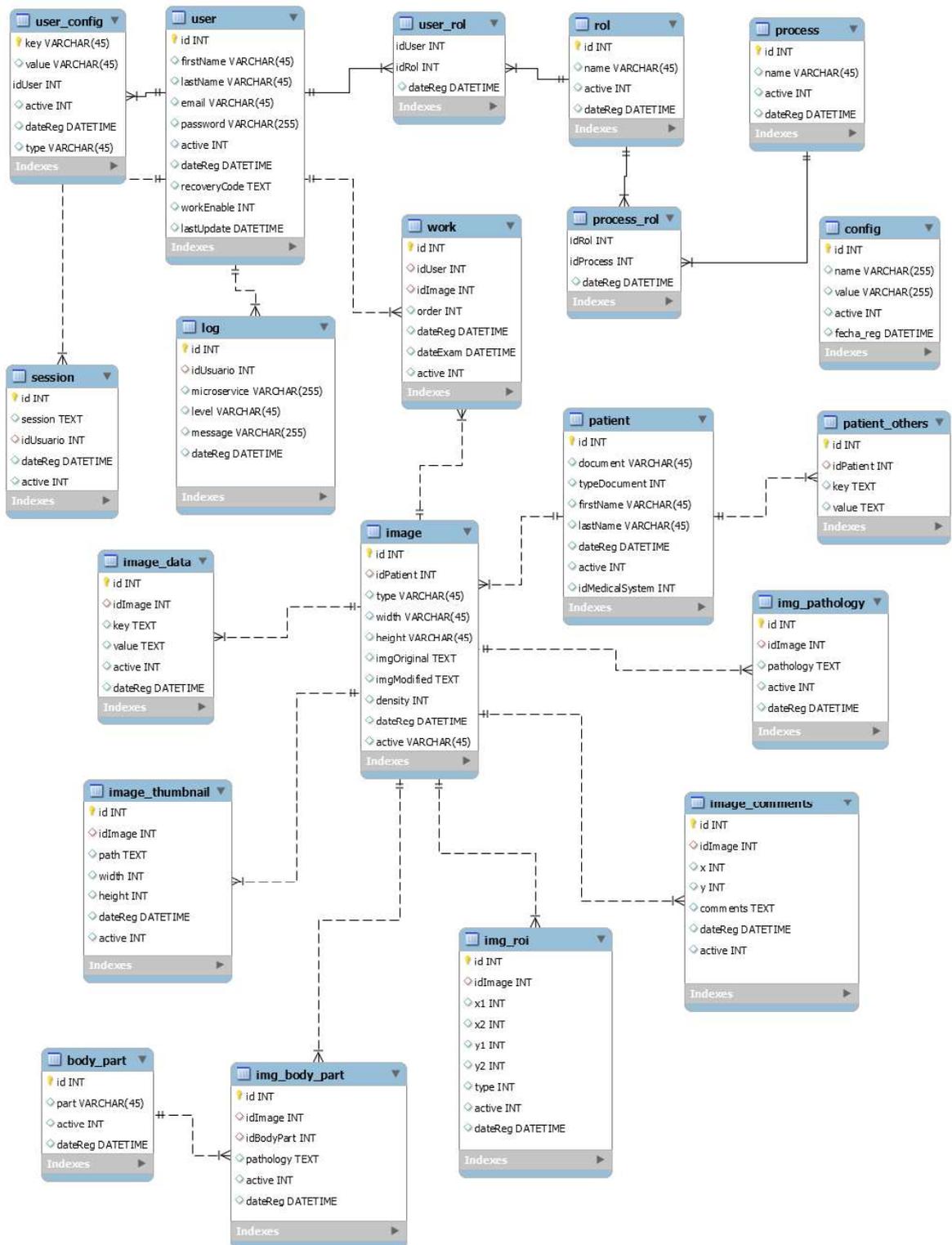


Figura 13 - Diagrama de Entidad Relación con Tablas Normalizadas

Una vez definidos los diagramas en base a los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema, se procederá a levantar las interfaces de usuario.

2.3. Diseño de Interfaz

La Interfaz gráfica de usuario (GUI) en los sistema se ha convertido en algo de suma importancia [29] es por esto que en este trabajo se dará especial importancia a este artefacto. Para lograrlo, se dará cumplimiento a las directrices que establecen las metodologías de los diseños centrados en el usuario y ciertas normas de usabilidad, los estándares de la industria, tales como las heurísticas de Nielsen. La Tabla 3 muestra el conjunto final de heurísticas utilizadas para la creación de GUI.

Adicionalmente, se contemplará las directrices de la guía de buenas prácticas definidas por Microsoft en: *Official Guidelines for User Interface Developers and Designers*, tales como:

1. La falta de apoyo del teclado: el soporte de teclado proporciona una eficiencia para muchos usuarios, para optimizar los procesos de uso se colocó acceso por atajos de teclado a todas las funciones del CAD.
2. Estandarización de los componentes del sistema: se estandarizo la fuente en 5 tipos (h1, h2, h3, h4, p) se definió el tipo de fuentes en pixeles (px), tal como se muestra en Figura 16. Después, se extrajo una paleta de colores base de 12 colores para todo el sistema (Ver Figura 14) y se colocaron 4 tipos de espacios entre los diferentes componentes del sistema (Ver Figura 15), a cada espacio se le asignó un color para lograr una correcta visualización en la fase de construcción del sistema. Una vez que el sistema se pasó a producción se retiraron los colores de los espacios.
3. Alineación de los objetos: La alineación afecta a la legibilidad y, por tanto, a la facilidad de uso y eficiencia. También afecta la impresión general que tendrá el usuario sobre la calidad de la aplicación, y es por esto que, se implementó un sistema de grilla para la maquetación (Ver Figura 17).

Tabla 3 – Heurísticas utilizadas, establecidas por Nielsen [25]

Id	Principio Heurístico
H1	Visibilidad del estado del sistema
H2	Relación entre el sistema y el mundo real
H3	Control y libertad del usuario
H4	Consistencia y estándares
H5	Prevención de errores
H6	Reconocimiento antes que recuerdo

H7	Flexibilidad y eficiencia de uso
H8	Estética y diseño minimalista
H9	Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores.
H10	Ayuda y documentación

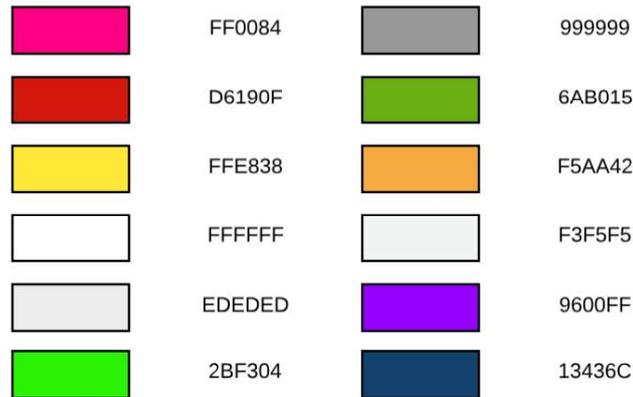


Figura 14 - Paleta de Colores Inicial

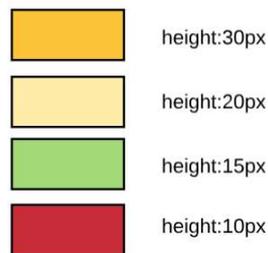


Figura 15 - Espacios Usados en la GUI

H1	font-family: Arial font-size: 32px-28px font-weight: 400
H2	font-family:Arial font-size: 24px-20px font-weight: 400
H3	font-family:Arial font-size: 20px-14px font-weight: 400
H4	font-family:Arial font-size: 12px-10px font-weight: 400
P	font-family:Arial font-size: 14px-8px font-weight: 400

Figura 16 - Fuente Usada en la GUI

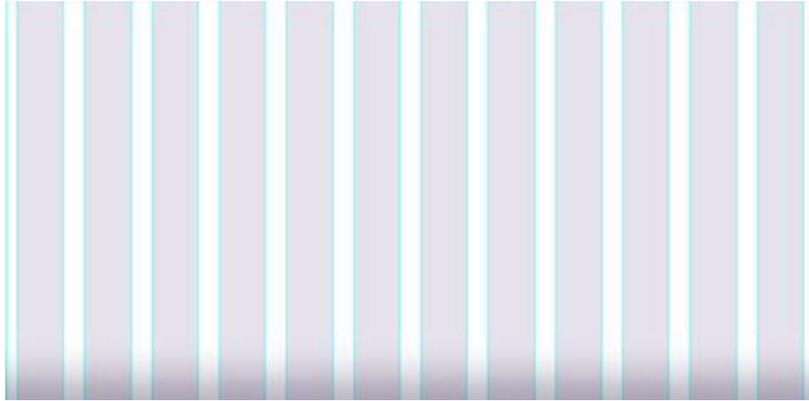


Figura 17 - Sistema de Grid

Otro de los elementos que se incorporó, fueron los *wireframe*, *los cuales* son un mecanismo para transformar las especificaciones iniciales del sistema en una interfaz de usuario, son anotaciones que describen cada elemento que será implementando en el sistema [47]. Por lo tanto, para validar los requerimientos iniciales de los *stakeholders* se realizó un *Wireframe* (Ver Figura 18) donde se colocaron los ítems principales del sistema, se validó y se itero con los *stakeholders*.

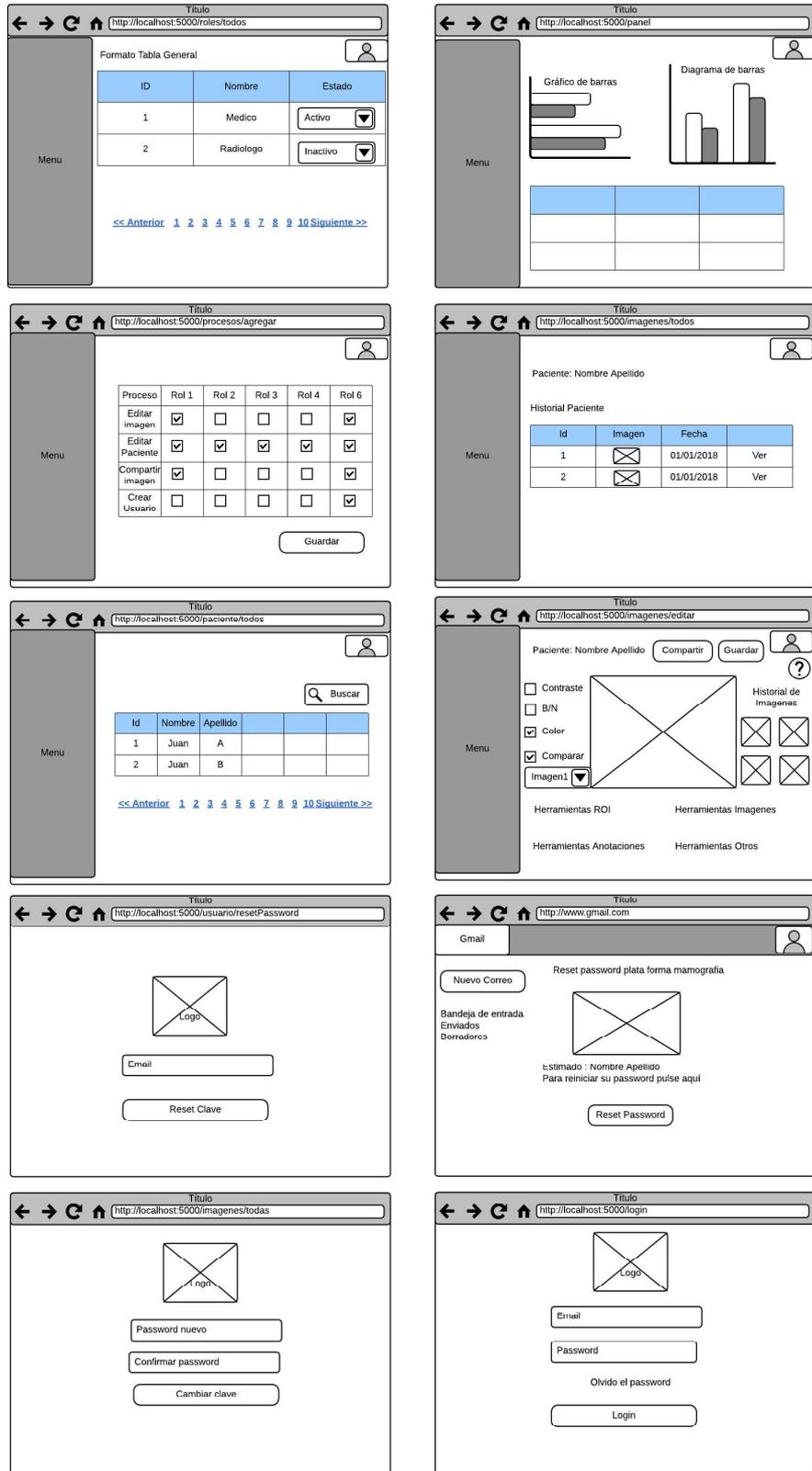


Figura 18 - Wireframe del Sistema

Prototipos. Los prototipos son una representación de un producto final (interfaz gráfica). Son hechos para realizar pruebas de usabilidad y validar los requisitos de los *stakeholders* con el fin de corregir errores de requisitos del sistema o testear determinada funcionalidad [48].

Para medir la facilidad de uso por parte de los usuarios en base a pruebas de usabilidad y calidad se elaboró un prototipo (Ver Figura 19). Los resultados obtenidos y mejoras al prototipo se pueden observar en la Fase 3 Resultados y Discusión. Las tomas finales del sistema, se pueden visualizar en el Anexo X.

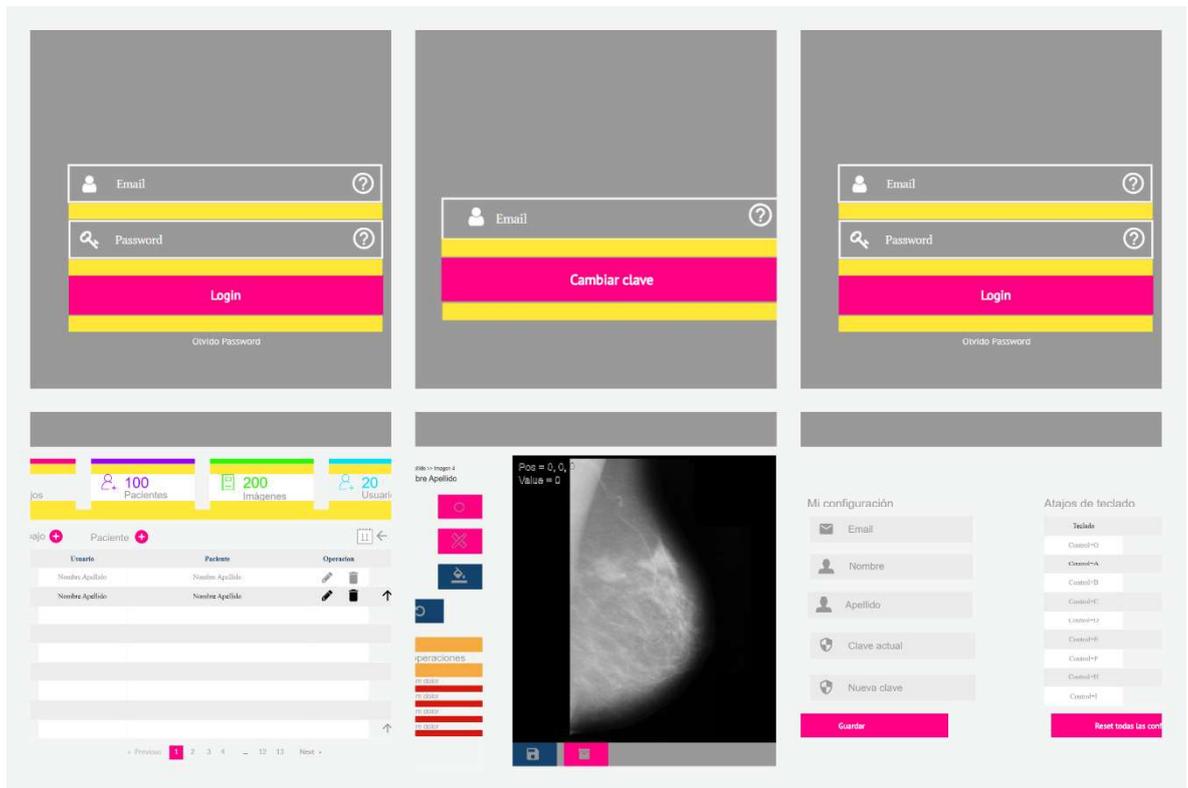


Figura 19 - Prototipo UX

2.4. Fase de Desarrollo y Diseño de la Evaluación del Producto

Una vez realizado el prototipo de la interfaz gráfica se prosiguió con la fase de desarrollo de la aplicación, considerando en cuenta las métricas propuestas para mejorar la calidad, ya que la fase de desarrollo de los sistemas es un punto vital para garantizar los niveles de calidad del mismo [23]. Tal como se ha comentado en los anteriores apartados, para dicho proceso se propuso el uso de la ISO 25000 para garantizar la calidad durante toda esta fase.

Para garantizar la calidad del software se recomienda aplicar un modelo, el cual evaluara dicho producto de software [37]. El modelo de medición representa la relación entre las características, subcaracterísticas, atributos del producto de software con las medidas de calidad respectivas, la medición y sus métodos.

Adicionalmente, se hará una reevaluación del producto debido a que estudios como [23] han demostrado que una reevaluación con las métricas iniciales es importante, debido a que ayuda a ver si se acataron las mejoras del producto y así determinar el porcentaje de beneficios aportados en el producto de software.

Basándonos en la norma ISO 25000 se selecciona los niveles de severidad para determinar el rigor de la evaluación y su nivel de jerarquía mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4 - Niveles de Severidad

#	Tipo de Calidad	Característica	Severidad	Importancia
1	Calidad de Uso	Efectividad	Alta	30%
2	Calidad de Uso	Eficiencia	Alta	40%
3	Calidad de Uso	Utilidad	Alta	30%
			Total	100%
1	Calidad Interna	Adecuación funcional	Alta	10%
2	Calidad Interna	Facilidad de uso	Alta	90%
			Total	100%
1	Calidad Interna Fase 2	Adecuación funcional	Alta	20%
2	Calidad Interna Fase 2	Fiabilidad	Alta	10%
3	Calidad Interna Fase 2	Eficiencia en el desempeño	Alta	20%
4	Calidad Interna Fase 2	Facilidad de uso	Alta	40%
5	Calidad Interna Fase 2	Mantenibilidad	Alta	10%
			Total	100%

A lo largo del ciclo de vida del producto de software se realizan medidas de calidad y se utilizan para ayudar en la gestión exitosa de desarrollo del producto. Para el presente proyecto se escogió medidas de calidad internas y externas y las medidas de calidad de uso, propuestas en este trabajo de investigación.

Las medidas internas de calidad de software se aplican a una parte de un producto de software durante sus etapas de desarrollo[25]. En el presente trabajo se propone evaluar dicha calidad al finalizar el software con las características: facilidad de uso y adecuación funcional debido a que son dichas características están relacionadas con la calidad en uso. Las medidas de calidad en uso se encargan de medir el grado en que un producto cumple con las necesidades de usuarios específicos con respecto a los objetivos del software [25].

Uno de los módulos del sistema seleccionado para la evaluación fue el Visor de imágenes, ya que es uno de los módulos más críticos del sistema. Las características que se tuvieron en cuenta para hacer la evaluación se presentan en la Tabla 5 y Tabla 6. Mientras que, los valores deseados y las fórmulas que se aplicaron en la evaluación se especifican en la

Tabla 7.

Tabla 5 - Características, Subcaracterísticas y Métricas de la Calidad en Uso

#	Característica	Subcaracterísticas	Métrica
1	Satisfacción	Utilidad	Nivel de satisfacción
2			Uso discrecional de las funciones del sistema
3			Porcentaje de quejas de los clientes
4	Efectividad	Efectividad	Complejidad de la tarea
5			Efectividad de la tarea
6			Frecuencia de error
7	Eficiencia	Eficiencia	Eficiencia relativa de la tarea
8			Productividad económica
9			Numero relativo de acciones del usuario

Tabla 6 - Características, Subcaracterísticas y Métricas de la Calidad Interna

#	Característica	Subcaracterísticas	Métrica
1	Adecuación funcional	Compleitud funcional	Compleitud de la implementación funcional
2	Facilidad de uso	Capacidad de reconocer su adecuación	Capacidad de demostración
3		Capacidad de ser entendido	Funciones evidentes
4			Efectividad de la documentación del usuario o ayuda del sistema
5		Operatividad	Recuperabilidad de error operacional
6			Claridad de mensajes
7			Consistencia operacional
8			Posibilidad de personalización
9		Protección contra errores del usuario	Verificación de entradas válidas
10		Estética de la Interfaz del usuario	Personalización de la apariencia de la interfaz del usuario
11		Eficiencia en el desempeño	Utilización de recursos
12	Utilización de CPU		
13	Utilización de la memoria		
14	Mantenibilidad	Capacidad de ser modificado	Complejidad ciclomática
15	Fiabilidad	Madurez	Cobertura de pruebas

Tabla 7 - Fórmulas y Valores Deseados de las Métricas de Calidad en Uso

#	Métrica	Fórmula	Valor deseado
1	Nivel de satisfacción	$X = A/B$ A= Número de preguntas con	1

		<p>respuesta satisfactorias</p> <p>$B = \text{Número total de preguntas realizadas en el cuestionario}$</p> <p>Dónde:</p> <p>$B > 0$</p>	
2	Uso discrecional de las funciones del sistema	<p>$X = A/B$</p> <p>A= Número de veces que se utilizan las funciones/sistemas del software</p> <p>B= Número de veces que están destinados a ser usados</p> <p>Dónde:</p> <p>$B > 0$</p>	1
3	Porcentaje de quejas de los clientes	<p>$X = A/B$</p> <p>A = Número de clientes que se quejan</p> <p>B = Número total de clientes</p> <p>Dónde:</p> <p>$B > 0$</p>	0
4	Complejidad de la tarea	<p>$X = A/B$</p> <p>A= Número de tareas completadas</p> <p>B = Número total de tareas intentadas</p> <p>Dónde:</p> <p>$B > 0$</p>	1
5	Efectividad de la tarea	<p>$X = A/B$</p> <p>A= Cantidad de objetivos completados por la tarea</p> <p>B = Cantidad de objetivos planteados por la tarea</p>	1
6	Frecuencia de error	<p>$X = A/B$</p> <p>A = Número de errores cometidos por los usuarios</p> <p>B = Número de tareas</p>	0

		Dónde: B > 0	
7	Eficiencia relativa de la tarea	X = A/B A = Número de tareas eficientes realizadas por un usuario ordinario B = Número de tareas eficientes planeadas Dónde: B > 0	1
8	Productividad económica	X = A/B A = Número de tareas efectivas B = Número total de las tareas Dónde: B > 0	1
9	Número relativo de acciones del usuario	X = A/B A = Número de acciones realizadas por los usuarios B = Número de acciones necesarias actualmente Dónde: B > 0	0

Tabla 8 - Fórmulas y Valores Deseados de las Métricas de Calidad Interna

#	Métrica	Fórmula	Valor deseado
1	Compleitud de la implementación funcional	X = A / B A = Número de funciones que están incorrectas o que no fueron implementadas B = Número de las funciones establecidas en la especificación de requisitos Dónde: B > 0	0

2	Capacidad de demostración	$X = A/B$ A = Número de funciones implementadas con capacidad de demostración B = Número total de funciones que requieren capacidad de demostración Dónde: $B > 0$	1
3	Funciones evidentes	$X = A/B$ A= Número de funciones (o tipo de funciones) evidentes al usuario B = Número total de funciones (o tipo de funciones) Dónde: $B > 0$	1
4	Efectividad de la documentación del usuario o ayuda del sistema	$X = A/B$ A= Número de funciones descritas correctamente B = Número total de funciones implementadas Dónde: $B > 0$	1
5	Recuperabilidad de error operacional	$X = A / B$ A= Número de funciones implementadas con tolerancia de error de usuarios B = Número total de funciones requeridas con capacidad de tolerancia Dónde: $B > 0$	1
6	Claridad de mensajes	$X = A/B$ A= Número de mensajes	1

		<p>implementados con explicaciones claras</p> <p>B = Número total de mensajes implementados</p> <p>Dónde:</p> <p>$B > 0$</p>	
7	Consistencia operacional	<p>$X = A/B$</p> <p>A= Número de operaciones que se comportan de manera incoherente</p> <p>B = Número total de operaciones que se comportan de forma normal</p> <p>Dónde:</p> <p>$B > 0$</p>	0
8	Posibilidad de personalización	<p>$X = A/B$</p> <p>A = Número de funciones implementadas que pueden ser personalizados durante la operación</p> <p>B = Número de funciones que requieran la capacidad de personalización</p> <p>Dónde:</p> <p>$B > 0$</p>	1
9	Verificación de entradas válidas	<p>$X = A/B$</p> <p>A= Número de elementos de entrada que son validados</p> <p>B = Número de elementos que necesitan ser validados</p> <p>Dónde:</p> <p>$B > 0$</p>	1
10	Personalización de la apariencia de la interfaz del usuario	<p>$X = A/B$</p> <p>A= Número de elementos de interfaz que pueden ser</p>	1

		personalizados B = Número total de elementos de interfaz Dónde: B > 0	
11	Líneas de código	X = A A = Número de líneas de código	Deseado: 1 Peor caso: >=50
12	Utilización de CPU	X = A A= Cantidad de CPU que es usado para realizar una tarea	Deseado: 0 % Peor caso: >=10%
13	Utilización de la memoria	X = A/B A = Cantidad de memoria que es usado para realizar una tarea	Deseado: 0% Peor caso: >=10%
14	Complejidad ciclomática	X = A+1 A = Numero de instrucciones condicionales que tiene una función	Deseado: 1 Peor caso: >=15
15	Cobertura de pruebas	X = A/B A = Número de casos de pruebas realizados en un escenario de operación durante la prueba B = Número de casos de prueba a ser realizados para cubrir los requerimientos Dónde: B > 0	1

Tabla 9 - Escala de Grado de Satisfacción de Usuarios Basada en la Escala Likert

Respuesta	Nivel de satisfacción
Nada satisfecho	1
Poso satisfecho	2
Neutral	3
Muy satisfecho	4
Totalmente satisfecho	5

Para evaluar el módulo con las características de calidad en uso y calidad interna se siguió el cronograma que se presenta en la Tabla 10.

Tabla 10 - Cronograma de la Evaluación

#	Tarea	Comienzo	Fin
1	Planificar la evaluación de calidad en uso y primera fase calidad interna	29/04/2019	03/05/2019
2	Ejecutar primera evaluación ISO 25000	16/05/2019	16/05/2019
3	Ejecutar primera Evaluación Heurística	16/05/2019	16/05/2019
4	Analizar los resultados de la evaluación	19/05/2019	19/05/2019
5	Ejecutar mejoras en el sistema	20/05/2019	22/05/2019
6	Ejecutar segunda evaluación ISO 25000	23/05/2019	23/05/2019
7	Ejecutar segunda Evaluación Heurística	23/05/2019	23/05/2019
8	Analizar los resultados de la evaluación	24/05/2019	24/05/2019
9	Planificar la evaluación de la segunda fase de calidad interna	21/06/2019	21/06/2019
9	Ejecutar evaluación de la segunda fase de calidad interna	22/06/2019	23/06/2019
10	Analizar los resultados de la evaluación	24/06/2019	25/06/2019

Los perfiles seleccionados para dicha evaluación fueron:

1. Estudiantes de carreras técnicas: estudiantes de últimos semestres de carreras técnicas con nivel intermedio en conocimientos tecnológicos.
2. Usuario experto: usuario con conocimiento alto en tecnología y conocimiento medio en la parte médica.

Tabla 11 – Número de Usuarios por rol usados en las evaluaciones

Cargo	Cantidad
Usuario normal	9
Usuario experto	1
Total	10

Para medir los problemas de usabilidad se usó las reglas heurísticas, propuesta por Nielsen [32], para clasificar los problemas de usabilidad, mostrados en la Tabla 12, y se añadió un quinto parámetro con el valor “No se aplica”.

Tabla 12 - Escala de Severidad Basada en las heurísticas de Nielsen

Id	Valor	Descripción
E1	5	No se aplica
E2	4	Problema crítico de usabilidad. La solución debe ser inmediata
E3	3	Problema grave de usabilidad. La solución es de alta prioridad
E4	2	Problema mínimo de usabilidad. La solución es de baja prioridad
E5	1	Problema que no necesita dedicarle tiempo
E6	0	No presenta problema

Criterios de aceptación para las métricas

Teniendo en cuenta las métricas y los instrumentos diseñados para los cuestionarios para medir la calidad en uso (Ver Tabla 14) y calidad interna (Ver Tabla 15) se aplicaron las fórmulas para evaluar el producto presente en: calidad en uso (Ver

Tabla 7) y calidad interna (Ver

Tabla 8) con dichos valores obtenidos se obtiene el resultado de la evaluación del software.

Adicionalmente para medir la funcionalidad del sistema se aplicó un cuestionario heurístico (Ver Tabla 13) limitada con las respuestas presentes en la Tabla 9.

Requisitos básicos para realizar los cuestionarios

Para la realización de los cuestionarios se contó con:

1. Hardware: Ordenador de mesa, con procesador Intel I7 a 3Ghz, 8 GB de memoria RAM, 500 GB de disco duro y pantalla de 20 pulgadas.
2. Software: Navegador Google Chrome versión 75 y con el sistema operativo Ubuntu 18.04.

Diseño de los instrumentos de evaluación de la calidad

Para garantizar la calidad del sistema se dividió el diseño de los instrumentos de calidad en las siguientes fases:

1. Instrumento de evaluación de la usabilidad

Este instrumento se diseñó basado en las 10 reglas heurísticas de usabilidad propuestas por Jacob Nielsen [32], las cuales permitieron medir la usabilidad del sistema CAD, de tal forma que su uso sea intuitivo, fácil y no conlleve a que el usuario haga uso de la memoria humana para recordar las funciones del sistema. Cada heurística contempla varios Subheurísticos dentro de los cuales se tomará en cuenta, el impacto y la frecuencia (Ver Tabla 13).

- **Impacto.** Cuando se produce el problema, es fácil o difícil superar el problema para los usuarios.
- **Frecuencia** con la que se produce el problema, es frecuente o poco frecuente

Tabla 13 - Cuestionario Evaluación de las Reglas Heurística

<p>Bienvenidos y gracias por tomarse unos minutos para completar el siguiente cuestionario. Por favor, tenga en cuenta lo siguiente:</p> <p>Impacto Cuando se produce el problema, es fácil o difícil superar el problema.</p> <p>Frecuencia. Con que frecuencia se produce el problema. Es frecuente o poco frecuente.</p>			
<p>1. Claridad de los objetivos</p> <p>La interfaz debe comunicar de manera inmediata su propósito, objetivo y funciones.</p>			
Subheurísticos	Impacto	Frecuencia	Observaciones

1. El propósito u objetivo que la interfaz nos transmite es claro y obvio. Con una simple hojeada podemos deducir cuál es su propósito y cuál es su finalidad			
2. En el caso de existir más de un objetivo, estos están relacionados con el objetivo o función global y establecen coherencia entre ellos.			
3. En caso de existir más de un objetivo, estos son claros y separados.			

2. Visibilidad del estado del sistema

El sistema debe tener siempre a los usuarios informados del estado del sistema, con una realimentación apropiada y en un tiempo razonable.

Subheurísticos	Impacto	Frecuencia	Observaciones
1. La interfaz incluye de forma visible el título del sitio, de la sección o el título de la página			
2. Sabes en todo momento dónde estás posicionado			
3. Los vínculos están claramente diferenciados			
4. No existe información o acciones que necesiten de una acción para su visualización			

3. Adecuación al mundo y a los objetos mentales del usuario / lógica de la información

El sitio/aplicación está adaptado al mundo real de los usuarios, su lenguaje, conocimientos, etc.

Subheurísticos	Impacto	Frecuencia	Observaciones
1. La presentación de los contenidos es familiar o comprensible para el usuario			

2. Cuando existen opciones están ordenadas de manera lógica para la forma de pensar del usuario			
3. Las metáforas e iconos que utilizan son entendibles para el usuario y facilitan la interacción con la interfaz.			
4. La interfaz usa el lenguaje del usuario con palabras, frases y conceptos que le son familiares. El lenguaje debe ser claro, simple y con una sola idea por párrafo			
5. La información está estructurada con títulos, negritas y viñetas			
6. El lenguaje y la disposición de la información es asequible y de lectura rápida para el usuario			
7. La estructura y presentación de la información no necesita explicaciones o información adicional para su comprensión			
8. Los textos y enunciados de los campos están redactados de forma afirmativa			
9. Se utiliza el lenguaje en forma directa, no impersonal			
<p>4. Control y libertad para el usuario</p> <p>Los usuarios eligen a veces funciones del sistema por error y necesitan a veces una salida de emergencia claramente marcada, eso es salir del estado indeseado sin tener que pasar por un diálogo extendido. Es importante disponer de deshacer y rehacer.</p>			
Subheurísticos	Impacto	Frecuencia	Observaciones
1. Se utilizan animaciones no controladas por el usuario			
2. El scroll no es más grande que dos			

pantallas			
3. Es posible guardar información de la página Web/sistema interactivo			
4. Es posible imprimir la información de la página Web/sistema interactivo sin perder información			
5. Existe un vínculo que permite volver a la página inicial			
6. Es posible aumentar y disminuir el tamaño de la letra			
7. La interfaz se visualiza perfectamente con diferentes resoluciones			
8. La interfaz no introduce tecnologías que requieren versiones actualizadas de navegadores o plugs-ins externos.			
<p>5. Consistencia y estándares</p> <p>Los usuarios no han de preguntar si las distintas palabras, situaciones o acciones quieren decir lo mismo. En general siguen las normas y convenciones de la plataforma sobre el que se está implementado el sistema.</p>			
Subheurísticos	Impacto	Frecuencia	Observaciones
1. Las etiquetas de los vínculos tienen los mismos nombres que los títulos de las páginas a las que se dirigen			
2. Las mismas acciones llevan a los mismos resultados			
3. Los mismos elementos son iguales en todo el sitio			
4. La misma información (texto) es un estándar en toda la página			
5. La información está organizada y es mostrada de manera similar en cada página			
6. Se utilizan los colores estándares			

para los vínculos visitados y no visitados.			
7. Las áreas de navegación superior, laterales, herramientas de búsqueda y controles (botones, radio, ...) siguen los estándares comunes de mercado.			
<p>6. Prevenir errores</p> <p>Es más importante prevenir la aparición de errores que generar buenos mensajes de error.</p>			
Subheurísticos	Impacto	Frecuencia	Observaciones
1. El ingreso de datos tolera errores tipográficos (mayúsculas), ortográficos (acentos) y acepta palabras similares			
<p>7. Reconocimiento más que memoria</p> <p>La página Web/sistema interactivo se basa en el reconocimiento más que en el recuerdo, que permite al usuario interactuar con el sitio de manera fácil y productiva.</p>			
Subheurísticos	Impacto	Frecuencia	Observaciones
1. EL uso de la interfaz no requiere recordar información de interfaces previas para interactuar con ella. Toda la información necesaria para la interacción se encuentra en la interfaz actual.			
2. Es fácil localizar información previamente encontrada.			
3. La interfaz permite ver y seleccionar, más que recordar y escribir			
4. La información está organizada según una lógica reconocida y familiar para el usuario			
5. Se utilizan iconos relacionados con			

los contenidos a los que se asocian			
6. La estructura, orden y lógica es familiar e intuitiva para los usuarios.			
<p>8. Flexibilidad y eficiencia de uso</p> <p>La interfaz facilita y optimiza el acceso a los usuarios independientemente de cuales sean sus características.</p> <p>*Una página tiene diseño líquido cuando al cambiar de resolución la página se adapta a la pantalla.</p>			
Subheurísticos	Impacto	Frecuencia	Observaciones
1. Existen aceleradores de teclado para realizar operaciones frecuentes			
2. Si existen, quedan claros cuales son estos aceleradores			
3. Es posible repetir una acción ya realizada anteriormente de manera sencilla			
4. Se utiliza un diseño líquido* para que la página se adapte a las diferentes resoluciones posibles que pueda tener un usuario.			
<p>9. Diálogos estéticos y diseño minimalista</p> <p>La página Web/sistema interactivo evita toda información o gráfico irrelevante y sólo incluye la información necesaria.</p>			
Subheurísticos	Impacto	Frecuencia	Observaciones
1. La información visible es la única esencial para realizar la acción. La página no contiene información que es irrelevante o raramente necesaria			
2. No existe redundancia de información en la página			
3. La información es corta, concisa y			

precisa.			
4. Cada elemento de información se distingue del resto y no se confunde con otros			
5. El texto es fácil de ver, está bien organizado y las frases no son muy largas			
6. Las fuentes son legibles y tienen un tamaño adecuado			
7. Las fuentes utilizan colores con suficiente contraste con el fondo			
<p>10. Ayuda y documentación</p> <p>Aunque es mejor si el sistema puede utilizarse sin documentación, puede ser necesario disponer de ayuda y documentación. Esta debe ser fácil de buscar, centrada con las tareas del usuario, tener información de las etapas a realizar y que no sean muy extensas.</p>			
Subheurísticos	Impacto	Frecuencia	Observaciones
1. En caso de existir ayuda, es visible y fácil de encontrar			
2. La documentación de ayuda es sensible al contexto, se refiere a la sección donde se encuentra el usuario			
3. La documentación de ayuda sobre accesibilidad está adaptada a las necesidades del usuario			
4. La ayuda está orientada a los objetivos del usuario (generalmente a la resolución de problemas)			
5. La página dispone de un apartado de preguntas frecuentes			
6. La documentación de ayuda utiliza ejemplos			

6. Instrumento de evaluación de la calidad basada en la norma ISO 25000

Uno de los instrumentos de evaluación que ayudan conocer la calidad de las herramientas tecnológicas desarrolladas es el uso de cuestionarios, mediante los cuales se recoge información que permita evaluar cuantitativamente las reacciones de los usuarios al utilizar el sistema CAD a través de los indicadores de calidad propuestos.

El diseño de este cuestionario consta de 16 preguntas cerradas con una escala de Likert limitadas a responder con los siguientes valores 1= nunca/nada, 2= casi nunca/poco, 3= algo, 4= casi siempre/bastante, 5= siempre/mucho según la pregunta que corresponda. En la Tabla 14, se detalla cada una de las 16 preguntas propuestas.

Tabla 14 - Cuestionario ISO 25000 Calidad en Uso

Pregunta	Escala Likert				
	1	2	3	4	5
EVALUACIÓN (1= nunca/nada, 2= casi nunca/poco, 3= algo, 4= casi siempre/bastante, 5= siempre/mucho)					
1. ¿Considera Ud. que el registro de un paciente se realiza de manera sencilla?					
2. ¿Logró registrar el paciente en 60s o menos?					
3. ¿Considera Ud. que exportar una imagen del visor es sencillo de realizar?					
4. ¿Logró exportar una imagen en 60s o menos?					
5. ¿Considera Ud. que colocar una ROI circular sobre la imagen del visor se realiza de manera sencilla?					
6. ¿Logró colocar la ROI circular en 60s o menos?					
7. ¿Considera Ud. que colocar una ROI rectangular sobre la imagen del visor se realiza de manera sencilla?					
8. ¿Logró colocar la ROI rectangular en 60s o menos?					
9. ¿Considera Ud. que el uso de la barra de herramienta para procesar la imagen se realiza de manera sencilla?					
10. ¿Las operaciones de la barra de herramienta presentaron los resultados esperados?					
11. ¿El módulo arrojó algún problema mientras operaba con					

él?					
12. ¿Las operaciones del módulo se ejecutaron en el tiempo esperado?					
13. ¿Considera Ud. que la navegación del módulo es fácil de usar?					
14. ¿Considera Ud. que la apariencia del visor es fácil de usar?					
15. ¿Para operar el módulo necesito alguna capacitación?					
16. ¿La manera en el que modulo muestra los mensajes es entendible?					

7. Instrumento de evaluación de la calidad Interna basada en la norma ISO 25000

Este instrumento tiene como objetivo medir la funcionalidad, desempeño y nivel de los requisitos aplicados, además de conocer cómo influye la herramienta desarrollada en la calidad de aprendizaje de los usuarios.

El instrumento diseñado se aplicó a 10 usuarios de distintas edades, estudiantes de últimos semestres de carreras técnicas, los cuales estaban formados por 9 usuarios normales y 1 usuario experto para la primera evaluación y por 3 usuarios normales y 1 usuario experto para la segunda evaluación.

Las preguntas presentes en los cuestionarios (Ver Tablas del 13 al 15) fueron contestadas luego de probar la plataforma virtual y usar el módulo de pacientes y el visor de mamografías.

Tabla 15 - Cuestionario ISO 25000 Calidad Interna

Pregunta Evaluación (Responda Si o No según sea el caso)	Respuesta	
	Si	No
1. ¿Se implementó todas las funciones en los requisitos del sistema?	Si	No
2. ¿Se realizó con éxito la función del ROI circular del visor?	Si	No
3. ¿Se realizó con éxito la función del ROI rectangular del visor?	Si	No
4. ¿Se realizó con éxito la función de registrar un paciente?	Si	No
5. ¿Considera Ud. que es entendible la función de ayuda para ROI circular?	Si	No
6. ¿Considera Ud. que es entendible la función de ayuda para ROI rectangular?	Si	No
7. ¿Considera Ud. que la demostración ejecutada por la ayuda del visor es entendible?	Si	No
8. ¿Considera Ud. que se identifica con facilidad la función del visor:	Si	No

ROI circular?		
9. ¿Considera Ud. que se identifica con facilidad la función del visor: ROI rectangular?	Si	No
10. ¿Considera Ud. que se identifica con facilidad la función del visor: exportar la imagen?	Si	No
11. ¿Considera Ud. que registrar paciente se comporta de una manera óptima?	Si	No
12. ¿Considera Ud. que exportar la imagen se comporta de una manera óptima?	Si	No
13. ¿Considera Ud. que colocar un ROI circular se comporta de una manera óptima?	Si	No
14. ¿Considera Ud. que colocar un ROI rectangular se comporta de una manera óptima?	Si	No
15. ¿Considera Ud. que es posible personalizar el visor?	Si	No
16. ¿Si coloca algún tipo de dato indebido al crear paciente se genera error?	Si	No
17. ¿Considera Ud. que es entendible el mensaje al crear un paciente con éxito?	Si	No

8. Segunda fase de la evaluación de la calidad interna

Este instrumento de medición se diseñó usando plantillas de casos de pruebas, los cuales permiten diseñar, planificar la ejecución de test sobre el sistema. Las herramientas usadas para el verificar la calidad interna fueron:

- Jmeter
- Postman
- SonarQube
- Nmon
- Pytest
- Pytest-cov
- Top

Para la realización de los test se contó con las siguientes herramientas de hardware: Ordenador portátil, con procesador Intel I7 a 2.2Ghz, 16 Gb de memoria RAM, 256 Gb de disco duro y pantalla de 15 pulgadas con Windows y una conexión de 25 Mb/S.

Se realizaron los test en los componentes: comentario, imagen, acceso y seguridad, ROI, rol, cola de trabajo.

Los test se dividieron en 5 tipos:

- Complejidad Ciclomática: métrica de ingeniería de software que mide el número de flujos diferentes de un componente, la complejidad ciclomática fue extraída usando SonarQube (Ver Tabla 16).

Tabla 16 – Resultado Complejidad Ciclomática

Modulo	Nivel de complejidad
Comentario	▼ Complexity ⓘ Cyclomatic Complexity 35 Cognitive Complexity 18
Imagen	▼ Complexity ⓘ Cyclomatic Complexity 34 Cognitive Complexity 24
Acceso y seguridad	▼ Complexity ⓘ Cyclomatic Complexity 28 Cognitive Complexity 22
Roi	▼ Complexity ⓘ Cyclomatic Complexity 44 Cognitive Complexity 27
ROI	▼ Complexity ⓘ Cyclomatic Complexity 57 Cognitive Complexity 41
Cola de Trabajo	▼ Complexity ⓘ Cyclomatic Complexity 89 Cognitive Complexity 62

- Cobertura de código: es un indicador que nos permite conocer el porcentaje del código alcanzado por los test, el nivel de cobertura fue extraído usando las librerías de python: pytest y pytest-cov (Ver Figuras del 20 al 25).

```

ubuntu@ip-172-26-7-194:~/microservices$ pytest --cov=ws_comments ws_comments/
===== test session starts =====
platform linux2 -- Python 2.7.15rc1, pytest-4.6.3, py-1.8.0, pluggy-0.12.0
rootdir: /home/ubuntu/microservices
plugins: cov-2.7.1
collected 9 items

ws_comments/commapp_test.py ..... [100%]

----- coverage: platform linux2, python 2.7.15-candidate-1 -----
Name                               Stmts  Miss  Cover
-----
ws_comments/commapp.py              84    13   85%
ws_comments/commapp_test.py         46     0  100%
ws_comments/models/__init__.py       1     0  100%
ws_comments/models/comments.py       17     0  100%
-----
TOTAL                               148    13   91%

===== 9 passed in 0.45 seconds =====

```

Figura 20 - Cobertura del Módulo Comentario

```

ubuntu@ip-172-26-7-194:~/microservices$ pytest --cov=ws_image ws_image/
===== test session starts =====
platform linux2 -- Python 2.7.15rc1, pytest-4.6.3, py-1.8.0, pluggy-0.12.0
rootdir: /home/ubuntu/microservices
plugins: cov-2.7.1
collected 3 items

ws_image/imgapp_test.py ... [100%]

----- coverage: platform linux2, python 2.7.15-candidate-1 -----
Name                               Stmts  Miss  Cover
-----
ws_image/imgapp.py                 106    70   34%
ws_image/imgapp_test.py            20     1   95%
ws_image/models/__init__.py         1     0  100%
ws_image/models/images.py           17     5   71%
-----
TOTAL                               144    76   47%

===== 3 passed in 0.46 seconds =====

```

Figura 21 - Cobertura Módulo Imagen

```

ubuntu@ip-172-26-7-194:~/microservices$ pytest --cov=ws_password_reset ws_password_reset/
===== test session starts =====
platform linux2 -- Python 2.7.15rc1, pytest-4.6.3, py-1.8.0, pluggy-0.12.0
rootdir: /home/ubuntu/microservices
plugins: cov-2.7.1
collected 6 items

ws_password_reset/test_reset_password_app.py ..... [100%]

----- coverage: platform linux2, python 2.7.15-candidate-1 -----
Name                               Stmts  Miss  Cover
-----
ws_password_reset/models/__init__.py      1     0  100%
ws_password_reset/models/reset_password.py 11     0  100%
ws_password_reset/reset_password_app.py   95    20   79%
ws_password_reset/test_reset_password_app.py 32     1   97%
-----
TOTAL                                    139    21   85%

===== 6 passed in 1.21 seconds =====

```

Figura 22 - Cobertura Módulo Acceso y Seguridad

```

ubuntu@ip-172-26-7-194:~/microservices$ pytest --cov=ws_roi ws_roi/
===== test session starts =====
platform linux2 -- Python 2.7.15rc1, pytest-4.6.3, py-1.8.0, pluggy-0.12.0
rootdir: /home/ubuntu/microservices
plugins: cov-2.7.1
collected 10 items

ws_roi/roiapp_test.py ..... [100%]

----- coverage: platform linux2, python 2.7.15-candidate-1 -----
Name                               Stmts  Miss  Cover
-----
ws_roi/models/__init__.py           1     0  100%
ws_roi/models/roi.py                 23     3   87%
ws_roi/roiapp.py                     110    29   74%
ws_roi/roiapp_test.py                45     0  100%
-----
TOTAL                                179    32   82%

===== 10 passed in 0.46 seconds =====

```

Figura 23 - Cobertura Módulo ROI

```

ubuntu@ip-172-26-7-194:~/microservices$ pytest --cov=ws_rol ws_rol/
===== test session starts =====
platform linux2 -- Python 2.7.15rc1, pytest-4.6.3, py-1.8.0, pluggy-0.12.0
rootdir: /home/ubuntu/microservices
plugins: cov-2.7.1
collected 6 items

ws_rol/rolapp_test.py ..... [100%]

----- coverage: platform linux2, python 2.7.15-candidate-1 -----
Name                               Stmts  Miss  Cover
-----
ws_rol/models/__init__.py           1      0   100%
ws_rol/models/rol.py                 29      1    97%
ws_rol/rolapp.py                    148     39    74%
ws_rol/rolapp_test.py               33      0   100%
-----
TOTAL                               211     40    81%

===== 6 passed in 0.51 seconds =====

```

Figura 24 - Cobertura Módulo Rol

```

ubuntu@ip-172-26-7-194:~/microservices$ pytest --cov=ws-work ws-work/
===== test session starts =====
platform linux2 -- Python 2.7.15rc1, pytest-4.6.3, py-1.8.0, pluggy-0.12.0
rootdir: /home/ubuntu/microservices
plugins: cov-2.7.1
collected 12 items

ws-work/wkapp_test.py ..... [100%]

----- coverage: platform linux2, python 2.7.15-candidate-1 -----
Name                               Stmts  Miss  Cover
-----
ws-work/models/__init__.py           0      0   100%
ws-work/models/worklist.py           47     14    70%
ws-work/wkapp.py                     196     89    55%
ws-work/wkapp_test.py                65      0   100%
-----
TOTAL                               308    103    67%

===== 12 passed in 0.51 seconds =====

```

Figura 25 - Cobertura Módulo Cola de Trabajo

- Porcentaje de uso de RAM: porcentaje de uso de memoria RAM por una función específica del sistema, se usó el comando top para capturar el total de RAM libre en el sistema, previa a cada petición se capturo el nivel de RAM (Ver Figura 26) y posteriormente se ejecuta el api por postman y se volvía a capturar los valores de la RAM (Ver Figuras del 27 al 32).

```
KiB Mem : 2039720 total, 111860 free, 1012868 used, 914992 buff/cache
KiB Swap: 0 total, 0 free, 0 used. 847548 avail Mem
```

Figura 26 - Total de RAM Inicial de la Prueba

```
KiB Mem : 2039720 total, 110828 free, 1012216 used, 916676 buff/cache
KiB Swap: 0 total, 0 free, 0 used. 848200 avail Mem
```

Figura 27 - Total de RAM para Actualizar Fecha de un Trabajo del Módulo Cola de Trabajo

```
KiB Mem : 2039720 total, 109464 free, 1013272 used, 916984 buff/cache
KiB Swap: 0 total, 0 free, 0 used. 847140 avail Mem
```

Figura 28 - Total de RAM para Insertar un Comentario del Módulo Comentario

```
KiB Mem : 2039720 total, 111464 free, 1012980 used, 915276 buff/cache
KiB Swap: 0 total, 0 free, 0 used. 847436 avail Mem
```

Figura 29 - Total de RAM para Subir una Imagen del Módulo Imagen

```
KiB Mem : 2039720 total, 110720 free, 1013092 used, 915908 buff/cache
KiB Swap: 0 total, 0 free, 0 used. 847324 avail Mem
```

Figura 30 - Total de RAM para Validar un Token del Módulo Acceso y Seguridad

```
KiB Mem : 2039720 total, 109712 free, 1013012 used, 916996 buff/cache
KiB Swap: 0 total, 0 free, 0 used. 847408 avail Mem
```

Figura 31 - Total de RAM para Borrar un Rol que no Existe del Módulo rol

```
KiB Mem : 2039720 total, 110852 free, 1012952 used, 915916 buff/cache
KiB Swap: 0 total, 0 free, 0 used. 847464 avail Mem
```

Figura 32 - Total de RAM para Actualizar un ROI que no Existe del Módulo ROI

- Porcentaje de uso de CPU: porcentaje de uso del CPU por una función específica del sistema, se usó el comando nmon para capturar el porcentaje del CPU en uso por un proceso, previa a cada petición se capturo el nivel del CPU (Ver Figura 33) y posteriormente se ejecuta el api por postman y se volvía a capturar los valores del CPU (Ver Figuras del 34 al 39).

```

nmon-16g-----Hostname=ip-172-26-7-1Refresh= 2secs ---02:03.33---
CPU Utilisation
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
CPU User% Sys% Wait% Idle|0          |25          |50          |75          |100|
 1  0.0  0.0  0.0 100.0|>
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

Figura 33 - Porcentaje CPU Inicial de la Prueba

```

nmon-16g-----Hostname=ip-172-26-7-1Refresh= 2secs ---02:38.28---
CPU Utilisation
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
CPU User% Sys% Wait% Idle|0          |25          |50          |75          |100|
 1  0.5  0.5  0.5 98.5|>
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

Figura 34 - Porcentaje de CPU para Actualizar la Fecha de un Trabajo del Módulo Cola de Trabajo

```

nmon-16g-----[H for help]---Hostname=ip-172-26-7-1Refresh= 2secs ---02:51.40---
CPU Utilisation
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
CPU User% Sys% Wait% Idle|0          |25          |50          |75          |100|
 1  1.0  0.0  0.0 99.0|>
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

Figura 35 - Porcentaje de CPU para Insertar un Comentario del Módulo Comentario

```

nmon-16g-----[H for help]---Hostname=ip-172-26-7-1Refresh= 2secs ---02:07.57---
CPU Utilisation
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
CPU User% Sys% Wait% Idle|0          |25          |50          |75          |100|
 1  1.0  0.0  1.0 98.0|>
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

Figura 36 – Porcentaje de CPU para Subir una Imagen del Módulo Imagen

```

nmon-16g-----[H for help]---Hostname=ip-172-26-7-1Refresh= 2secs ---02:31.40---
CPU Utilisation
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
CPU User% Sys% Wait% Idle|0          |25          |50          |75          |100|
 1  0.5  0.0  0.0 99.5|>
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

Figura 37 – Porcentaje de CPU para el Validar Token del Módulo Acceso y Seguridad

```

nmon-16g [H for help] Hostname=ip-172-26-7-1 Refresh= 2secs 02:07.09
CPU Utilisation
-----+-----+
CPU User% Sys% Wait% Idle|0          |25          |50          |75          |100|
 1  0.0  0.0  0.0 100.0|>
-----+-----+

```

Figura 38 – Porcentaje de CPU para Borrar un Rol que no Existe del Módulo Rol

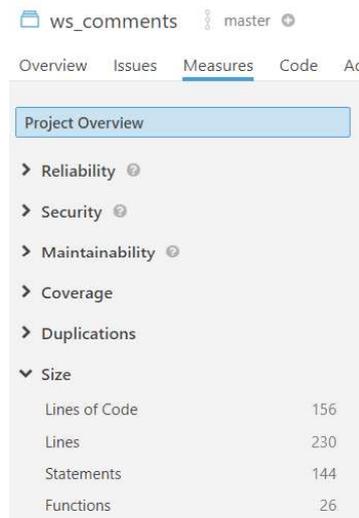
```

nmon-16g Hostname=ip-172-26-7-1 Refresh= 2secs 02:33.58
CPU Utilisation
-----+-----+
CPU User% Sys% Wait% Idle|0          |25          |50          |75          |100|
 1  0.0  0.0  0.0 100.0|>
-----+-----+

```

Figura 39 – Porcentaje de CPU para Actualizar un ROI que no Existe del Módulo ROI

- Líneas de código por función: Total de líneas por cada función de cada componente, se usó la herramienta SonarQube para obtener el total de líneas de código y el total de funciones (Ver Figuras del 40 al 45).



Measure	Value
Lines of Code	156
Lines	230
Statements	144
Functions	26

Figura 40 - Total de Líneas y Funciones del Módulo Comentarios

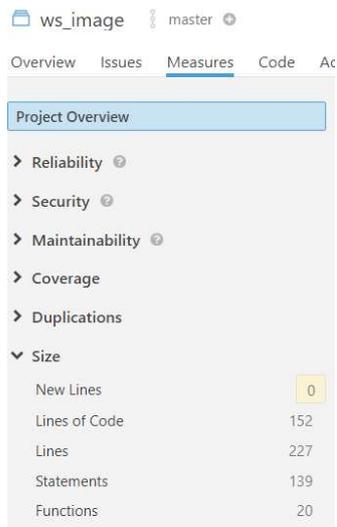


Figura 41 - Total de Líneas y Funciones del Módulo Imagen

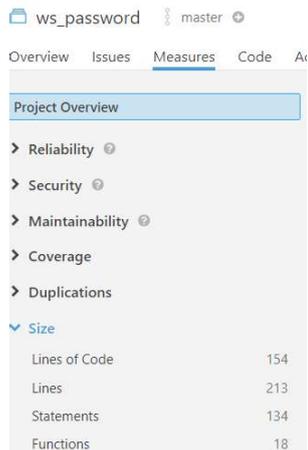


Figura 42 - Total de Líneas y Funciones del Módulo Acceso y Seguridad

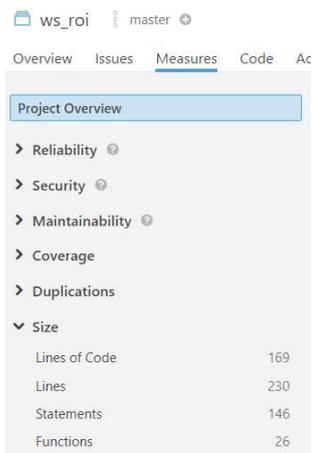


Figura 43 - Total de líneas y funciones del módulo ROI

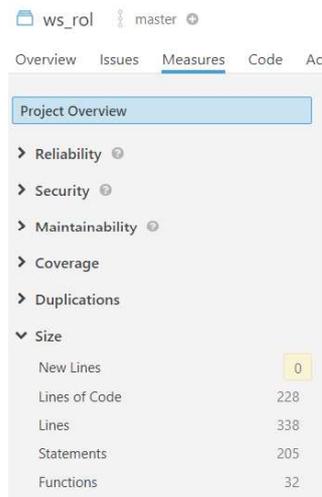


Figura 44 - Total de Líneas y Funciones del Módulo Rol

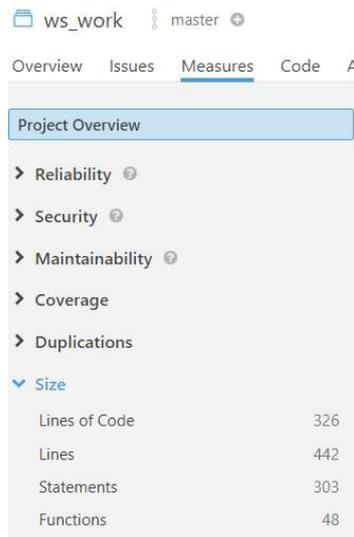


Figura 45 - Total de Líneas y Funciones del Módulo Cola de Trabajo

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la evaluación del módulo del software con los perfiles asignados para la evaluación, por instrumento diseñado.

3.1. Resultados del Primer Cuestionario

Una vez tabuladas las respuestas de los usuarios, los resultados obtenidos se presentan por cada una de las preguntas, tal como se muestra en las figuras y tablas que se presentan en las siguientes secciones.

3.1.1. Resultados Cuestionario Heurístico

Los resultados obtenidos en el cuestionario heurístico se agruparon como se presenta en la Tabla 17.

Tabla 17 - Agrupación Resultados Primer Cuestionario Heurístico

Respuesta	Grupo
No es un problema	No aplica cambio de usabilidad
Problema que no necesita dedicarle tiempo	No aplica cambio de usabilidad
Problema mínimo de usabilidad. La solución es de baja prioridad	No aplica cambio de usabilidad
Problema grave de usabilidad. La solución es de alta prioridad	Necesita cambio de usabilidad
Problema crítico de usabilidad. La solución debe ser inmediata	Necesita cambio de usabilidad
No se aplica	Necesita cambio de usabilidad

En la Figura 46 se presentan los resultados obtenidos del primer cuestionario heurístico, en el cual podemos detallar a continuación:

- Sección 1 Claridad de los objetivos: la finalidad de esta sección es comunicar al usuario de manera inmediata a través de la interfaz gráfica de usuario el objetivo por el cual fue construido el sistema. El 55.17% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 44.83% que no lograron entender el objetivo del sistema.
- Sección 2 Visibilidad del estado del sistema: la finalidad de esta sección es mantener al usuario informado de las operaciones realizadas en el sistema. El 75% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 25% que considera que si debe aplicarse un cambio.
- Sección 3 Adecuación al mundo y a los objetos mentales del usuario / lógica de la información: la finalidad de esta sección es conocer si el software es una abstracción del mundo real y la información mostrada es entendible por el usuario. El 71.91% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 28.09% que considera que si debe aplicarse un cambio.

- Sección 4 Control y libertad para el usuario: la finalidad de esta sección es comprender si el software tiene un flujo intuitivo a la hora de realizar las operaciones. El 61.25% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 38.75% que considera que si debe aplicarse un cambio.
- Sección 5 Consistencia y estándares: la finalidad de esta sección es conocer si el usuario percibe que usaron normas y convenciones para el diseño de la interfaz gráfica. El 80% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 20% que considera que si debe aplicarse un cambio.
- Sección 6 Prevenir errores: el fin de esta sección es conocer la percepción del usuario si el sistema evita los errores. El 40% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 60% que considera que si debe aplicarse un cambio.
- Sección 7 Reconocimiento más que memoria: el objetivo de esta sección es conocer si la interfaz gráfica al momento de interactuar con el sistema es fácil, productiva y los componentes son entendibles con solo visualizarlos. El 76.67% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 23.33% que considera que si debe aplicarse un cambio.
- Sección 8 Flexibilidad y eficiencia de uso: la finalidad de esta sección es medir si la interfaz gráfica de usuario puede adaptarse visualmente a cualquier navegador independientemente de cual sistema operativo o tipo de navegador usado por el usuario. El 18.42% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 81.58% que considera que si debe aplicarse un cambio.
- Sección 9 Diálogos estéticos y diseño minimalista: la finalidad de esta sección es conocer si el sistema solo incluye la información necesaria para lo cual fue construido. El 72.55% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 27.45% que considera que si debe aplicarse un cambio.
- Sección 10 Ayuda y documentación: el objetivo de esta sección es conocer si el usuario puede utilizarse sin documentación adicionalmente si se logra entender la ubicación de la documentación en caso de necesitarla. El 55.10% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 44.90% que considera que si debe aplicarse un cambio.

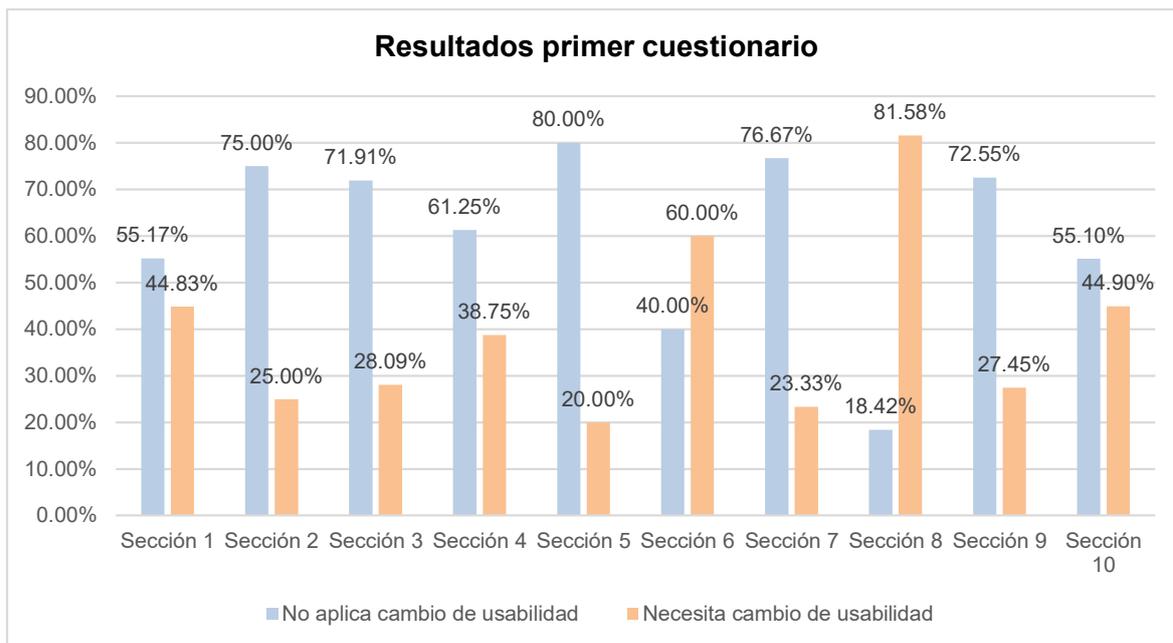


Figura 46 - Resultados Primer Cuestionario Heurístico

3.1.2. Resultados Primera Evaluación ISO 25000 calidad en uso

Los resultados para el cuestionario ISO 25000 se agruparon como se presenta en la Tabla 18.

Tabla 18 - Agrupación de Resultados ISO 25000 Calidad en Uso

Respuesta en valor escala <i>likert</i>	Grupo
Muy de acuerdo	De acuerdo
Algo de acuerdo	De acuerdo
Ni de acuerdo/ Ni desacuerdo	De acuerdo
Algo en desacuerdo	Desacuerdo
Muy de acuerdo	Desacuerdo

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 19 se puede notar que el producto evaluado tiene un nivel satisfactorio, dando así un producto de software que da aporte a los usuarios, pero puede mejorarse notablemente. Para mayor detalle del resultado Ver Anexo V.

Tabla 19 - Resultado Primera Evaluación de la Calidad de Uso

Calidad	Calidad del Sistema	Nivel de Puntuación	Grado de Satisfacción
Uso	7.23	RANGO OBJETIVO	SATISFACTORIO

3.1.3. Resultados Primera Evaluación ISO 25000 Calidad Interna

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 20 se puede notar que el producto evaluado tiene un nivel satisfactorio, dando así un producto de software que da aporte a los usuarios. Para mayor detalle del resultado Ver Anexo VI.

Tabla 20 - Resultado Primera Evaluación de la Calidad Interna

Calidad	Calidad del Sistema	Nivel de Puntuación	Grado de Satisfacción
Interna	6.11	RANGO OBJETIVO	SATISFACTORIO

3.2. Generación del Informe de la Primera Evaluación

Luego de la revisión de los resultados se generó un informe de la calidad en uso y calidad interna del sistema, donde se coloca algunas observaciones para modificar en el sistema para la segunda evaluación

3.2.1 Observaciones generales:

- 3.2.1.1 El sistema no demuestra la calidad de lo cual es su objetivo, como se muestra en la Figura 46 – Sección 1.
- 3.2.1.2 El usuario no tiene el suficiente grado de control y libertad sobre el sistema como se muestra en la Figura 46 – Sección 4.
- 3.2.1.3 El sistema tiene problema con la prevención de errores por falta de validación de los datos introducidos por el usuario como se muestra en la Figura 46 – Sección 6.

3.2.1.4 El sistema tiene problema para la adaptar la interfaz gráfica a los diferentes tipos de navegadores y dispositivos como se muestra en la Figura 46 – Sección 8.

3.2.1.5 En general el sistema tiene una calidad en uso promedio como se muestra en la sección 3.1.2 la cual puede mejorarse.

3.2.1.6 La calidad interna en el sistema está sobre la media, no se coloca observaciones.

3.2.2 Mejoras:

3.2.2.1 Mejorar la ayuda de los componentes de la caja de herramientas del visor de imágenes

3.2.2.2 Mejorar la validación de los datos de entrada de los formularios

3.2.2.3 Mejorar los mensajes presentados al usuario cuando una operación tiene éxito.

3.2.2.4 Colocar una introducción informativa en el *Login* de usuario que describa el sistema

3.2.2.5 Cambiar los títulos de cada página por el nombre de cada sección

3.2.2.6 Mejorar la iconografía del sistema

3.2.2.7 Colocar una sección de preguntas frecuentes en la sección de ayuda.

3.2.2.8 Colocar iconos para aumentar y disminuir la tipografía

3.2.2.9 Ejecutar un tutorial cada vez que se entrada en una sección por primera vez.

3.2.2.10 Colocar atajos de teclado para el visor.

3.3 Resultados del Segundo Cuestionario

3.3.1 Resultados Cuestionario Heurístico

Los resultados para el cuestionario heurístico se agruparon como se presenta en la Tabla 21.

Tabla 21 - Agrupación Resultados Segundo Cuestionario Heurístico

Respuesta	Grupo
No es un problema	No aplica cambio de usabilidad
Problema que no necesita dedicarle tiempo	No aplica cambio de usabilidad
Problema mínimo de usabilidad. La solución es de baja prioridad	No aplica cambio de usabilidad

Problema grave de usabilidad. La solución es de alta prioridad	Necesita cambio de usabilidad
Problema crítico de usabilidad. La solución debe ser inmediata	Necesita cambio de usabilidad
No se aplica	Necesita cambio de usabilidad

En la Figura 47 se presentan los resultados obtenidos de la comparación del primer y segundo cuestionario heurístico, en el cual podemos detallar a continuación:

- Sección 1 Claridad de los objetivos: la finalidad de esta sección es comunicar al usuario de manera inmediata a través de la interfaz gráfica de usuario el objetivo por el cual fue construido el sistema. El 75% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 55.17% del primer cuestionario heurístico, logrando un incremento del 19.83% en la usabilidad.
- Sección 2 Visibilidad del estado del sistema: la finalidad de esta sección es mantener al usuario informado de las operaciones realizadas en el sistema. El 93.75% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 75% del primer cuestionario heurístico, logrando un incremento del 18.75% en la usabilidad.
- Sección 3 Adecuación al mundo y a los objetos mentales del usuario / lógica de la información: la finalidad de esta sección es conocer si el software es una abstracción del mundo real y la información mostrada es entendible por el usuario. El 91.18% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 71.91% del primer cuestionario heurístico, logrando un incremento del 19.27% en la usabilidad.
- Sección 4 Control y libertad para el usuario: la finalidad de esta sección es comprender si el software tiene un flujo intuitivo a la hora de realizar las operaciones. El 90.63% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 61.25% del primer cuestionario heurístico, logrando un incremento del 29.38% en la usabilidad.
- Sección 5 Consistencia y estándares: la finalidad de esta sección es conocer si el usuario percibe que usaron normas y convenciones para el diseño de la interfaz gráfica. El 89.29% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 80% del primer cuestionario heurístico, logrando un incremento del 9.29% en la usabilidad.

- Sección 6 Prevenir errores: el fin de esta sección es conocer la percepción del usuario si el sistema evita los errores. El 75% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 40% del primer cuestionario heurístico, logrando un incremento del 35% en la usabilidad.
- Sección 7 Reconocimiento más que memoria: el objetivo de esta sección es conocer si la interfaz gráfica al momento de interactuar con el sistema es fácil, productiva y los componentes son entendibles con solo visualizarlos. El 100% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad manteniendo los resultados obtenidos en el primer cuestionario heurístico.
- Sección 8 Flexibilidad y eficiencia de uso: la finalidad de esta sección es medir si la interfaz gráfica de usuario puede adaptarse visualmente a cualquier navegador independientemente de cual sistema operativo o tipo de navegador usado por el usuario. El 61.54% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 18.42% del primer cuestionario heurístico, logrando un incremento del 43.12% en la usabilidad.
- Sección 9 Diálogos estéticos y diseño minimalista: la finalidad de esta sección es conocer si el sistema solo incluye la información necesaria para lo cual fue construido. El 72.73% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 72.55% que considera que, si debe aplicarse un cambio, logrando un incremento del 0.18% un incremento muy leve frente a los resultados del primer cuestionario heurístico.
- Sección 10 Ayuda y documentación: el objetivo de esta sección es conocer si el usuario puede utilizarse sin documentación adicionalmente si se logra entender la ubicación de la documentación en caso de necesitarla. El 59.09% de los usuarios consideran que no deben aplicarse cambios de usabilidad frente a un 55.10% del primer cuestionario heurístico, logrando un incremento del 3.99% un incremento muy leve frente a los resultados del primer cuestionario heurístico.

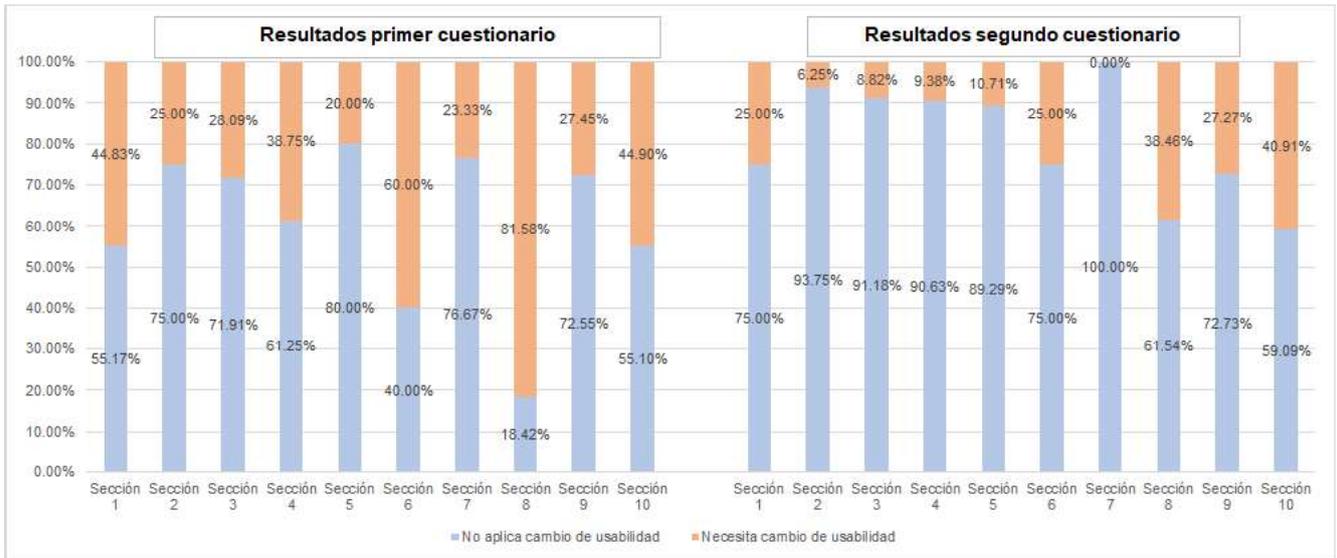


Figura 47 - Resultados Primer y Segundo Cuestionario Heurístico

3.3.2 Resultados Segunda Evaluación ISO 25000 Calidad en Uso

Los resultados para el cuestionario ISO 25000 se agruparon como se presenta en la Tabla 22.

Tabla 22 - Agrupación de Resultados Segunda Evaluación ISO 25000 Calidad en Uso

Respuesta en Valor Escala Likert	Grupo
Muy de acuerdo	De acuerdo
Algo de acuerdo	De acuerdo
Ni de acuerdo/ Ni desacuerdo	De acuerdo
Algo en desacuerdo	Desacuerdo
Muy de acuerdo	Desacuerdo

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 23 se puede notar que el producto evaluado tiene un nivel muy satisfactorio, dando así un producto de software que da aporte a los usuarios. Para mayor detalle del resultado Ver Anexo VII.

Tabla 23 - Resultado Segunda Evaluación Calidad en Uso

Calidad	Calidad del Sistema	Nivel de Puntuación	Grado de Satisfacción
Uso	9.86	EXCEDE LOS REQUISITOS	MUY SATISFACTORIO

3.3.3 Resultados Segunda Evaluación ISO 25000 calidad interna

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 24 se puede notar que el producto evaluado tiene un nivel satisfactorio, dando así un producto de software que da aporte a los usuarios. Para mayor detalle del resultado Ver Anexo VIII.

Tabla 24 - Resultado Segunda Evaluación de la Calidad Interna

Calidad	Calidad del Sistema	Nivel de Puntuación	Grado de Satisfacción
Interna	7.70	RANGO OBJETIVO	SATISFACTORIO

3.4 Generación del Informe de la Segunda Evaluación

Luego de la revisión de los resultados del segundo cuestionario se generó un informe de la calidad en uso y calidad interna del sistema, donde se coloca algunas observaciones para modificar en el sistema a futuro.

3.4.1 Mejoras:

- 3.4.1.1 Mejorar las frases de la sección de ayuda e incluir más preguntas frecuentes.
- 3.4.1.2 Los aceleradores de teclado deberían mostrarse con el icono y cuando se coloque el mouse sobre el icono, adicionalmente se debe colocar en la sección de ayuda un teclado donde muestre todos los aceleradores de teclado.
- 3.4.1.3 Se debe mejorar el responsive (diseño líquido) en el sistema para navegadores con resoluciones iguales o inferiores 1200px

3.4.1.4 Se debe mejorar cómo mostrar la información, se debe mostrar de forma clara y precisa.

3.4.1.5 El icono de ayuda se debe cambiar a la esquina superior derecha para mejorar la visualización

3.5 Resultado Evaluación de la Segunda Fase de Calidad Interna

Los resultados para las pruebas para medir la total cobertura del código se agruparon como se presenta en la Tabla 25.

Tabla 25 - Resultados Prueba de Cobertura de Código

Modulo	Total de líneas cubiertas	Total de líneas faltantes	% cobertura
Modulo comentario	148	13	91
Modulo imagen	144	76	41
Modulo acceso y seguridad	139	21	85
Módulo ROI	179	32	82
Modulo rol	211	40	81
Modulo cola de trabajo	308	103	67
Total	1129	285	74.5

Los resultados para las pruebas para medir el total de líneas por función del código se agruparon como se presenta en la

Tabla 26.

Tabla 26 - Resultados Total de Líneas por Función

Modulo	Total de funciones	Total de líneas	Líneas por función
Modulo rol	32	228	7.125
Modulo imagen	20	152	7.6
Modulo acceso y seguridad	18	154	8.555555556
Módulo ROI	26	169	6.5
Modulo cola de trabajo	48	326	6.791666667
Modulo comentario	26	156	6
Total	28.33333333	197.5	7.09537037

Los resultados para las pruebas el nivel de complejidad Ciclomática se agruparon como se presenta en la Tabla 27.

Tabla 27 - Resultados Prueba de Complejidad Ciclomática

API	Total de funciones	Numero de instrucciones	Condicionales por función
Modulo rol	32	57	1.78125
Modulo imagen	20	34	1.7
Modulo acceso y seguridad	18	28	1.555555556
Módulo ROI	26	44	1.692307692
Modulo cola de trabajo	48	89	1.854166667
Modulo comentario	26	35	1.346153846
Total	28.33333333	47.83333333	1.654905627

Los resultados para las pruebas del nivel de uso del CPU por una determinada función se agruparon como se presenta en la Tabla 28.

Tabla 28 - Resultados Prueba Porcentaje de Uso del CPU

Modulo	Función dentro del modulo	% de CPU
Modulo rol	Borrar un rol que no existe	0.00
Modulo imagen	Cargar una imagen DICOM	2.00
Modulo acceso y seguridad	Check si el token es valido	0.50
Módulo ROI	Actualizar un rol que no existe	0.00
Modulo Cola de Trabajo	Actualizar la fecha de una cola de trabajo	1.50
Modulo comentario	Insertar un comentario	1.00
	Total	0.83

Los resultados para las pruebas del nivel del uso de la memoria RAM por una determinada función se agruparon como se presenta en la Tabla 29.

Tabla 29 - Resultados Prueba del Nivel de Uso de la Memoria RAM

API	Función	% de RAM	RAM Libre Inicial (KB)	RAM Libre (KB)	RAM Consumida (KB)	RAM Sistema (KB)
Modulo comentario	Borrar un rol que no existe	0.01373	109992	109712	280	2039720

Modulo imagen	Cargar una imagen Dicom	0.01941	111860	111464	396	2039720
Modulo acceso y seguridad	Check si el token es valido	0.05589	111860	110720	1140	2039720
Módulo ROI	Actualizar un rol que no existe	0.04942	111860	110852	1008	2039720
Modulo rol	Actualizar la fecha de una cola de trabajo	0.05060	111860	110828	1032	2039720
Modulo Cola de Trabajo	Insertar un comentario	0.01824	109836	109464	372	2039720
	Total	0.03455				

3.6 Resultado Final de la Calidad Interna

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 30 se puede notar que el producto evaluado tiene un nivel satisfactorio, dando así un producto de software que da aporte a los usuarios. Para mayor detalle del resultado ver Anexo IX.

Tabla 30 - Resultado Final Calidad Interna

Calidad	Calidad del Sistema	Nivel de Puntuación	Grado de Satisfacción
Interna	8.45	RANGO OBJETIVO	SATISFACTORIO

4. CONCLUSIONES

A continuación, se presenta las conclusiones obtenidas a lo largo del desarrollo este proyecto, donde dichas conclusiones están articuladas con cada uno de los objetivos propuestos en este trabajo de Maestría. En primer lugar, se destaca que debido a la novedad de la temática que se debió abordar para el desarrollo del proyecto, resultado:

- Imprescindible, antes que nada, hacer revisión de la literatura, amplia, para poder comprender el contexto de esta investigación, el lenguaje los usuarios y demás miembros del equipo de investigación. Además, fue necesario para poder emitir, con propiedad recomendaciones de forma más precisa al equipo mastológico con el que se trabaja en este sistema CAD.
- La decisión de utilizar *BrainWriting* para el levantamiento de requisitos con los *stakeholders*, permitió concretar un mejor nivel de aceptación de los requisitos del sistema.
- Modelar el sistema con UML ayudó a la planificación y control del proyecto debido a que brindó una guía a la elaboración y descripción de las acciones, así como de artefactos del sistema, apoyando al equipo de desarrollo en la construcción del mismo, ya que se logró plasmar las necesidades del usuario y ayudó a entender como el sistema debía comportarse.
- La división del sistema en microservicios tuvo como ventaja que el equipo de desarrollo se pudiera dividir con mayor facilidad y logrando así, mejorar la rapidez del sistema al poder colocar los microservicios que consumen más recursos en procesos independientes.
- Realizar *Wireframe* y prototipo de UX mejoró la validación de los requisitos con los *stakeholders* debido a que son herramientas visuales.
- En la fase de evaluación, se seleccionaron las métricas más relevantes para el proyecto tomadas del estándar ISO/IEC 25000.
- El resultado de la primera evaluación del producto de software realizado en la fase de desarrollo para la calidad en uso fue de 7.23 y para la calidad interna fue de 6.11 logrando unos valores satisfactorios, pero con un nivel bajo de calidad.
- El resultado final de la evaluación de la calidad en uso luego de aplicar una reevaluación y mejorando el producto fue de 9.86 y de la calidad interna fue de 8.45. Para ambos casos, estos valores indican que el producto tiene un nivel de calidad satisfactorios.
- La reevaluación del producto del software mejoró el nivel de calidad del producto, pero solo se realizó las observaciones (Ver Sección 3.2 y Sección 3.4) viables

para pocos días de desarrollo, por lo que se recomienda un periodo más largo de tiempo.

- Dividir la evaluación de calidad interna en 2 fases: cuestionario y evaluación técnica fue muy útil debido a que se pudo diagnosticar los errores de forma más rápida por cada fase.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] i Saltiveri, Toni Granollers and Vidal, Jesus Lorés and Delgado, and José Juan Cañas, *Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario*. Editorial UOC, 2011.
- [2] H. Sharp, A. Finkelsteiin, and G. Galal, "Stakeholder Identification in the Requirements Engineering Process," in *Proceedings of the 10th International Workshop on Database & Expert Systems Applications*, 1999, p. 387.
- [3] Norman Don, *The DESIGN of EVERYDAY THINGS*. 2013.
- [4] Roger S. Pressman, *Ingeniería del software UN ENFOQUE PRÁCTICO*, Séptima edición. 2010.
- [5] "OMS | Cáncer de mama: prevención y control," *WHO*, 2014. [Online]. Available: <http://www.who.int/topics/cancer/breastcancer/es/index1.html>. [Accessed: 06-May-2018].
- [6] A. B. O. *et al.*, "Guideline implementation for breast healthcare in low-income and middle-income countries ," *Cancer*, vol. 113, no. 8, pp. 2221–2243.
- [7] B. O. Anderson *et al.*, "Breast Cancer in Limited-Resource Countries: An Overview of the Breast Health Global Initiative 2005 Guidelines," *Breast J.*, vol. 12, no. s1, pp. S3–S15, Jan. 2006.
- [8] "Ecuador."
- [9] "Globocan_04.jpg (5906×8407)." [Online]. Available: https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/09/Globocan_04.jpg. [Accessed: 15-Mar-2019].
- [10] G. Febles, "Screening mamográfico del cáncer de mama, beneficios y controversias," *Rev. Médicas UIS*, vol. 27, no. 1, 2014.
- [11] J. C. Dean and C. C. Ilvento, "Improved Cancer Detection Using Computer-Aided Detection with Diagnostic and Screening Mammography: Prospective Study of 104 Cancers," *Am. J. Roentgenol.*, vol. 187, no. 1, pp. 20–28, Jul. 2006.
- [12] J. M. Ko, M. J. Nicholas, J. B. Mendel, and P. J. Slanetz, "Prospective Assessment of Computer-Aided Detection in Interpretation of Screening Mammography," *Am. J. Roentgenol.*, vol. 187, no. 6, pp. 1483–1491, Dec. 2006.
- [13] C. Qin, D. Yao, Y. Shi, and Z. Song, "Computer-aided detection in chest radiography based on artificial intelligence: a survey," *Biomed. Eng. Online*, vol. 17, no. 1, p. 113, Dec. 2018.
- [14] W. L. Bi *et al.*, "Artificial intelligence in cancer imaging: Clinical challenges and applications," *CA. Cancer J. Clin.*, vol. 69, no. 2, Feb. 2019.
- [15] S. M. Astley, "Computer-based detection and prompting of mammographic abnormalities," *Br. J. Radiol.*, vol. 77, no. suppl_2, pp. S194–S200, Dec. 2004.
- [16] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, "ImageNet classification with deep convolutional neural networks," *Commun. ACM*, vol. 60, no. 6, pp. 84–90, May 2017.
- [17] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Delving Deep into Rectifiers: Surpassing Human-Level Performance on ImageNet Classification," in *2015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2015, pp. 1026–1034.
- [18] T. Kooi *et al.*, "Large scale deep learning for computer aided detection of mammographic lesions," *Med. Image Anal.*, vol. 35, pp. 303–312, Jan. 2017.
- [19] A. S. Becker, M. Marcon, S. Ghafoor, M. C. Wurnig, T. Frauenfelder, and A. Boss, "Deep Learning in Mammography," *Invest. Radiol.*, vol. 52, no. 7, pp. 434–440, Jul. 2017.
- [20] H. Nakai, N. Tsuda, K. Honda, H. Washizaki, and Y. Fukazawa, "A SQuaRE-based software quality evaluation framework and its case study," in *2016 IEEE Region 10 Conference (TENCON)*, 2016, pp. 3704–3707.
- [21] A. Ginige, "Web Engineering: Managing the Complexity of Web Systems Development," in *Proceedings of the 14th International Conference on Software*

- Engineering and Knowledge Engineering*, 2002, pp. 721–729.
- [22] H. Alizadeh, B. S. Bigham, and H. Afsari, “Ten steps for software quality rating considering ISO/IEC,” *J. Inf. Syst. Telecommun.*, vol. 1, no. 3, pp. 191–195, 2013.
- [23] M. Rodríguez, O. Pedreira, and C. Manuel Fernández, “Certificación de la Mantenibilidad del Producto Software: Un Caso Práctico,” *Rev. Latinoam. Ing. Softw.*, vol. 3, p. 127, May 2015.
- [24] “ISO - International Organization for Standardization.” [Online]. Available: <https://www.iso.org/home.html>. [Accessed: 17-Jun-2018].
- [25] I. O. for Standardization (ISO), “ISO/IEC 25000:2005, Software Engineering - Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE).” 2005.
- [26] I. O. F. Standardization, *ISO 9241-11:2018, Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts*. ISO, 2018.
- [27] A. Hussain and E. Mkpojiogu, “An application of the ISO/IEC 25010 standard in the quality-in-use assessment of an online health awareness system,” *J. Teknol.*, vol. 77, Jun. 2015.
- [28] N. Ngadiman, S. Sulaiman, and W. M. N. Wan Kadir, “A systematic literature review on attractiveness and learnability factors in Web applications,” in *2015 IEEE Conference on Open Systems (ICOS)*, 2015, pp. 22–27.
- [29] A. Sivaji *et al.*, “Measuring public value UX-based on ISO/IEC 25010 quality attributes: Case study on e-Government website,” in *2014 3rd International Conference on User Science and Engineering (i-USER)*, 2014, pp. 56–61.
- [30] M. G. Pérez, A. Conci, A. Aguilar, Á. Sánchez, and V. H. Andaluz, “Detección temprana del cáncer de mama mediante la termografía en Ecuador,” 2014.
- [31] ISO/IEC, *ISO/IEC 19505-2 Information technology – Object Management Group Unified Modeling Language (OMG UML)*. ISO/IEC, 2017.
- [32] Nielsen Jakob, “Alertbox: current issues in Web usability.” 2005. [Online]. Available: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>. [Accessed: 31-May-2018].
- [33] L. Morra, N. Coccia, and T. Cerquitelli, “Optimization of computer aided detection systems: An evolutionary approach,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 100, pp. 145–156, Jun. 2018.
- [34] A. Jalalian, S. Mashohor, R. Mahmud, B. Karasfi, M. I. B. Saripan, and A. R. B. Ramli, “Foundation and methodologies in computer-aided diagnosis systems for breast cancer detection.” *EXCLI J.*, vol. 16, pp. 113–137, 2017.
- [35] C. J. S. Roberth G. Figueroa and Armando A. Cabrera, “METODOLOGÍAS TRADICIONALES VS. METODOLOGÍAS ÁGILES.”
- [36] “The Agile Unified Process (AUP) Home Page.” [Online]. Available: <http://www.ambysoft.com/unifiedprocess/agileUP.html>. [Accessed: 17-Jun-2018].
- [37] H. Alizadeh, B. S. Bigham, and H. Afsari, “Ten Steps for Software Quality Rating Considering ISO/IEC,” *J. Inf. Syst. Telecommun.*, vol. 1, no. 3.
- [38] G. Horst, “Creativity Techniques in Germany,” *Creat. Innov. Manag.*, vol. 5, no. 2, pp. 87–92.
- [39] I. Project Management Institute, Ed., *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. 2013.
- [40] D. López and E. Maya, “Arquitectura de Software basada en Microservicios para Desarrollo de Aplicaciones Web.”
- [41] “NGINX vs. Apache: nuestra visión de una pregunta de una década.” [Online]. Available: <https://www.nginx.com/blog/nginx-vs-apache-our-view/>. [Accessed: 25-Jan-2019].
- [42] J. Spurlock, *Bootstrap: responsive web development*. “O’Reilly Media, Inc.,” 2013.
- [43] “Official Guidelines for User Interface Developers and Designers.”
- [44] A. Bagnato, A. Sadovykh, E. Brosse, and T. E. J. Vos, “The OMG UML Testing Profile in Use--An Industrial Case Study for the Future Internet Testing,” in *2013*

- 17th European Conference on Software Maintenance and Reengineering*, 2013, pp. 457–460.
- [45] Omg, “An OMG ® Unified Modeling Language ® Publication OMG ® Unified Modeling Language ® (OMG UML ®),” 2017.
 - [46] H. F. K. S. S. ABRAHAM SILBERSCHATZ, *FUNDAMENTOS DE BASES DE DATOS QUINTA EDICIÓN*, Fifth. MCGRAW-HILL, 2006.
 - [47] A. M. Angel Puerta, Michael Micheletti, “The UI Pilot: A Model-Based Tool to Guide Early Interface Design.”
 - [48] M. Á. J. A. Davis Rosado Andrea Priscila, “LA IDENTIDAD VISUAL CORPORATIVA Y SU APLICACIÓN MEDIANTE PROTOTIPOS WEB Y DISEÑO UX, DIRIGIDO A LA COMUNIDAD ACADÉMICA DE DISEÑO GRÁFICO – UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL,” UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, 2018.

ANEXOS

Anexo I - Plantilla Acta de Reuniones

ACTA DE REUNION No. XX
Tema: Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit
Fecha de la reunión: dd/mm/yyyy
Lugar de la reunión: Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit
Asistentes: <ol style="list-style-type: none">1. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit2. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit3. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit
Objetivos de la reunión: <ol style="list-style-type: none">1. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit2. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit3. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit

Anexo II - Plantilla Casos de Usos

Caso de Uso

Versión: X

Fecha: dd/mm /yyyy

Id: CasoX	Requisito Funcional: ReqX	
Nombre del caso de uso	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit	
Actores	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit	
Visión general del caso de uso	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit	
Precondición	Paso	Acción
	1	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit
	2	
	3	
	4	
Resultado de la terminación	#	Acción
	1	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit
	2	
	3	
	4	
Asociaciones de casos de uso	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit	
Rastreabilidad	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit	
Resumen de entradas	<ul style="list-style-type: none"> • Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit • Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit • Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit 	
Resumen de salidas	<ul style="list-style-type: none"> • Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit • Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit • Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit 	
Notas del caso de uso		

Anexo III - Cuestionario Levantamiento de Requisitos

Preguntas Generales

1. ¿Dónde se usará el sistema y bajo qué circunstancias?
2. ¿Qué nivel de preparación tiene el personal que usara el sistema?
3. ¿Qué equipo computacional usara el sistema?
4. ¿Con que frecuencia se usara el sistema?
5. ¿Qué experiencia han tenido con sistemas similares?
6. ¿Qué problema solucionara el sistema?

Roles Generales

1. ¿Quiénes son los roles generales del sistema?
2. ¿Puede describir cada rol uno por uno y dar una breve descripción?

Requisitos Generales

1. ¿Dotación de Infraestructuras?
2. ¿Cuáles son las funciones esperadas del sistema?
3. ¿Cuáles son las funciones con mayor prioridad del sistema?

Anexo IV - Matriz de Trazabilidad

Stakeholder	Id Macro	Macro	Requisito Stakeholder (micro)	Priorización (MoSCoW)	Versión del Sistema	Requisito del sistema (RDS)	Tipo de requerimiento	WBS	Observación
Nombre del stakeholder	Id numérico del modulo	Descripción del modulo	Requisito otorgado por el Stakeholders	M (Obligatorio que tenga) S (Debería tener) C (Podría tener) W (No tendrá)	Numero con la versión donde se publicará el requisito	Transformación de los requisitos del Stakeholders en requisitos del sistema	Clasificación del requisito	Id Modulo WBS	Observación general para aportar más información del requisito del Stakeholders

Anexo V – Resultado de la Primera Evaluación de la Calidad en Uso

MATRIZ DE CALIDAD PARA EVALUAR LA CALIDAD EN USO DE PRODUCTOS SOFTWARE EN EMPRESAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE APLICANDO LA NORMA ISO/IEC 25000

CARACTERISTICA	SUBCARACTERISTICA	METRICA	FORMULA	VALOR DESEADO (UMBRAL, etc)	VALOR OBTENIDO (X)	PONDERACIÓN (I10)	VALOR PARCIAL TOTAL (I10)	NIVEL DE IMPORTANCIA	PORCENTAJE DE IMPORTANCIA	VALOR FINAL	CALIDAD DEL SISTEMA (I10)
Efectividad	Efectividad	Compleitud de la tarea	$X = A/B$ A= Número de tareas completadas B= Número total de tareas intentadas Dónde: B > 0	1	A = 33 B = 40 X = 0.83	8.25	7.42	A	30%	2.23	7.23
		Efectividad de la tarea	$X = A/B$ A= Cantidad de objetivos completados por la tarea B= Cantidad de objetivos planteados por la tarea	1	A = 7 B = 10 X = 0.70	7.00					
		Frecuencia de error	$X = A/B$ A= Número de errores cometidos por los usuarios B= Número de tareas Dónde: B > 0	0	A = 3 B = 10 X = 0.30	7.00					
Eficiencia	Eficiencia	Eficiencia relativa de la tarea	$X = A/B$ A= Número de tareas eficientes realizadas por un usuario ordinario B= Número de tareas eficientes planeadas Dónde: B > 0	1	A = 7 B = 10 X = 0.70	7.00	7.00	M	40%	2.80	
		Productividad económica	$X = A/B$ A= Número de tareas efectivas B= Número total de las tareas Dónde: B > 0	1	A = 7 B = 10 X = 0.70	7.00					
		Numero relativo de acciones del usuario	$X = A/B$ A= Número de acciones realizadas por los usuarios B= Número de acciones necesarias actualmente Dónde: B > 0	1	A = 7 B = 10 X = 0.70	7.00					
Satisfacción	Utilidad	Nivel de satisfacción	$X = A/B$ A= Numero de preguntas con respuesta satisfactorias B= Número total de preguntas realizadas en el cuestionario Dónde: B > 0	1	A = 120 B = 160 X = 0.75	7.50	7.33	A	30%	2.20	
		Uso discrecional de las funciones del sistema	$X = A/B$ A= Número de veces que se utilizan las funciones/sistemas del software B= Número de veces que están destinados a ser usados Dónde: B > 0	1	A = 120 B = 160 X = 0.75	7.50					
		Porcentaje de quejas de los clientes	$X = A/B$ A= Número de clientes que se quejan B= Número total de clientes Dónde: B > 0	0	A = 3 B = 10 X = 0.30	7.00					

Anexo VI - Resultado de la Primera Evaluación de la Calidad Interna

MATRIZ DE CALIDAD PARA EVALUAR LA CALIDAD INTERNA DE PRODUCTOS SOFTWARE EN EMPRESAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE APLICANDO LA NORMA ISO/IEC 25000

CARACTERISTICA	SUBCARACTERISTICA	METRICA	FORMULA	VALOR DESEADO (UMBRAL, etc)	VALOR OBTENIDO (X)	PONDERACION (#10)	VALOR PARCIAL TOTAL (#10)	NIVEL DE IMPORTANCIA	PORCENTAJE DE IMPORTANCIA	VALOR FINAL	CALIDAD DEL SISTEMA (#10)
Adecuación funcional	Compleitud funcional	Compleitud de la implementación funcional	$X = A/B$ A = Número de funciones que están incorrectas o que no fueron implementadas B = Número de las funciones establecidas en la especificación de requisitos Dónde: $B > 0$	0	A = 1 B = 10 X = 0.10	9.00	9.00	A	10%	0.90	6.11
		Capacidad de reconocer su adecuación	Capacidad de demostración	$X = A/B$ A = Número de funciones implementadas con capacidad de demostración B = Número total de funciones que requieren capacidad de demostración Dónde: $B > 0$	1	A = 13 B = 13 X = 1.00					
	Capacidad de ser entendido	Funciones evidentes	$X = A/B$ A = Número de funciones (o tipo de funciones) evidentes al usuario B = Número total de funciones (o tipo de funciones) Dónde: $B > 0$	1	A = 23 B = 30 X = 0.77	7.67					
		Efectividad de la documentación del usuario o ayuda del sistema	$X = A/B$ A = Número de funciones descritas correctamente B = Número total de funciones implementadas Dónde: $B > 0$	1	A = 21 B = 30 X = 0.70	7.00					
	Facilidad de uso	Operatividad	Recuperabilidad de error operacional	$X = A/B$ A = Número de funciones implementadas con tolerancia de error de usuarios B = Número total de funciones requeridas con capacidad de tolerancia Dónde: $B > 0$	1	A = 0 B = 10 X = 0.00					
Claridad de mensajes			$X = A/B$ A = Número de mensajes implementados con explicaciones claras B = Número total de mensajes implementados Dónde: $B > 0$	1	A = 6 B = 10 X = 0.60	6.00					
Consistencia operacional		Consistencia operacional	$X = A/B$ A = Número de de operaciones que se comportan de manera incoherente B = Número total de operaciones que se comportan de forma normal Dónde: $B > 0$	0	A = 70 B = 70 X = 0.26	7.43					
		Possibilidad de personalización	$X = A/B$ A = Número de funciones implementadas que pueden ser personalizadas durante la operación B = Número de funciones que requieran la capacidad de personalización Dónde: $B > 0$	1	A = 7 B = 10 X = 0.70	7.00					
		Protección contra errores del usuario	Verificación de entradas válidas	$X = A/B$ A = Número de elementos de entrada que son validados B = Número de elementos que necesitan ser validados Dónde: $B > 0$	1	A = 0 B = 10 X = 0.00	0.00				
Estética de la Interfaz del usuario	Personalización de la apariencia de la interfaz del usuario	$X = A/B$ A = Número de elementos de interfaz que pueden ser personalizados B = Número total de elementos de interfaz Dónde: $B > 0$	1	A = 7 B = 10 X = 0.70	7.00						

Anexo VII - Resultado de la Segunda Evaluación de la Calidad en Uso

MATRIZ DE CALIDAD PARA EVALUAR LA CALIDAD EN USO DE PRODUCTOS SOFTWARE EN EMPRESAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE APLICANDO LA NORMA ISO/IEC 25000

CARACTERISTICA	SUBCARACTERISTICA	METRICA	FORMULA	VALOR DESEADO (UMBRAL, etc)	VALOR OBTENIDO (X)	PONDERACIÓN (#10)	VALOR PARCIAL TOTAL (#10)	NIVEL DE IMPORTANCIA	PORCENTAJE DE IMPORTANCIA	VALOR FINAL	CALIDAD DEL SISTEMA (#10)
Efectividad	Efectividad	Compleitud de la tarea	$X = A/B$ A= Número de tareas completadas B = Número total de tareas intentadas Dónde: B > 0	1	A = 10 B = 10 X = 1.00	10.00	10.00	A	30%	3.00	9.86
		Efectividad de la tarea	$X = A/B$ A= Cantidad de objetivos completados por la tarea B = Cantidad de objetivos planteados por la tarea	1	A = 10 B = 10 X = 1.00	10.00					
		Frecuencia de error	$X = A/B$ A = Número de errores cometidos por los usuarios B = Número de tareas Dónde: B > 0	0	A = 0 B = 10 X = 0.00	10.00					
Eficiencia	Eficiencia	Eficiencia relativa de la tarea	$X = A/B$ A = Número de tareas eficientes realizadas por un usuario ordinario B = Número de tareas eficientes planeadas Dónde: B > 0	1	A = 10 B = 10 X = 1.00	10.00	10.00	M	40%	4.00	
		Productividad económica	$X = A/B$ A = Número de tareas efectivas B = Número total de las tareas Dónde: B > 0	1	A = 10 B = 10 X = 1.00	10.00					
		Numero relativo de acciones del usuario	$X = A/B$ A = Número de acciones realizadas por los usuarios B = Número de acciones necesarias actualmente Dónde: B > 0	1	A = 10 B = 10 X = 1.00	10.00					
Satisfacción	Utilidad	Nivel de satisfacción	$X = A/B$ A= Numero de preguntas con respuesta satisfactorias B = Número total de preguntas realizadas en el cuestionario Dónde: B > 0	1	A = 157 B = 160 X = 0.98	3.81	9.54	A	30%	2.86	
		Uso discrecional de las funciones del sistema	$X = A/B$ A= Número de veces que se utilizan las funciones/sistemas del software B= Número de veces que están destinados a ser usados Dónde: B > 0	1	A = 157 B = 160 X = 0.98	3.81					
		Porcentaje de quejas de los clientes	$X = A/B$ A = Número de clientes que se quejan B = Número total de clientes Dónde: B > 0	0	A = 1 B = 10 X = 0.10	9.00					

Anexo VIII - Resultado de la Segunda Evaluación de la Calidad Interna

MATRIZ DE CALIDAD PARA EVALUAR LA CALIDAD INTERNA DE PRODUCTOS SOFTWARE EN EMPRESAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE APLICANDO LA NORMA ISO/IEC 25000

CARACTERISTICA	SUBCARACTERISTICA	METRICA	FORMULA	VALOR DESEADO (UMBRAL, etc)	APLICA	VALOR OBTENIDO (X)	PONDERACION (P10)	VALOR PARCIAL TOTAL (P10)	NIVEL DE IMPORTANCIA	PORCENTAJE DE IMPORTANCIA	VALOR FINAL	CALIDAD DEL SISTEMA (P10)
Adecuación funcional	Compleitud funcional	Compleitud de la implementación funcional	$X = A/B$ A = Número de funciones que están incorrectas o que no fueron implementadas B = Número de las funciones establecidas en la especificación de requisitos Dónde: $B > 0$	0	Si	A = 0 B = 10 X = 0.00	10.00	10.00	A	10%	1.00	7.70
	Capacidad de reconocer su adecuación	Capacidad de demostración	$X = A/B$ A = Número de funciones implementadas con capacidad de demostración B = Número total de funciones que requieren capacidad de demostración Dónde: $B > 0$	1	Si	A = 13 B = 13 X = 1.00	10.00					
	Capacidad de ser entendido	Funciones evidentes	$X = A/B$ A = Número de funciones (o tipo de funciones) evidentes al usuario B = Número total de funciones (o tipo de funciones) Dónde: $B > 0$	1	Si	A = 28 B = 30 X = 0.93	9.33					
		Efectividad de la documentación del usuario o ayuda del sistema	$X = A/B$ A = Número de funciones descritas correctamente B = Número total de funciones implementadas Dónde: $B > 0$	1	Si	A = 13 B = 30 X = 0.43	4.33					
Facilidad de uso	Recuperabilidad de error operacional	$X = A/B$ A = Número de funciones implementadas con tolerancia de error de usuarios B = Número total de funciones requeridas con capacidad de tolerancia Dónde: $B > 0$	1	Si	A = 5 B = 10 X = 0.50	5.00	7.44	A	90%	6.70		
		Claridad de mensajes	$X = A/B$ A = Número de mensajes implementados con explicaciones claras B = Número total de mensajes implementados Dónde: $B > 0$	1	Si	A = 8 B = 10 X = 0.80					8.00	
	Operatividad	Consistencia operacional	$X = A/B$ A = Número de operaciones que se comportan de manera incoherente B = Número total de operaciones que se comportan de forma normal Dónde: $B > 0$	0	Si	A = 5 B = 70 X = 0.07					9.29	
		Posibilidad de personalización	$X = A/B$ A = Número de funciones implementadas que pueden ser personalizadas durante la operación B = Número de funciones que requieren la capacidad de personalización Dónde: $B > 0$	1	Si	A = 8 B = 10 X = 0.80					8.00	
		Protección contra errores del usuario	Verificación de entradas válidas	$X = A/B$ A = Número de elementos de entrada que son validados B = Número de elementos que necesitan ser validados Dónde: $B > 0$	1	Si					A = 5 B = 10 X = 0.50	
	Estética de la Interfaz del usuario	Personalización de la apariencia de la interfaz del usuario	$X = A/B$ A = Número de elementos de interfaz que pueden ser personalizados B = Número total de elementos de interfaz Dónde: $B > 0$	1	Si	A = 8 B = 10 X = 0.80					8.00	

Anexo IX - Resultado de la Tercera Evaluación de la Calidad Interna

MATRIZ DE CALIDAD PARA EVALUAR LA CALIDAD INTERNA DE PRODUCTOS SOFTWARE EN EMPRESAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE APLICANDO LA NORMA ISO/IEC 25000

CARACTERISTICA	SUBCARACTERISTICA	METRICA	FORMULA	VALOR DESEADO (UMBRAL, etc)	APLICA	VALOR OBTENIDO (X)	PONDERACION (/10)	VALOR PARCIAL TOTAL (/10)	NIVEL DE IMPORTANCIA	PORCENTAJE DE IMPORTANCIA	VALOR FINAL	CALIDAD DEL SISTEMA (/10)	
Adecuación funcional	Complejidad funcional	Complejidad de la implementación funcional	$X = A / B$ A = Número de funciones que están incorrectas o que no fueron implementadas B = Número de las funciones establecidas en la especificación de requisitos Dónde: $B > 0$	0	SI	A = 0 B = 10 X = 0.00	10.00	10.00	A	20%	2.00	8.45	
	Fiabilidad	Madurez	Cobertura de pruebas	$X = A/B$ A = Número de casos de pruebas realizados en un escenario de operación durante la prueba B = Número de casos de prueba a ser realizados para cubrir los requerimientos Dónde: $B > 0$	1	SI	A = 8 B = 10 X = 0.80	8.00	8.00	M	10%		0.80
		Eficiencia en el desempeño	Utilización de recursos	Líneas de código	$X = A$ A = Número de líneas de código	Deseado: 1 Peor caso: >=50	SI	A = 7.1 X = 7.1	8.58	9.24	M		20%
Utilización de CPU	$X = A$ A = Cantidad de CPU que es usado para realizar una tarea			Deseado: 0 % Peor caso: >=10%	SI	A = 0.83 X = 0.83	9.17						
Utilización de la memoria	$X = A/B$ A = Cantidad de memoria que es usado para realizar una tarea			Deseado: 0% Peor caso: >=10%	SI	A = 0.03 X = 0.03	9.97						
Facilidad de uso	Capacidad de reconocer su adecuación	Integridad de descripción	$X = A/B$ A = Número de funciones (o tipos de funciones) descritas como entendibles en la descripción del producto B = Número total de funciones (o tipos de funciones) Dónde: $B > 0$	1	No	A = 25 B = 25 X = NA	NA	7.44	A	40%	2.98		
		Capacidad de demostración	$X = A/B$ A = Número de funciones implementadas con capacidad de demostración B = Número total de funciones que requieren capacidad de demostración Dónde: $B > 0$	1	SI	A = 13 B = 13 X = 1.00	10.00						
	Capacidad de ser entendido	Funciones evidentes	$X = A/B$ A = Número de funciones (o tipo de funciones) evidentes al usuario B = Número total de funciones (o tipo de funciones) Dónde: $B > 0$	1	SI	A = 28 B = 30 X = 0.93	9.33						
		Efectividad de la documentación del usuario o ayuda del sistema	$X = A/B$ A = Número de funciones descritas correctamente B = Número total de funciones implementadas Dónde: $B > 0$	1	SI	A = 13 B = 30 X = 0.43	4.33						
	Operatividad	Recuperabilidad de error operacional	$X = A / B$ A = Número de funciones implementadas con tolerancia de error de usuarios B = Número total de funciones requeridas con capacidad de tolerancia Dónde: $B > 0$	1	SI	A = 5 B = 10 X = 0.50	5.00						
		Claridad de mensajes	$X = A/B$ A = Número de mensajes implementados con explicaciones claras B = Número total de mensajes implementados Dónde: $B > 0$	1	SI	A = 8 B = 10 X = 0.80	8.00						
		Consistencia operacional	$X = A/B$ A = Número de operaciones que se comportan de manera incoherente B = Número total de operaciones que se comportan de forma normal Dónde: $B > 0$	0	SI	A = 5 B = 70 X = 0.07	9.29						
		Posibilidad de personalización	$X = A/B$ A = Número de funciones implementadas que pueden ser personalizadas durante la operación B = Número de funciones que requieren la capacidad de personalización Dónde: $B > 0$	1	SI	A = 8 B = 10 X = 0.80	8.00						
		Protección contra errores del usuario	Verificación de entradas válidas	$X = A/B$ A = Número de elementos de entrada que son validados B = Número de elementos que necesitan ser validados Dónde: $B > 0$	1	SI	A = 5 B = 10 X = 0.50					5.00	
	Prevención del uso incorrecto		$X = A/B$ A = Número operaciones iniciales incorrectas B = Número de funciones implementadas para evitar fallos de funcionamiento provocados por un uso incorrecto Dónde: $B > 0$	1	No	A = 21 B = 21 X = NA	NA						
	Mantenibilidad	Capacidad de ser modificado	Estética de la Interfaz del usuario	Personalización de la apariencia de la interfaz del usuario	$X = A/B$ A = Número de elementos de interfaz que pueden ser personalizados B = Número total de elementos de interfaz Dónde: $B > 0$	1	SI					A = 8 B = 10 X = 0.80	8.00
Complejidad ciclomática			$X = A-1$ A = Numero de instrucciones condicionales que tiene una función	Deseado: 1 Peor caso: >=15	SI	A = 1.65 X = 2.65	8.23	8.23	A	10%	0.82		

Anexo X - Tomas de Pantalla Finales del Sistema

