



**Instituto Politécnico Nacional  
Unidad Profesional Interdisciplinaria de  
Ingeniería campus Zacatecas**

Ingeniería en Sistemas Computacionales

Sistema por medio de visión para determinar el  
tamaño y porcentaje de grano en aceros IF

Trabajo Curricular

Que para obtener el título de Ingeniero en  
Sistemas Computacionales

**Presentan:**

Oscar Eduardo Ceballos Pérez  
Ubaldo Pánuco Sandoval

**Director:**

Dr. Miguel Fernando Delgado Pamanes

**Asesores:**

M. en C. Roberto Oswaldo Cruz Leija  
M. en I. Umanel Azazael Hernández González



Zacatecas, Zacatecas a octubre de 2023



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
"La Técnica al Servicio de la Patria"



Unidad Profesional Interdisciplinaria  
de Ingeniería Zacatecas

Folio  
UPIIZ/ESA/398/2023

Asunto  
DESIGNACIÓN DE ASESORES

2023. Año de Francisco Villa  
30 Aniversario de la Declaración sobre  
la Eliminación de la Violencia contra la Mujer (ONU)  
60 Aniversario del CECyT 7 "Cauhtémoc" y del CENAC  
90 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil  
40 Aniversario del CIIDIR, Unidad Oaxaca

Zacatecas, Zac., a 05 de octubre de 2023

C. OSCAR EDUARDO CEBALLOS PÉREZ  
C. UBALDO PÁNUCO SANDOVAL

INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES  
BOLETA: 2016670092  
GENERACIÓN: 2015-2021  
PRESENTE

Mediante el presente se hace de su conocimiento que la Subdirección Académica y este Departamento aceptan que el Dr. Miguel Fernando Delgado Pamanes, el M. en C. Roberto Oswaldo Cruz Leija y el M. en I. Umanel Azazael Hernández González sean sus Asesores, en el tema que propone usted a desarrollar como prueba escrita de la opción de titulación Curricular, con el título y contenido siguiente:

"Sistema por medio de visión para determinar el tamaño y porcentaje de grano en aceros IF".

Se concede un plazo de máximo de un año, a partir de esta fecha, para presentarlo a revisión por el jurado asignado.




L.C. María Monserrat Saldaña Noriega  
Jefa del Departamento de Evaluación  
y Seguimiento Académico




MCC. Roberto Oswaldo Cruz Leija  
Subdirector Académico Interino  
de la UPIIZ





Folio  
UPIIZ/ESA/404/2023

2023. Año de Francisco Villa  
30 Aniversario de la Declaración sobre  
la Eliminación de la Violencia contra la Mujer (ONU)  
60 Aniversario del CECyT 7 "Cuauhtémoc" y del CENAC  
90 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil  
40 Aniversario del CIIDIR, Unidad Oaxaca

Asunto  
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

C. OSCAR EDUARDO CEBALLOS PÉREZ  
C. UBALDO PÁNUCO SANDOVAL

INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES  
BOLETA: 2016670092  
GENERACIÓN: 2015-2021  
PRESENTE

Zacatecas, Zac., a 06 de octubre de 2023

El suscrito tengo el agrado de informar a usted, que habiendo procedido a revisar el trabajo de titulación que presenta con fines de titulación denominada:

"Sistema por medio de visión para determinar el tamaño y porcentaje de grano en aceros IF".

El departamento de Evaluación y Seguimiento Académico, así como sus asesores, determinaron que el citado Trabajo de Titulación, reúne los requisitos para autorizar la impresión y proceder a la presentación del Examen Profesional debiendo tomar en consideración las indicaciones y correcciones que al respecto se hicieron.

  
DR. MIGUEL FERNANDO DELGADO PAMANES  
ASESOR

  
M. EN C. ROBERTO OSWALDO CRUZ LEIJA  
ASESOR

  
M. EN I. UMANEL AZAZEL HERNÁNDEZ GONZÁLEZ  
ASESOR

  
L.C. MARÍA MONSERRAT SALDANA NORIEGA  
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN  
Y SEGUIMIENTO ACADÉMICO



Autorización de uso de obra  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
P r e s e n t e

Bajo protesta de decir verdad **los** que suscriben **Oscar Eduardo Ceballos Pérez** y **Ubaldo Pánuco Sandoval**, estudiantes del programa de **Ingeniería en Sistemas Computacionales**, con número de boletas **2016670092** y **2016670053**, adscrito a la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas; manifestamos ser autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada **Sistema por medio de visión para determinar el tamaño y porcentaje de grano en aceros IF**, en adelante “El Trabajo de Titulación” y de la cual se adjunta copia, por lo que por medio del presente y con fundamento en el Artículo 27 Fracción II, inciso

b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgamos al Instituto Politécnico Nacional, en adelante el “IPN”, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales “El Trabajo de Titulación” por un periodo de tiempo indefinido contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso al “IPN” de su terminación.

En virtud de lo anterior, el “IPN” deberá reconocer en todo momento mi calidad de autor de “El Trabajo de Titulación”.

Adicionalmente, y en mi calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de “El Trabajo de Titulación”, manifestamos que la misma es original y que la presente autorización no contraviene a ninguna otra otorgada por el suscrito respecto de “El Trabajo de Titulación”, por lo que deslindo de toda responsabilidad al “IPN” en caso de que el contenido de “El Trabajo de Titulación” o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumo las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Zacatecas, Zac., a 19 de octubre del 2023

Atentamente



Oscar Eduardo Ceballos Pérez



Ubaldo Pánuco Sandoval

# Índices

## Índice de contenido

|   |    |
|---|----|
| Firmas .....  | i  |
| Resumen.....  | 1  |
| Abstract.....   | 1  |
| Definición del problema.....                            | 2  |
| Contexto y antecedentes generales del problema.....     | 2  |
| Situación problemática o problema de investigación..... | 4  |
| Estado del arte.....                                    | 5  |
| Descripción del proyecto.....                           | 9  |
| Objetivo general del proyecto.....                      | 10 |
| Objetivos particulares del proyecto.....                | 10 |
| Justificación.....                                      | 11 |
| Marco teórico.....                                      | 13 |
| Aceros.....   | 13 |
| Tamaño de grano.....                                    | 15 |
| Metalografía.....                                       | 17 |
| Procesamiento digital de imágenes.....                  | 19 |
| Sistema de reconocimiento de patrones.....              | 21 |
| Reconocimiento de patrones.....                         | 21 |
| Rector de características.....                          | 21 |
| Marco Metodológico.....                                 | 22 |
| Modelo en cascada.....                                  | 23 |
| Análisis y Discusión de los Resultados.....             | 25 |
| Gestión del proyecto.....                               | 25 |

|  |    |
|--|----|
| 1. Plan del proyecto. ....                               | 25 |
| 2. Manejo de desviaciones en la ejecución del plan. .... | 30 |
| 3. Plan de los riesgos del proyecto. ....                | 31 |
| Desarrollo del proyecto.....                             | 33 |
| 1. Resumen del análisis del sistema. ....                | 33 |
| 2. Diseño del sistema. ....                              | 38 |
| a. Diseño Arquitectural.....                             | 38 |
| b. Diseño detallado .....                                | 39 |
| Diagrama de casos de uso. ....                           | 39 |
| Caso de uso CU_01. ....                                  | 40 |
| Caso de uso CU_02. ....                                  | 41 |
| Caso de uso CU_03. ....                                  | 41 |
| Caso de uso CU_04. ....                                  | 42 |
| Caso de uso CU_05. ....                                  | 42 |
| Caso de uso CU_06. ....                                  | 43 |
| Caso de uso CU_07. ....                                  | 43 |
| Diagrama de actividades .....                            | 44 |
| Diagrama de clases .....                                 | 46 |
| Prototipos de pantalla.....                              | 48 |
| c. Matriz de trazabilidad.....                           | 50 |
| d. Persistencia de datos.....                            | 52 |
| i. Diseño de la base de datos.....                       | 52 |
| 3. Construcción.....                                     | 53 |
| 4. Seguimiento al plan de pruebas. ....                  | 70 |
| 5. Entrega o liberación.....                             | 73 |

|   |     |
|---|-----|
| Conclusiones y Recomendaciones .....                            | 74  |
| Referencias Bibliográficas.....                                 | 76  |
| Apéndices .....   | 78  |
| Apéndice A: Cronograma de actividades. ....                     | 78  |
| Apéndice B: Documento de plan de riesgos. ....                  | 88  |
| Apéndice C: Documento de especificación de requerimientos. .... | 95  |
| Apéndice D: Minutas. ....                                       | 109 |
| Apéndice E: Preparación de probetas. ....                       | 120 |

## Índice de tablas.

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Comparativa de sistemas comerciales..... | 6  |
| Tabla 2: Diferencias entre sistemas .....         | 7  |
| Tabla 3: Requerimiento RQ-01. ....                | 34 |
| Tabla 4: Requerimiento RQ-02. ....                | 34 |
| Tabla 5: Requerimiento RQ-03. ....                | 34 |
| Tabla 6: Requerimiento RQ-04. ....                | 35 |
| Tabla 7: Requerimiento RQ-05. ....                | 35 |
| Tabla 8: Requerimiento RQ-06. ....                | 35 |
| Tabla 9: Requerimiento RQ-07. ....                | 36 |
| Tabla 10: Requerimiento RQ-08. ....               | 36 |
| Tabla 11: Requerimiento RQ-09. ....               | 36 |
| Tabla 12: Requerimiento RQ-10. ....               | 37 |
| Tabla 13: Descripción de casos de uso. ....       | 40 |
| Tabla 14: Caso de uso CU_01. ....                 | 40 |
| Tabla 15: Caso de uso CU_02. ....                 | 41 |
| Tabla 16: Caso de uso CU_03. ....                 | 41 |
| Tabla 17: Caso de uso CU_04 .....                 | 42 |
| Tabla 18: Caso de uso CU_05. ....                 | 42 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 19: Caso de uso CU_06.....                             | 43  |
| Tabla 20: Caso de uso CU_07.....                             | 43  |
| Tabla 21: Matriz de trazabilidad.....                        | 51  |
| Tabla 22: Descripción de las pruebas realizadas.....         | 70  |
| Tabla 23: Comparación de resultados del tamaño de grano..... | 72  |
| Tabla 24: Involucrados en el proyecto.....                   | 79  |
| Tabla 25: Especificación de EP01.....                        | 125 |
| Tabla 26: Especificación de EP02.....                        | 128 |
| Tabla 27: Especificación de EP03.....                        | 135 |
| Tabla 28: Especificación de EP04.....                        | 138 |
| Tabla 29: Especificación de EP05.....                        | 141 |
| Tabla 30: Especificación de EP06.....                        | 144 |
| Tabla 31: Especificación de EP07.....                        | 148 |
| Tabla 32: Especificación de EP08.....                        | 150 |

## Índice de figuras.

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Diagrama metaestable hierro – carbono y estable hierro – grafito..... | 14 |
| Figura 2: Plantilla comparativa.....  | 15 |
| Figura 3: Plantilla para procedimiento de intersección.....                     | 16 |
| Figura 4: Metalografías de aceros.....  | 18 |
| Figura 5: Etapas del procesamiento de imágenes.....                             | 19 |
| Figura 6: Modelo en cascada.....  | 23 |
| Figura 7: Cronograma completo según el modelo en cascada.....                   | 25 |
| Figura 8: Cronograma de la fase de análisis de requerimientos.....              | 26 |
| Figura 9: Cronograma de la fase de diseño.....                                  | 27 |
| Figura 10: Cronograma de la fase de codificación y pruebas unitarias.....       | 28 |
| Figura 11: Cronograma de la fase de integración y pruebas del sistema.....      | 29 |
| Figura 12: Mapa conceptual de requerimientos.....                               | 33 |
| Figura 13: Diagrama de componentes.....   | 38 |
| Figura 14: Diagrama de caso de uso general.....                                 | 39 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 15: Diagrama de actividades general del sistema. ....           | 44 |
| Figura 16: Diagrama de actividad para cargar una imagen. ....          | 45 |
| Figura 17: Diagrama de actividad para estimar tamaño de grano. ....    | 46 |
| Figura 18: Diagrama de clases.....                                     | 47 |
| Figura 19: Diseño de pantalla principal.....                           | 48 |
| Figura 20: Diseño de pantalla de datos históricos y estadísticas.....  | 49 |
| Figura 21: Diseño de pantalla para grafica de desviación estándar..... | 49 |
| Figura 22: Esquema de la base de datos. ....                           | 52 |
| Figura 23: Pantalla de carga del software.....                         | 53 |
| Figura 24: Pantalla principal.....                                     | 54 |
| Figura 25: Pantalla para cargar una imagen. ....                       | 55 |
| Figura 26: Mensaje de archivo no válido. ....                          | 55 |
| Figura 27: Pantalla principal con la imagen cargada y ajustada.....    | 56 |
| Figura 28: Descripción del preprocesamiento. ....                      | 57 |
| Figura 29: Pantalla para ingresar los datos de la imagen. ....         | 58 |
| Figura 30: Mensaje de datos vacíos o no válidos. ....                  | 59 |
| Figura 31: Mensaje de error al trazar línea de escala. ....            | 59 |
| Figura 32: Resultado de la estimación del tamaño de grano. ....        | 60 |
| Figura 33: Representación gráfica del conteo de bordes.....            | 60 |
| Figura 34: Ventana para guardar resultado.....                         | 61 |
| Figura 35: Mensaje de guardado correcto. ....                          | 61 |
| Figura 36: Mensaje de error al guardar resultado.....                  | 62 |
| Figura 37: Pantalla de datos almacenados y estadísticos. ....          | 63 |
| Figura 38: Resultado del cálculo de la media.....                      | 64 |
| Figura 39: Resultado del cálculo de la desviación. ....                | 64 |
| Figura 40: Grafica de la desviación estándar.....                      | 65 |
| Figura 41: Ventana para la gráfica de desviación.....                  | 65 |
| Figura 42: Mensaje de alerta para eliminar registros. ....             | 66 |
| Figura 43: Mensaje para confirmar eliminación de registros.....        | 66 |
| Figura 44: Mensaje de registros eliminados.....                        | 67 |
| Figura 45: Ventana para seleccionar una región de la imagen. ....      | 67 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 46: Instrucciones de uso.....  | 68  |
| Figura 47: Tabla de consulta ASTM. ....                                     | 69  |
| Figura 48: Ventana de créditos.....   | 69  |
| Figura 49: Cronograma completo según el modelo en cascada. ....             | 78  |
| Figura 50: Cronograma de la fase de análisis de requerimientos. ....        | 80  |
| Figura 51: Cronograma de la fase de diseño. ....                            | 82  |
| Figura 52: Cronograma de la fase de presentación de TT-1.....               | 83  |
| Figura 53: Cronograma de la fase de codificación y pruebas unitarias.....   | 84  |
| Figura 54: Cronograma de la fase de integración y pruebas del sistema. .... | 85  |
| Figura 55: Cronograma de la fase de entrega. ....                           | 86  |
| Figura 56: Cronograma de la fase de presentación de TT-2.....               | 87  |
| Figura 57: Interfaces de usuario. ....                                      | 100 |
| Figura 58: Muestras de acero. ....  | 120 |
| Figura 59: Materiales para encapsulamiento de las muestras.....             | 120 |
| Figura 60: Limpieza de la resina. ....                                      | 121 |
| Figura 61: Vaciado de resina epoxi. ....                                    | 121 |
| Figura 62: Muestras encapsuladas.....                                       | 121 |
| Figura 63: Desbaste. ....   | 122 |
| Figura 64: Materiales para pulido.....                                      | 122 |
| Figura 65: Pulido. ....   | 123 |
| Figura 66: Ataque químico.....  | 123 |
| Figura 67: Observación de las muestras. ....                                | 124 |
| Figura 68: Ejemplo de micrografía obtenida.....                             | 124 |

## Índice de ecuaciones.

|                    |    |
|--------------------|----|
| Ecuación ( 1)..... | 16 |
| Ecuación ( 2)..... | 16 |
| Ecuación ( 3)..... | 60 |
| Ecuación ( 4)..... | 72 |
| Ecuación ( 5)..... | 72 |

## **Resumen.**

Se desarrolló una herramienta para el análisis metalográfico de aceros libres de intersticiales (IF), mediante el uso de procesamiento de imágenes y reconocimiento de patrones, el cual es un sistema enfocado en ayudar a los usuarios a calcular el tamaño y porcentaje de grano en dichos metales. Este trabajo surge para satisfacer una necesidad encontrada dentro de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas (UPIIZ), más específicamente en las carreras de ingeniería metalúrgica y mecatrónica, ya que son en estas áreas donde este tipo de análisis se vuelve fundamental para relacionar la microestructura con sus propiedades y de este modo poder predecir su comportamiento mecánico. En el presente documento se muestra una descripción del proyecto, plan de trabajo y resultados obtenidos en el transcurso de las unidades de aprendizaje de Trabajo Terminal hasta la conclusión de este proyecto.

**Palabras clave:** Acero IF, Metalografía, Porcentaje de grano, Procesamiento de imágenes, Tamaño de grano.

## **Abstract.**

A tool was developed for the metallographic analysis of interstitial-free (IF) steels, through the use of image processing and pattern recognition, which is a system focused on helping users to calculate the size and percentage of grain in these metals. This work arises to satisfy a need found within the “Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas” (UPIIZ), more specifically in the metallurgical and mechatronics engineering careers, since it is in these areas where this type of analysis becomes fundamental to relate the microstructure with its properties and thus be able to predict its mechanical behavior. This document shows a description of the project, work plan and results obtained during the Terminal Work learning units up to the conclusion of this project.

**Keywords:** Grain percentage, Grain size, Image processing, IF Steel, Metallography.

## **Definición del problema.**

### **Contexto y antecedentes generales del problema.**

El procesamiento de imágenes a través de computadoras tiene sus orígenes en la década de 1920 con el uso de líneas telegráficas. Una de las primeras aplicaciones que se les dio a las imágenes digitales fue dentro de la industria del periódico con el sistema Bartlane, el cual codificaba y enviaba fotografías por cables submarinos para ser reconstruidas en otro lado. Fue hasta la década de los sesentas cuando surgieron las primeras computadoras capaces de realizar tareas significativas de procesamiento digital de imágenes [1].

Por su parte, la metalografía es la disciplina que estudia microscópicamente las características microestructurales de un metal o una aleación, con el fin de determinar si dicho material cumple con los requisitos para los cuales ha sido diseñado [2].

La historia de la metalografía se remonta al año de 1863 con Henry Clifton Sorby, utiliza distintos niveles de magnificación que van desde los 20 hasta el millón de aumentos, y la muestra que se analiza debe de pasar por un proceso de preparación muy cuidadoso [3].

En los últimos años se han realizado investigaciones que combinan la microscopía con el análisis de imágenes. Una de ellas realizada en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN (CICATA), hace uso de la microscopía óptica y el análisis de imágenes para desarrollar un método que permita analizar discos de estaño y obtener un ahorro en los materiales más costosos [4].

Actualmente, dentro de la UPIIZ se ofertan las carreras de ingeniería metalúrgica y mecatrónica, en las cuales los alumnos cursan unidades de aprendizaje que implican el análisis de diversos materiales [5], siendo uno de los más usados el acero, destacando el acero IF por su ultra bajo contenido carbono [6], y por no contener átomos intersticiales en su red cristalina [7]. Para poder realizar la caracterización de estos materiales, los alumnos se apoyan en el análisis metalográfico con el fin de conocer su naturaleza, tratamientos a los que ha sido sometido, así como sus posibles aplicaciones [2].

El procedimiento que siguen los alumnos para poder realizar dicho análisis comprende de manera general las siguientes etapas:

1. **Selección de la probeta.** Se refiere a la elección de la muestra que será examinada con el microscopio, es importante que dicha muestra sea representativa del material que se quiere analizar.
2. **Corte de la probeta.** Se realiza para obtener una porción de la muestra que se desea analizar.
3. **Encapsulado.** Este paso se realiza cuando la muestra es difícil de manipular debido a su tamaño, suelen utilizarse moldes que faciliten el manejo de las muestras.
4. **Desbaste.** Consiste en preparar la superficie de la muestra para el pulido, haciendo uso de lijas de diferentes números para obtener una superficie plana.
5. **Pulido.** Sirve para eliminar rayaduras que se hayan producido en la etapa anterior y así lograr un mejor acabado en el material.
6. **Ataque químico.** Se realiza para revelar las características microestructurales del metal o aleación, para ello se somete la muestra a un reactivo que genera una acción química sobre la superficie pulida.
7. **Microscopia óptica.** Por último, se analiza la muestra con ayuda del microscopio para observar sus características microestructurales [8].

Es en esta última etapa en la cual se obtienen las imágenes metalográficas del material, que son en las que se centrará el desarrollo de este proyecto.

## **Situación problemática o problema de investigación.**

Una de las necesidades en las carreras de ingeniería en metalurgia y mecatrónica en la UPIIZ es el análisis de las características microestructurales de diversos metales, entre ellas el tamaño y porcentaje de grano, ya que los alumnos de estos programas académicos desde sus primeros semestres cursan unidades de aprendizaje relacionadas con la microestructura y propiedades de metales y aleaciones [5]. El análisis de las características antes mencionado puede realizarse:

- De forma manual: donde el problema consiste en que se requieren hacer varios cálculos para la determinación del tamaño de grano tal y como se menciona en la norma ASTM E112 [9], esto hace que el proceso se vuelva lento y tedioso, además de que dichos cálculos están sujetos a errores humanos.
- Mediante el uso de software: en este caso, el principal problema es que el software que existe actualmente es comercial y tiene un precio muy elevado y/o no se adecua a las necesidades de la Unidad.

Además, es importante que los resultados de estos análisis se conserven con el fin de evitar problemas de pérdida de información, ya que estos sirven de apoyo a los alumnos para realizar comparaciones futuras, así como también generar datos estadísticos que pueden ser utilizados para predecir las propiedades mecánicas del metal estudiado. Esto sumado a la necesidad de utilizar herramientas para estimar el tamaño de grano y la poca experiencia con la que cuentan los alumnos durante sus primeras prácticas, hace que el proceso sea difícil de realizar adecuadamente.

## **Estado del arte.**

Con el fin de conocer mejor acerca de los trabajos ya desarrollados que presentan similitud al proyecto planteado en este documento, se realizó una investigación de diversos sistemas y aplicaciones de escritorio existentes los cuales se describen a continuación.

En el año 2011, docentes y tecnólogos de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en Bogotá Colombia, desarrollaron una aplicación para procesamiento de imágenes metalográficas obtenidas específicamente del microscopio PME3 (en adelante APIMP), desarrollada en el lenguaje Java para la captura, edición y almacenamiento de imágenes metalográficas. Las imágenes que se obtienen pueden ser editadas, ya sea con detección de bordes, suavizados, cambio de colores, brillo, entre otras opciones; posteriormente estas imágenes pueden ser almacenadas para trabajar con ellas [10].

En el año 2014 se presentó un proyecto realizado en la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador por Fredy Rafael Llulluna Llumiquinga, el cual por medio de procesamiento de imágenes y el uso del lenguaje de programación Python, describe la elaboración de un software para el análisis metalográfico en aceros de bajo contenido de carbono (en adelante PIP). El software desarrollado es capaz de determinar el porcentaje de perlita y ferrita contenidos en muestras de acero además de poder aproximar el tamaño de grano del material. Sin embargo, no permite el almacenamiento de los resultados obtenidos para ser consultados posteriormente [11].

En el año 2015, Edgar Augusto Ruelas Santoyo presentó un proyecto en el Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC) de León, Guanajuato, en el que se describe un sistema de lógica difusa y una red neuronal artificial (en lo consiguiente SEDI), el cual por medio de procesamiento de imágenes busca reconocer ciertos patrones en la microestructura del acero al carbono SA 210 Grado A-1 y de este modo estimar el nivel de deterioro en el material. Los resultados obtenidos demuestran que el grado de deterioro y el reconocimiento del patrón del material fueron detectados de mejor forma por el sistema en comparación con un experto en el área [12].

A continuación, en la Tabla 1 se muestra un resumen de herramientas comerciales encontradas en el mercado.

*Tabla 1: Comparativa de sistemas comerciales*

| Sistema                            | Precio         | Descripción  | Características   |
|------------------------------------|----------------|--|---|
| <b>Pax-it</b> [13]                 | Por cotización | Es un software hecho para el análisis metalográfico en la industria.                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesamiento definido por el usuario.</li> <li>• Utiliza un formato propio para el análisis de las imágenes.</li> <li>• Requiere cierto grado de conocimiento para su manejo.</li> </ul>                        |
| <b>Lanoptik iWorks M</b> [14]      | Por cotización | Software de análisis de imágenes metalográficas microscópicas para la investigación de materiales. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite el análisis de: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partículas.</li> <li>○ Tamaño de grano.</li> <li>○ Hierro fundido.</li> <li>○ Grado de óxido en aceros.</li> <li>○ Fase.</li> </ul> </li> </ul> |
| <b>Dewinter Material plus</b> [15] | Por cotización | Software de uso industrial para el análisis de imágenes  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite la conversión entre varios formatos de imagen.</li> <li>• Requiere un mínimo de capacitación para su uso.</li> </ul>   |

De la *Tabla 1* se puede apreciar que existen diversos sistemas que resuelven alguna parte del problema a tratar, pero presentan algunas características en común, como que son sistemas comerciales enfocados a la industria y no tanto para fines académicos o de investigación, por tal motivo, cuentan con características que no son necesarias para estos fines o tienen un costo elevado, como es el caso del software “Dewinter Material plus”, el cual se cotizó por la cantidad de \$1,650 USD [16] (aproximadamente \$32,500 pesos mexicanos).

En la Tabla 2 se muestra una comparación de los sistemas y proyectos anteriormente mencionados, con la finalidad de contrastar las funciones que ofrecen y los criterios que se pretenden resolver con este proyecto (el cual se encuentra en la última fila de la Tabla 2, bajo el acrónimo de SVAIF).

*Tabla 2: Diferencias entre sistemas*

| Sistema                       | Accesibilidad | Análisis de grano | Histórico | Estadística | Acero IF |
|-------------------------------|---------------|-------------------|-----------|-------------|----------|
| <b>APIMP</b>                  |               |                   | X         |             |          |
| <b>SEDI</b>                   |               |                   | X         |             |          |
| <b>PIP</b>                    | X             | X                 |           |             |          |
| <b>Pax-it</b>                 |               | X                 |           | X           |          |
| <b>Lanoptik iWorks M</b>      |               | X                 |           | X           |          |
| <b>Dewinter Material plus</b> |               | X                 |           | X           |          |
| <b>SVAIF</b>                  | X             | X                 | X         | X           | X        |

Los aspectos que se están evaluando para realizar la comparación son: “Accesibilidad”, la cual se refiere a los sistemas que son menos costosos, considerando sus características como precio, tecnología y facilidad de adquisición en el mercado. “Análisis de grano”, el cual hace referencia a que el sistema realice alguna medición al grano para obtener datos de este. “Histórico”, es la posibilidad de generar un registro de los resultados obtenidos por el sistema. “Estadística”, es la opción de generar datos estadísticos que puedan ser utilizados para comparar las propiedades de los materiales analizados anteriormente. “Acero IF”, el cual indica si el sistema se enfoca en analizar en específico el acero IF.

Después de analizar la Tabla 2, se pudo inferir que la mayoría del software debe adquirirse por medio de la compra de este o no es accesible para usuarios ajenos a las instituciones donde se desarrollaron, a excepción de PIP, el cual está disponible como software de código abierto, sin embargo, este no permite almacenar los resultados y además analiza otro tipo de acero. La mayoría de estos, pueden realizar un análisis del grano y generar estadísticas a

partir de los resultados, sin embargo, solo APIMP y SEDI cuentan con la opción de almacenar los resultados para su futura consulta.

A la fecha, no se encuentra un software de fácil adquisición que analice particularmente los aceros IF para obtener mediciones del grano y que además genere un histórico para consulta y análisis de resultados. Es por esto que, por medio de la realización de este proyecto, se pretende analizar imágenes metalográficas de acero IF, el cual tiene una gran importancia por ser el mayor grupo de aceros formables para la industria automotriz [17]; de este modo se busca que el software a desarrollar realice una estimación del tamaño y el porcentaje del grano de las muestras, y posteriormente almacene los resultados en una base de datos de tal modo que puedan ser consultados por el usuario para su posterior comparación.

## **Descripción del proyecto.**

Se propone realizar una herramienta de software para escritorio que realice el cálculo del tamaño y porcentaje de grano que pueden presentar los aceros IF, ayudando de este modo a reducir costos y apoyar en el proceso de análisis de grano que realizan los alumnos e investigadores dentro de la unidad.

El sistema se desarrollará en el entorno de Java NetBeans utilizando técnicas de procesamiento de imágenes y reconocimiento de patrones. Se optó por usar el lenguaje Java por las ventajas que tiene sobre otros lenguajes en cuanto al procesamiento de imágenes; además de ser uno de los más usados y conocidos por programadores y usuarios, según el índice TIOBE de lenguajes de programación. Las imágenes que se procesarán se obtendrán de muestras de acero examinadas bajo microscopio de manera externa a la herramienta que se desarrollará y deberán estar en un formato de imagen válido; estas imágenes serán analizadas para obtener información sobre el grano en las distintas muestras. Los datos que se obtengan serán posteriormente almacenados en una base de datos que servirá como punto de comparación para futuros análisis de muestras, que permitan acelerar el proceso de análisis en las propiedades de los aceros.

## **Objetivo general del proyecto.**

Desarrollar una herramienta de software que ofrezca la posibilidad de determinar el tamaño y el porcentaje de grano en aceros IF (libres de intersticiales), procurando la preservación de los datos obtenidos.

## **Objetivos particulares del proyecto.**

- Estimar el tamaño y porcentaje de grano en metalografías de acero IF.
- Asegurar la persistencia de los datos para futuras comparaciones.
- Generar estadísticas de los datos obtenidos de las metalografías para su consulta dentro de la herramienta.

## **Justificación.**

En el área de las ingenierías, así como en la industria y otros campos que trabajan con diversos metales y aleaciones, es importante conocer las propiedades de estos materiales. Ya que, a partir de estas, se puede saber si son aptos o no para ser utilizados en un fin específico. Uno de los métodos más empleados para conocer algunas de las propiedades de una muestra de metal es la metalografía, la cual es una disciplina que examina y determina los componentes de un metal o aleación por medio de la magnificación de imágenes [3].

Actualmente México ocupa el lugar número 14 a nivel mundial como productor de acero según cifras de la Cámara Nacional de la Industria del Hierro y el Acero (CANACERO) [18], dentro de estos aceros se encuentran los IF que son reconocidos a nivel mundial como el material con la más alta calidad para aplicaciones de embutido profundo y han sido utilizados en una amplia variedad de productos que van desde estructuras automotrices hasta componentes electrónicos, así como para utensilios caseros [19], estos son algunos motivos por los cuales se eligió este material como el centro de estudio para este proyecto.

En la actualidad, se pueden encontrar algunos sistemas que permiten analizar metalografías, sin embargo, la mayor parte de estos están orientados al área industrial, son semiautomáticos, tienen un costo elevado y ofrecen características que no son aplicables o necesarias para los objetivos existentes dentro de la unidad académica. Es por lo que este trabajo propone el desarrollo de un sistema que pueda ser utilizado en la UPIIZ para el análisis y recopilación de datos obtenidos mediante metalografías que pueda ser usado tanto por docentes investigadores como alumnos y cubra las necesidades de analizar y obtener información sobre el grano de los aceros IF. De este modo se podrá contar con un sistema más específico que permita realizar las tareas necesarias de la unidad, evitando la compra y otros gastos para la unidad, docentes y alumnos.

Este trabajo presenta un grado de complejidad puesto que requiere de múltiples conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, entre los que destacan:

- Análisis de imágenes.
- Programación orientada a objetos.
- Ingeniería de software.
- Reconocimiento de patrones.

Así como también de otros conocimientos en el ámbito metalográfico relacionados con la determinación del tamaño de grano.

## **Marco teórico.**

En esta sección se explicará acerca de lo que son los aceros, así como de la teoría del procesamiento de imágenes y otros conceptos, para que de esta manera resulte más sencillo comprender acerca del desarrollo de este proyecto.

### **Aceros.**

El acero es una aleación de hierro con carbono en una proporción que oscila entre 0,008 y 2%. Se le pueden añadir otros elementos para mejorar su dureza, maleabilidad u otras propiedades. Las propiedades físicas de los aceros y su comportamiento a distintas temperaturas dependen sobre todo de la cantidad de carbono y de su distribución. Antes del tratamiento térmico, la mayoría de los aceros son una mezcla de tres estructuras o fases, ferrita, perlita y cementita [8].

### **Aceros libres de intersticiales (IF).**

Al ser el material en el que se centrará este trabajo, es importante mencionar que los aceros IF tienen microestructura ferrítica y un contenido muy bajo de carbono, y se obtienen mediante la eliminación de monóxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y otros gases durante la fabricación de acero a través de un proceso de desgasificación al vacío. La principal característica de estos aceros es la falta de átomos intersticiales en su estructura atómica, lo que permite que el acero tenga una alta ductilidad [20].

### **Diagrama Hierro-Carbono.**

Para comprender el comportamiento que presentan los aceros, es necesario conocer el diagrama de hierro carbono. Este se emplea para representar las transformaciones que sufren los aceros con el cambio de temperatura, admitiendo que el calentamiento o enfriamiento de esta mezcla se realiza lentamente, de tal manera que los procesos de difusión (homogeneización) tienen tiempo suficiente para completarse [21].

La Figura 1 representa la unión de dos diagramas, el metaestable hierro-carbono y el diagrama estable hierro-grafito. Las líneas que delimitan las diferentes regiones del diagrama identifican las situaciones en las que tienen lugar cambios estructurales [22].

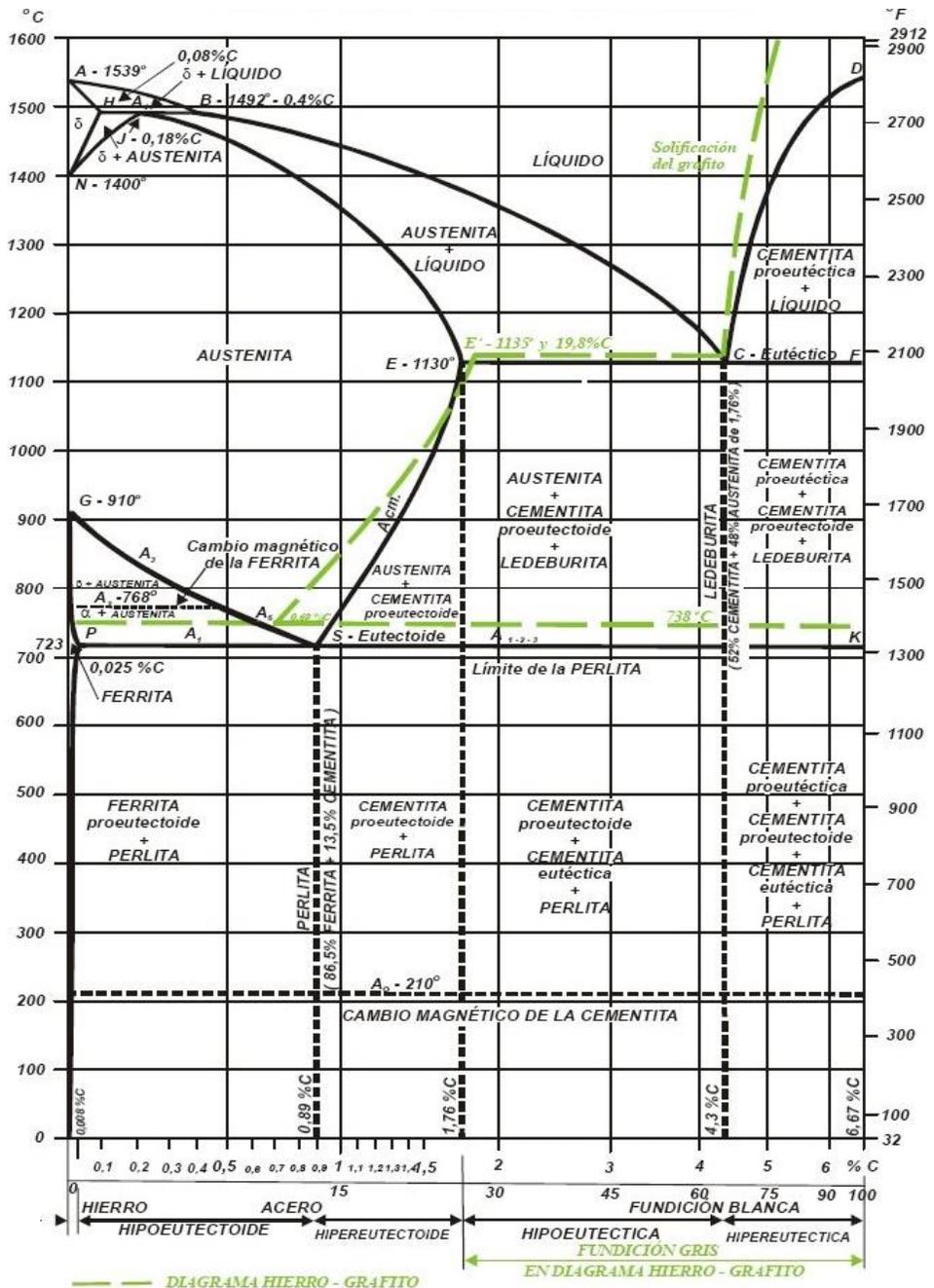


Figura 1: Diagrama metaestable hierro – carbono y estable hierro – grafito [23]

## Tamaño de grano.

Los metales son materiales de estructura policristalina, dichos materiales están compuestos por una serie de pequeños cristales los cuales se conocen convencionalmente como granos [24]. Estos granos pueden tener distintos tamaños dependiendo de la composición del metal, y conocer su tamaño aproximado es uno de los datos más importantes para su análisis.

La Sociedad Americana de Ensayos y Materiales “ASTM” (Por su acrónimo en inglés American Society for Testing and Materials) en la norma ASTM E112, define tres métodos para estimar el tamaño de grano los cuales son los siguientes:

- **Procedimiento de comparación.** Como su nombre indica, implica la comparación de la estructura de grano con una serie de imágenes graduadas, ya sea en forma de gráficos, superposiciones de plástico transparente o una retícula ocular. En la Figura 2 se muestra la plantilla que se utiliza para estimar el tamaño de grano en este procedimiento.

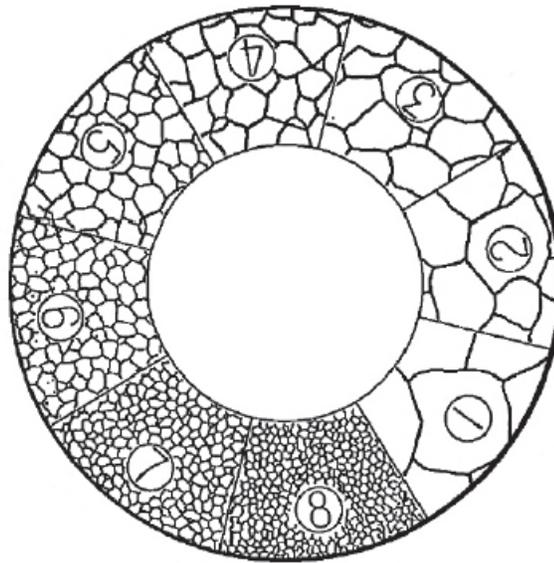


Figura 2: Plantilla comparativa [25].

- **Procedimiento planimétrico.** Implica realizar un conteo del número de granos dentro de un área conocida. El número de granos por unidad de área es usado para determinar el número de tamaño de grano ASTM.

- **Procedimiento de intersección.** Consiste en contar el número de granos interceptados por una línea de prueba o el número de intersecciones de la línea con los bordes de los granos [9]. En la Figura 3 se muestra la plantilla que se utiliza en este procedimiento para realizar el conteo de intersecciones y así estimar el tamaño de grano.

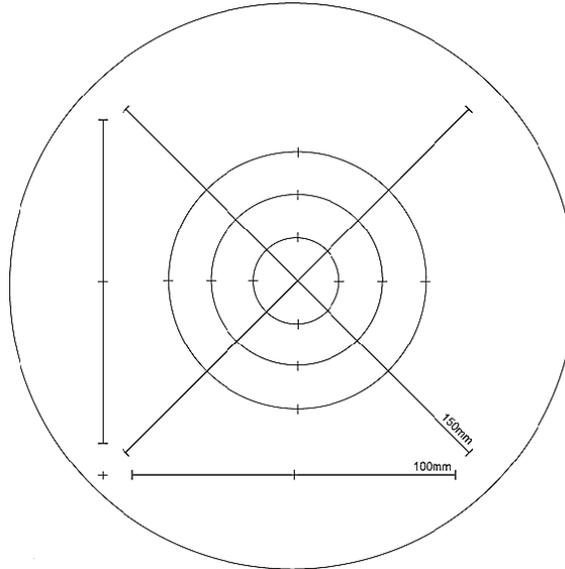


Figura 3: Plantilla para procedimiento de intersección [9].

Una vez realizado el conteo, se hace uso de la siguiente ecuación para calcular el número de granos:

$$\overline{N}_L = \frac{N_i}{L/M} \quad (1)$$

Donde  $N_i$  es el número de intersecciones totales, L es la longitud total de las líneas y M es la magnificación de la imagen (50x, 100x, 200x, 400x). Por último, para calcular el tamaño de grano, se utiliza la siguiente fórmula:

$$G = (6.643856 \cdot \log_{10} \overline{N}_L) - 3.288 \quad (2)$$

## **Metalografía.**

La metalografía es la disciplina científica capaz de determinar la constitución y la estructura de los constituyentes en metales, aleaciones y materiales. El examen de la estructura puede realizarse en un amplio rango de longitud de escalas o niveles de aumento que van desde un aumento visual o de baja magnificación (20 x) hasta el millón de aumentos con un microscopio electrónico. La herramienta más común de la metalografía es el microscopio de luz, con aumentos de rangos de 50 a 1000 aumentos y la capacidad de observar microestructuras de aproximadamente  $0.2\ \mu\text{m}$  o más grandes [3].

Mediante la aplicación de las técnicas de metalografía óptica puede extraerse información cualitativa y cuantitativa en relación con el tamaño de los granos, los límites de grano, la existencia de diversas fases, daño interno y algunos defectos [26].

En la figura 4 se muestra un ejemplo de imágenes metalográficas similares a las que se analizarán para este proyecto, de tres aceros ferríticos distintos con una escala de  $50\ \mu\text{m}$ , tomadas en tres zonas distintas de cada muestra, se puede observar que los tres aceros presentan tamaños de grano distinto.

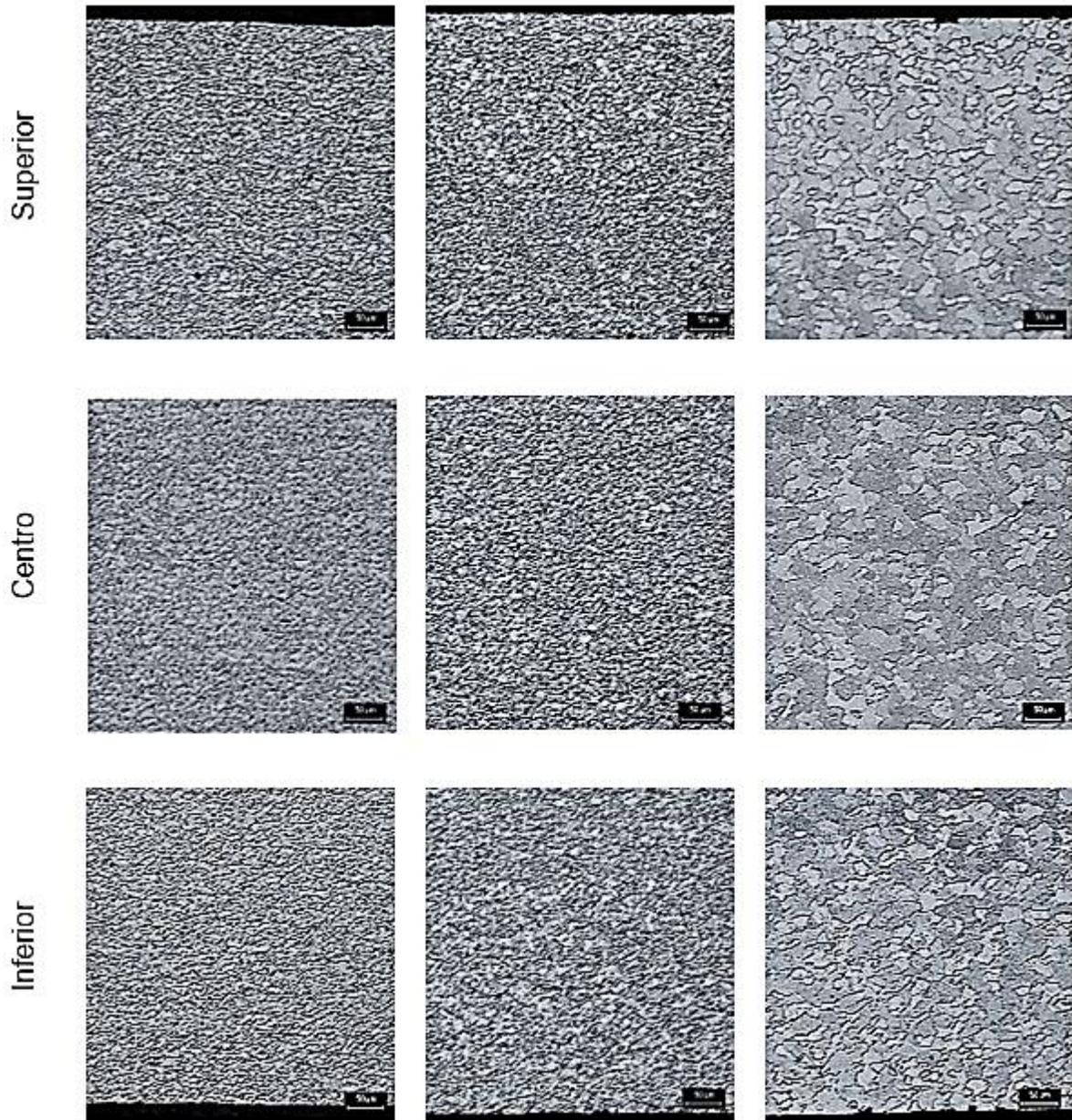
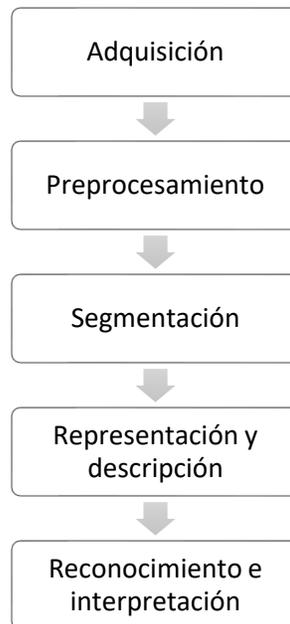


Figura 4: Metalografías de aceros [17].

## Procesamiento digital de imágenes.

Este campo se refiere al procesamiento de imágenes digitales por medio de una computadora digital. Teniendo en cuenta que una imagen digital se compone de un número finito de elementos, cada uno con una ubicación y un valor particular. Estos elementos se denominan elementos de imagen o píxeles. El procesamiento digital de imágenes abarca el proceso cuyas entradas y salidas son imágenes, además, comprende la extracción de atributos de las imágenes pudiendo llegar a incluir el reconocimiento de objetos individuales [28]. En la Figura 5 se muestra las etapas que comprende el procesamiento de imágenes y posteriormente se describe cada una de ellas.



*Figura 5: Etapas del procesamiento de imágenes*

### **Adquisición.**

Es el proceso a través del cual se obtiene una imagen. Debido a que las computadoras solo pueden procesar imágenes digitales, es necesario convertir las mismas a esta forma. Para este tipo de aplicaciones no solo es importante la captación o adquisición de la imagen sino también lo es el sistema de presentación de imágenes involucrado. Por ello, un digitalizador de imágenes debe ser capaz de dividir la imagen en píxeles, medir el nivel de gris en cada píxel (intensidad) y escribir estos datos en un dispositivo de almacenamiento [29].

## **Preprocesamiento.**

En esta etapa se realizan ajustes a la imagen como la reducción de ruido, suavizado o detección de bordes, con la finalidad de que el software detecte con mayor facilidad los granos presentes en la metalografía.

Consiste en el conjunto de técnicas que buscan mejorar la apariencia visual de una imagen a una forma más adecuada para el observador humano o el análisis artificial. En este proceso se incluyen técnicas de eliminación de ruido y realce de detalles. En cualquier caso, debe ser posible dividir la imagen de acuerdo con una característica de homogeneidad predefinida. Algunas técnicas para esto son la binarización de imágenes y técnicas de detección de bordes [29].

## **Segmentación.**

Esta etapa tiene como finalidad realizar una división de la imagen para que el software pueda realizar las mediciones de los granos en zonas concretas.

El propósito de la segmentación es realizar una partición de la imagen en regiones significativas. Los resultados de esta serán utilizados en etapas posteriores para su descripción, reconocimiento e interpretación. El problema de la segmentación puede verse como un proceso de reconocimiento de patrones o como un proceso de decisión. Las técnicas utilizadas en segmentación se pueden clasificar como: de discontinuidad o de similitud [29].

## **Representación y descripción.**

A la salida de segmentación habitualmente se tienen los datos de píxel en bruto, que constituyen el contorno de una región o bien todos los puntos de una región determinada. En ambos casos se deben convertir los datos a una forma adecuada para el procesamiento por computadora. La primera decisión para tomar es si los datos serán representados como una como un contorno o una región completa. Por otra parte, la descripción consiste en extraer rasgos con alguna información cuantitativa de interés [29].

## **Reconocimiento e interpretación.**

El reconocimiento es el proceso por el cual se le asigna una etiqueta a un objeto basándose en la información proporcionada por sus descriptores. Si reconocemos cualquier ejemplo de

objeto, como un auto podemos etiquetarlo con alguna sintaxis propia del algoritmo, la cual será la identidad irrepitible de dicho objeto. El proceso de interpretar define el significado a un grupo de objetos a los que previamente se han reconocido y que están salvados esos patrones en la base de conocimiento o de datos. La interpretación estudia y determina las relaciones que existen entre todos los objetos para poder llegar a una descripción semántica que abarca toda la imagen, o una parte de ella [29], [30].

## **Sistema de reconocimiento de patrones.**

Es un conjunto de reglas que permiten determinar a qué clase pertenece un objeto de una población en estudio [27].

### **Reconocimiento de patrones.**

Para comprender este término es necesario conocer que un patrón es la descripción de un objeto, se refiere al conjunto de atributos o características utilizadas para definir un objeto. Por su parte, el reconocimiento de patrones puede definirse como la "categorización" de los datos de entrada en clases mediante la extracción de propiedades significativas que permiten discriminar entre las clases en estudio [27].

### **Rector de características.**

Es el conjunto de propiedades que distinguen los objetos de las clases. Sólo se retienen las propiedades que diferencian los objetos y se dejan de un lado los detalles irrelevantes [27].

## **Marco Metodológico.**

La ingeniería de software abarca todos los aspectos de la producción de software desde las primeras etapas de especificación del sistema hasta el mantenimiento. Se preocupa de las teorías, métodos y herramientas para el desarrollo profesional de software [31]. El fundamento de la ingeniería de software son los procesos, para Sommerville un proceso de software es una serie de actividades relacionadas que conduce a la elaboración de un producto de software [32].

Para apoyar a los proyectos de software, existen modelos que establecen y describen las etapas involucradas en el desarrollo del software, a estos modelos se les denomina “Modelos del ciclo de vida del software”, los cuales son una vista de las actividades que ocurren durante el desarrollo de software e intentan determinar el orden de las etapas involucradas y los criterios de transición asociados entre estas etapas [31].

Por su parte, una metodología define una estrategia global para enfrentarse al proyecto, determinando los pasos a seguir y cómo realizarlos para finalizar una tarea, y de este modo permitir gestionar y administrar un proyecto de manera exitosa [31].

Utilizar una metodología en dentro de un proyecto de software aporta diversas ventajas tanto para el ingeniero de software, el cliente y la gestión del proyecto; dese el punto de vista del ingeniero las ventajas que aporta son:

- Ayudar a la comprensión del problema
- Optimizar las fases del proceso de desarrollo.
- Proporcionar métodos que guían en la planificación y en el desarrollo del software.
- Definir qué hacer, cómo y cuándo durante todo el desarrollo del proyecto.

Debido a las características del proyecto se eligió el modelo en cascada ya que este permite tener un buen seguimiento de la planeación y el desarrollo del proyecto, también ayuda en la generación de documentación apropiada para cada fase del proyecto, además se espera que los requerimientos para dicho proyecto no tengan cambios considerables a lo largo del desarrollo, es por esto por lo que el modelo en cascada se adecúa para el desarrollo de este proyecto.

## Modelo en cascada.

El Modelo en Cascada es un enfoque metodológico que ordena rigurosamente las etapas del ciclo de vida del software, de forma que el inicio de cada etapa debe esperar a la finalización de la etapa inmediatamente anterior. Este modelo es un proceso de desarrollo secuencial, en el que el desarrollo se ve fluyendo hacia abajo (como una cascada) sobre las fases que componen el ciclo de vida [31]. Para Sommerville las etapas o fases que constituyen el modelo en cascada se muestran en la Figura 6 y se describen a continuación:

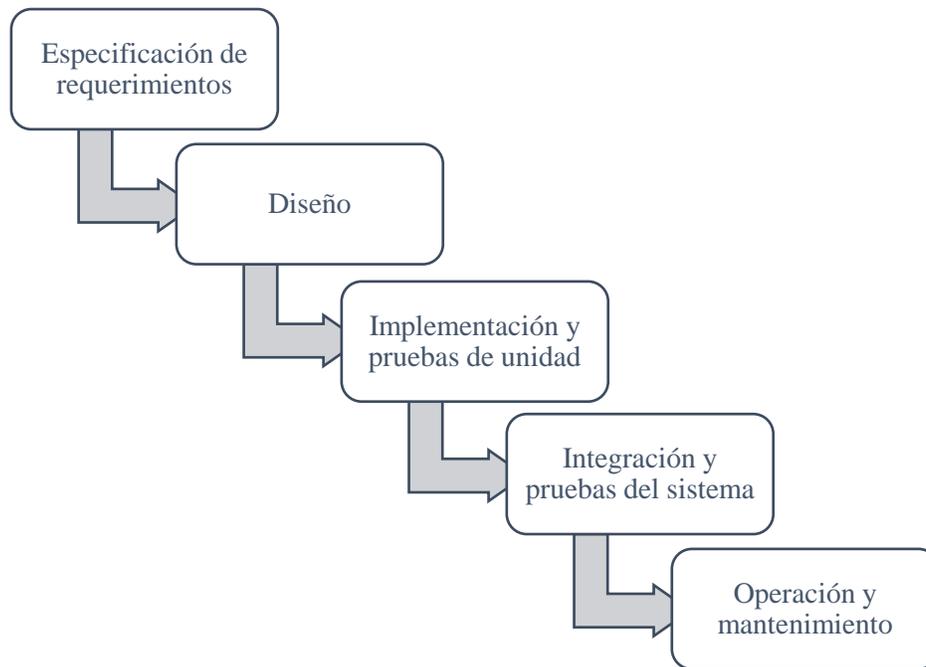


Figura 6: Modelo en cascada [32].

- 1. Especificación de requerimientos.** En esta fase se definen las necesidades, restricciones y metas del sistema, esta etapa es de vital importancia en el modelo en cascada ya que proporciona las bases para el desarrollo de todo el proyecto, además permite tener una idea sobre los costos, riesgos y plazos del proyecto. De esta fase se obtiene el documento de especificación de requerimientos del software o SRS el cual describe lo que hará el sistema sin entrar en detalles técnicos.

2. **Diseño.** El proceso de diseño de sistemas asigna los requerimientos para sistemas de software, al establecer una arquitectura de sistema global. En esta etapa se describe la estructura interna del software, y las relaciones entre las entidades que lo componen.
3. **Implementación y pruebas de unidad.** En esta fase se programan los requisitos especificados haciendo uso de las estructuras de datos diseñadas en la fase anterior. Las pruebas de unidad consisten en verificar que cada unidad cumpla con su especificación.
4. **Integración y pruebas del sistema.** En esta fase las unidades del programa o los programas individuales se integran y prueban como un sistema completo para asegurarse de que se cumplan los requerimientos de software.
5. **Operación y mantenimiento.** En la fase de operación es donde el sistema se instala, se pone práctica y se comprueba que funcione correctamente en el entorno en que se va a utilizar.

El mantenimiento incluye corregir los errores que no se detectaron en etapas anteriores del ciclo de vida, mejorar la implementación de las unidades del sistema e incrementar los servicios del sistema conforme se descubren nuevos requerimientos. Esta etapa no se contemplará para la planificación y realización de este proyecto debido a las limitaciones de tiempo con las que se cuentan para el desarrollo del mismo [32 , 33].

# Análisis y Discusión de los Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos tras la conclusión del desarrollo del proyecto, después de seguir el plan de trabajo que se planteó. Se analizará lo referente a la gestión, comparando el plan de trabajo que se elaboró inicialmente con los cambios que se le realizaron a lo largo de su desarrollo. Posteriormente se abordará el diseño del sistema, donde se muestran los documentos que sustentan esta fase.

## Gestión del proyecto

### 1. Plan del proyecto.

Con el fin de llevar un seguimiento de las tareas y actividades que conforman este proyecto, se realizó un cronograma de actividades el cual se presenta de manera completa y actualizada en el Apéndice A; debido a que hubo variaciones respecto al plan original, en esta sección se presenta una comparativa entre el plan original, el cual aparece como “línea base 1” y el actual. La Figura 7 muestra el cronograma completo sin desglose de actividades en el cual se aprecian las variaciones entre el plan original y el actual.

|    | Nombre de tarea                     | Duración   | Comienzo     | Fin          | Comienzo de línea base1 | Fin de línea base1 |
|----|-------------------------------------|------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------------|
| 1  | ▾ Trabajo Terminal                  | 151 días   | mar 08/10/19 | lun 06/07/20 | lun 07/10/19            | vie 22/05/20       |
| 2  | ▸ Análisis de requerimientos        | 9.9 días   | mar 08/10/19 | lun 21/10/19 | lun 07/10/19            | vie 18/10/19       |
| 15 | ▸ Diseño                            | 40.25 días | lun 21/10/19 | jue 30/01/20 | vie 18/10/19            | jue 30/01/20       |
| 44 | ▸ Presentación TT-1                 | 10.5 días  | vie 08/11/19 | lun 25/11/19 | vie 08/11/19            | lun 25/11/19       |
| 49 | ▸ Codificación y pruebas unitarias  | 43.85 días | jue 30/01/20 | jue 02/04/20 | jue 30/01/20            | vie 27/03/20       |
| 69 | ▸ Integración y pruebas del sistema | 12 días    | vie 03/04/20 | mié 29/04/20 | vie 27/03/20            | jue 23/04/20       |
| 76 | ▸ Entrega                           | 10.5 días  | jue 30/04/20 | mar 19/05/20 | jue 23/04/20            | lun 04/05/20       |
| 80 | ▸ Presentación TT-2                 | 34.5 días  | mar 19/05/20 | lun 06/07/20 | lun 04/05/20            | vie 22/05/20       |

Figura 7: Cronograma completo según el modelo en cascada.

En la Figura 8 se presenta la comparación entre la línea base o plan original y el plan actual para la fase de análisis de requerimientos, ya que dicha fase sufrió ciertas variaciones, las cuales se detallan en el siguiente apartado 2 (Manejo de desviaciones en la ejecución del plan).

| Nombre de tarea                                    | Duración  | Comienzo     | Fin          | Comienzo de línea base1 | Fin de línea base1 |
|--|-----------|--------------|--------------|-------------------------|--------------------|
| ▾ Trabajo Terminal                                 | 151 días  | mar 08/10/19 | lun 06/07/20 | lun 07/10/19            | vie 22/05/20       |
| ▾ Análisis de requerimientos                       | 9.9 días  | mar 08/10/19 | lun 21/10/19 | lun 07/10/19            | vie 18/10/19       |
| ▾ Etapa 1  | 9.8 días  | mar 08/10/19 | lun 21/10/19 | lun 07/10/19            | mié 16/10/19       |
| Junta para especificar requerimientos              | 0.5 días  | mar 08/10/19 | mar 08/10/19 | lun 07/10/19            | lun 07/10/19       |
| Elaborar mapa conceptual de requerimientos         | 1 día     | mar 08/10/19 | mié 09/10/19 | NOD                     | NOD                |
| Realizar documento SRS                             | 6 días    | mié 09/10/19 | jue 17/10/19 | mié 09/10/19            | lun 14/10/19       |
| Verificar SRS                                      | 0.4 días  | jue 17/10/19 | jue 17/10/19 | mar 15/10/19            | mar 15/10/19       |
| Modificar SRS                                      | 1.5 días  | jue 17/10/19 | lun 21/10/19 | mar 15/10/19            | mié 16/10/19       |
| Aprobar SRS  | 0.4 días  | lun 21/10/19 | lun 21/10/19 | mié 16/10/19            | mié 16/10/19       |
| ▾ Etapa 2  | 2 días    | jue 17/10/19 | lun 21/10/19 | mar 15/10/19            | vie 18/10/19       |
| Realizar documento de riesgos y plan de mitigación | 1 día     | jue 17/10/19 | vie 18/10/19 | mar 15/10/19            | mié 16/10/19       |
| Verificar documento de riesgos                     | 0.5 días  | vie 18/10/19 | lun 21/10/19 | mié 16/10/19            | mié 16/10/19       |
| Corregir documento de riesgos                      | 0.25 días | lun 21/10/19 | lun 21/10/19 | jue 17/10/19            | jue 17/10/19       |
| Aprobar documento de riesgos                       | 0.25 días | lun 21/10/19 | lun 21/10/19 | vie 18/10/19            | vie 18/10/19       |

Figura 8: Cronograma de la fase de análisis de requerimientos.

A continuación, en la Figura 9 se muestra una comparación entre el plan original (línea base 1) y el actual para la fase de diseño, en la cual se pueden observar los cambios y variaciones respecto al tiempo y los cuales se describen en la sección Manejo de desviaciones en la ejecución del plan.

| Nombre de tarea  | Duración          | Comienzo            | Fin                 | Comienzo de línea base1 | Fin de línea base1  |
|--|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| <b>Trabajo Terminal</b>  | <b>151 días</b>   | <b>mar 08/10/19</b> | <b>lun 06/07/20</b> | <b>lun 07/10/19</b>     | <b>vie 22/05/20</b> |
| ▶ <b>Análisis de requerimientos</b>  | <b>9.9 días</b>   | <b>mar 08/10/19</b> | <b>lun 21/10/19</b> | <b>lun 07/10/19</b>     | <b>vie 18/10/19</b> |
| <b>Diseño</b>  | <b>40.25 días</b> | <b>lun 21/10/19</b> | <b>jue 30/01/20</b> | <b>vie 18/10/19</b>     | <b>jue 30/01/20</b> |
| ▶ <b>Realizar modelos</b>  | <b>11.5 días</b>  | <b>lun 21/10/19</b> | <b>jue 07/11/19</b> | <b>vie 18/10/19</b>     | <b>jue 07/11/19</b> |
| Estudiar como hacer modelos  | 3 días            | lun 21/10/19        | jue 24/10/19        | vie 18/10/19            | mié 23/10/19        |
| Elaborar diagrama de arquitectura  | 1 día             | jue 24/10/19        | vie 25/10/19        | NOD                     | NOD                 |
| Elaborar modelos de casos de uso   | 2 días            | vie 25/10/19        | mar 29/10/19        | mié 23/10/19            | vie 25/10/19        |
| Elaborar diagramas de actividad  | 1.5 días          | mar 29/10/19        | jue 31/10/19        | vie 25/10/19            | mar 29/10/19        |
| Elaborar diagrama de clases  | 2 días            | vie 25/10/19        | mar 29/10/19        | mié 23/10/19            | vie 25/10/19        |
| Elaborar esquema de la base de datos   | 1 día             | jue 31/10/19        | lun 04/11/19        | NOD                     | NOD                 |
| Verificar modelos  | 1 día             | lun 04/11/19        | mar 05/11/19        | mar 29/10/19            | jue 31/10/19        |
| Realizar modificaciones a los modelos  | 1 día             | mar 05/11/19        | mié 06/11/19        | jue 31/10/19            | mar 05/11/19        |
| Aprobar modelos  | 1 día             | mié 06/11/19        | jue 07/11/19        | mar 05/11/19            | jue 07/11/19        |
| ▶ <b>Realizar prototipos</b>   | <b>3.75 días</b>  | <b>jue 07/11/19</b> | <b>mié 13/11/19</b> | <b>jue 07/11/19</b>     | <b>mar 12/11/19</b> |
| Elaborar prototipo de Interfaz de usuario                                    | 2 días            | jue 07/11/19        | lun 11/11/19        | jue 07/11/19            | vie 08/11/19        |
| Verificar prototipos   | 1 día             | lun 11/11/19        | mar 12/11/19        | vie 08/11/19            | lun 11/11/19        |
| Modificar prototipos   | 0.5 días          | mar 12/11/19        | mar 12/11/19        | lun 11/11/19            | lun 11/11/19        |
| Aprobar prototipos   | 0.25 días         | mar 12/11/19        | mié 13/11/19        | mar 12/11/19            | mar 12/11/19        |
| ▶ <b>Pruebas</b>   | <b>25 días</b>    | <b>mié 13/11/19</b> | <b>jue 30/01/20</b> | <b>mar 12/11/19</b>     | <b>jue 30/01/20</b> |
| ▶ <b>Diseñar pruebas unitarias</b>   | <b>8 días</b>     | <b>mié 13/11/19</b> | <b>mar 26/11/19</b> | <b>mar 12/11/19</b>     | <b>lun 25/11/19</b> |
| Diseñar pruebas de la Etapa 1 de codificación                                | 2 días            | mié 13/11/19        | vie 15/11/19        | mar 12/11/19            | jue 14/11/19        |
| Diseñar pruebas de la Etapa 2 de codificación                                | 4 días            | vie 15/11/19        | vie 22/11/19        | jue 14/11/19            | jue 21/11/19        |
| Diseñar pruebas de la Etapa 3 de codificación                                | 2 días            | vie 22/11/19        | mar 26/11/19        | jue 21/11/19            | lun 25/11/19        |
| ▶ <b>Diseñar pruebas de integración</b>                                      | <b>6 días</b>     | <b>mar 26/11/19</b> | <b>mié 04/12/19</b> | <b>lun 25/11/19</b>     | <b>mar 03/12/19</b> |
| Diseñar pruebas de integración de Etapa 1 y Etapa 2 de codificación          | 3 días            | mar 26/11/19        | vie 29/11/19        | lun 25/11/19            | jue 28/11/19        |
| Diseñar pruebas de integración de Etapa 1, Etapa 2 y Etapa 3 de codificación | 3 días            | vie 29/11/19        | mié 04/12/19        | jue 28/11/19            | mar 03/12/19        |
| Diseñar pruebas del sistema  | 4 días            | mié 04/12/19        | mar 21/01/20        | mar 03/12/19            | mar 21/01/20        |
| Verificar pruebas  | 1 día             | mar 21/01/20        | mié 22/01/20        | mar 21/01/20            | mié 22/01/20        |
| Documentar pruebas   | 3 días            | mié 22/01/20        | lun 27/01/20        | mié 22/01/20            | lun 27/01/20        |
| Corregir pruebas   | 2 días            | lun 27/01/20        | mié 29/01/20        | lun 27/01/20            | mié 29/01/20        |
| Aprobar pruebas corregidas   | 1 día             | mié 29/01/20        | jue 30/01/20        | mié 29/01/20            | jue 30/01/20        |

Figura 9: Cronograma de la fase de diseño.

En la Figura 10 se muestra la comparación de la línea base y el plan final para la fase de Codificación y pruebas unitarias, así como para cada una de sus etapas. Esta fase tuvo algunas modificaciones las cuales se describen en el siguiente apartado.

| Nombre de tarea                                      | Duración   | Comienzo     | Fin          | Comienzo de línea base1 | Fin de línea base1 |
|--|------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------------|
| ▷ Diseño   | 40.25 días | lun 21/10/19 | jue 30/01/20 | vie 18/10/19            | jue 30/01/20       |
| ▷ Presentación TT-1                                  | 10.5 días  | vie 08/11/19 | lun 25/11/19 | vie 08/11/19            | lun 25/11/19       |
| ◄ Codificación y pruebas unitarias                   | 43.85 días | jue 30/01/20 | jue 02/04/20 | jue 30/01/20            | vie 27/03/20       |
| ◄ Etapa 1  | 9 días     | jue 30/01/20 | jue 13/02/20 | jue 30/01/20            | jue 13/02/20       |
| Cargar imagen  | 2 días     | jue 30/01/20 | mar 04/02/20 | jue 30/01/20            | mar 04/02/20       |
| Ajustar imagen(dimensión y color)                    | 4 días     | mar 04/02/20 | lun 10/02/20 | mar 04/02/20            | lun 10/02/20       |
| Probar carga y ajuste de imagen                      | 2 días     | lun 10/02/20 | mié 12/02/20 | lun 10/02/20            | mié 12/02/20       |
| Junta de estatus                                     | 1 día      | mié 12/02/20 | jue 13/02/20 | mié 12/02/20            | jue 13/02/20       |
| ◄ Etapa 2  | 26.85 días | jue 13/02/20 | lun 23/03/20 | jue 13/02/20            | jue 12/03/20       |
| Estudiar técnicas de detección de bordes             | 3 días     | jue 13/02/20 | mar 18/02/20 | jue 13/02/20            | mar 18/02/20       |
| Detectar bordes en la imagen                         | 5 días     | mar 18/02/20 | mar 25/02/20 | mar 18/02/20            | mar 25/02/20       |
| Preparar probetas metalográficas                     | 7 días     | mar 25/02/20 | jue 05/03/20 | NOD                     | NOD                |
| Estimar el tamaño de grano en la imagen segmentada   | 7 días     | vie 06/03/20 | mar 17/03/20 | mar 25/02/20            | vie 06/03/20       |
| Realizar pruebas de detección y estimación del grano | 2 días     | mié 18/03/20 | jue 19/03/20 | vie 06/03/20            | mar 10/03/20       |
| Actualizar planeación                                | 1 día      | vie 20/03/20 | vie 20/03/20 | mar 10/03/20            | mié 11/03/20       |
| Junta de estatus                                     | 1 día      | lun 23/03/20 | lun 23/03/20 | mié 11/03/20            | jue 12/03/20       |
| ◄ Etapa 3  | 8 días     | mar 24/03/20 | jue 02/04/20 | jue 12/03/20            | vie 27/03/20       |
| Codificar modelo ER(almacenamiento de los datos)     | 2 días     | mar 24/03/20 | mié 25/03/20 | jue 12/03/20            | mié 18/03/20       |
| Visualizar los datos y estadísticas                  | 2 días     | jue 26/03/20 | vie 27/03/20 | mié 18/03/20            | lun 23/03/20       |
| Realizar Pruebas                                     | 2 días     | lun 30/03/20 | mar 31/03/20 | lun 23/03/20            | mié 25/03/20       |
| Actualizar planeación                                | 1 día      | mié 01/04/20 | mié 01/04/20 | mié 25/03/20            | jue 26/03/20       |
| Junta de estatus                                     | 1 día      | jue 02/04/20 | jue 02/04/20 | jue 26/03/20            | vie 27/03/20       |

Figura 10: Cronograma de la fase de codificación y pruebas unitarias.

La Figura 11 muestra la comparativa del plan original frente al final de la fase de integración y pruebas del sistema. Así como los cambios que sufrió esta fase en sus actividades, las cuales se detallan más adelante.

| Nombre de tarea                              | Duración   | Comienzo     | Fin          | Comienzo de línea base1 | Fin de línea base1 |
|--|------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------------|
| ▷ Diseño                                     | 40.25 días | lun 21/10/19 | jue 30/01/20 | vie 18/10/19            | jue 30/01/20       |
| ▷ Presentación TT-1                          | 10.5 días  | vie 08/11/19 | lun 25/11/19 | vie 08/11/19            | lun 25/11/19       |
| ▷ Codificación y pruebas unitarias           | 43.85 días | jue 30/01/20 | jue 02/04/20 | jue 30/01/20            | vie 27/03/20       |
| ◀ Integración y pruebas del sistema          | 12 días    | vie 03/04/20 | mié 29/04/20 | vie 27/03/20            | jue 23/04/20       |
| ▶ Pruebas de integración                     | 5 días     | vie 03/04/20 | lun 20/04/20 | vie 27/03/20            | vie 03/04/20       |
| Etapa 1 y Etapa 2                            | 2 días     | vie 03/04/20 | lun 06/04/20 | vie 27/03/20            | mar 31/03/20       |
| Etapa 1, Etapa 2 y Etapa 3                   | 3 días     | mar 07/04/20 | lun 20/04/20 | mar 31/03/20            | vie 03/04/20       |
| Prueba de sistema                            | 3 días     | mar 21/04/20 | jue 23/04/20 | vie 03/04/20            | mié 08/04/20       |
| Junta de estatus                             | 1 día      | vie 24/04/20 | vie 24/04/20 | mié 08/04/20            | lun 20/04/20       |
| Actualizar documentación                     | 3 días     | lun 27/04/20 | mié 29/04/20 | lun 20/04/20            | jue 23/04/20       |
| ◀ Entrega                                    | 10.5 días  | jue 30/04/20 | mar 19/05/20 | jue 23/04/20            | lun 04/05/20       |
| Actualizar planeación                        | 0.5 días   | jue 30/04/20 | jue 30/04/20 | jue 23/04/20            | jue 23/04/20       |
| Elaborar documentación faltante del proyecto | 9 días     | jue 30/04/20 | lun 18/05/20 | jue 23/04/20            | jue 30/04/20       |
| Junta de estatus para revisar proyecto       | 1 día      | lun 18/05/20 | mar 19/05/20 | jue 30/04/20            | lun 04/05/20       |
| ◀ Presentación TT-2                          | 34.5 días  | mar 19/05/20 | lun 06/07/20 | lun 04/05/20            | vie 22/05/20       |
| Documentar codificación e integración        | 12 días    | mar 19/05/20 | jue 04/06/20 | lun 04/05/20            | mié 13/05/20       |
| Elaborar video de funcionamiento             | 5 días     | jue 04/06/20 | jue 11/06/20 | NOD                     | NOD                |
| Elaborar presentación                        | 4 días     | jue 11/06/20 | mié 17/06/20 | mié 13/05/20            | mié 20/05/20       |
| Aprobar presentación                         | 1 día      | mié 17/06/20 | jue 18/06/20 | mié 20/05/20            | jue 21/05/20       |
| Presentar TT-2                               | 1 día      | lun 06/07/20 | lun 06/07/20 | jue 21/05/20            | vie 22/05/20       |

Figura 11: Cronograma de la fase de integración y pruebas del sistema.

## **2. Manejo de desviaciones en la ejecución del plan.**

Como se mencionó, el plan de trabajo sufrió ciertos cambios los cuales se detallan para cada una de las fases afectadas a continuación:

### **Fase de análisis de requerimientos.**

- La reunión para especificar requerimientos programada inicialmente para el día 7 de octubre del 2019 se cambió para el día 8 de octubre, esto por motivos de disponibilidad de horario.
- Con el fin de comprender mejor los requerimientos del proyecto, se agregó la elaboración del mapa conceptual de requerimientos, la cual no se había contemplado inicialmente.
- La elaboración del documento SRS se extendió de 4 a 6 días debido a la falta de experiencia realizando este tipo de documentos ya que hubo un cambio en el formato por los que se tuvieron que hacer las modificaciones pertinentes.

Por dichos motivos se tuvo que trabajar en esta fase más tiempo del contemplado inicialmente terminando las actividades de esta etapa el día 21 de octubre del 2019.

### **Fase de diseño.**

- Se agregó la elaboración del diagrama de arquitectura y esquema de la base de datos con el fin de complementar la documentación generada, ya que esta resulta importante para las fases posteriores del proyecto.

Cabe señalar que hubo actividades en esta fase en las que se sobreestimó el tiempo necesario para su realización, por ejemplo, al momento de elaborar los diagramas, el tiempo destinado para cada uno se redujo aproximadamente 1 día, esto ayudó a recuperar el tiempo extra que se invirtió en la fase de análisis de requerimientos y a que no se dieran retrasos en las actividades posteriores de esta fase.

### **Fase de codificación y pruebas unitarias.**

- Se agregó la preparación de probetas metalográficas como se muestra en el Apéndice E con el fin de obtener más imágenes metalográficas que apoyaran en la realización de las pruebas del sistema. Esta tarea significó un trabajo no contemplado de 7 días, ya que se realizaron todas las etapas del análisis metalográfico mencionado anteriormente en este

documento, desde la selección y encapsulado de las muestras hasta su pulido y ataque químico; obteniendo finalmente la imagen metalográfica con apoyo del equipo con el que cuentan los laboratorios de metalurgia.

Debido a esto la tarea que se tenía contemplada para el día 25 de febrero del 2020 tuvo que ser aplazada para el día 6 de marzo del 2020, por lo que las tareas posteriores tuvieron algunos cambios en sus fechas de inicio. Cabe mencionar que como en fases anteriores, algunas tareas se realizaron en un tiempo menor al previsto.

### **Fase de integración y prueba del sistema.**

- Las pruebas de las etapas 1, 2 y 3 de la fase de codificación se concluyeron un poco después de la fecha que se tenía contemplada inicialmente, esto debido a los días extras que se trabajaron en la fase anterior ya que esta tarea estuvo en medio de los días programados como no laborables por ser vacaciones.

A pesar de los cambios en las fechas de esta fase, los tiempos de trabajo dedicados a cada tarea se mantuvieron apegados a los que se tenían planeados originalmente. Cabe mencionar que también se trabajó un poco durante los fines de semana para recuperar algo del tiempo aplazado por la fase anterior.

### **3. Plan de los riesgos del proyecto.**

Se realizó una matriz de riesgos (disponible en el Apéndice B) para apoyar en el manejo y seguimiento de posibles eventos que pudieron suceder a lo largo del desarrollo del proyecto y afectar su progreso.

De los riesgos contemplados, a lo largo del desarrollo del proyecto se suscitaron dos de ellos, los cuales son el R-03 y R-04. El primero de ellos se refiere a que en alguna etapa o actividad del proyecto se lleve más tiempo del planeado, en este caso, el tiempo de desarrollo del documento de SRS fue mayor del estimado debido a la falta de experiencia en la elaboración de documentos de este tipo y a que se hicieron cambios en el formato de este documento, por lo que la fase de Análisis de requerimientos necesitó de más tiempo de trabajo para su

finalización, sin embargo no hubo un impacto significativo que afectara en las etapas posteriores del proyecto.

El segundo riesgo que se presentó fue el referente a la pérdida de información. Al estar trabajando en el diseño del diagrama de casos de uso, el equipo en el que se estaba trabajando se apagó y se tuvo que regresar a una versión anterior que se tenía guardada en la nube.

Por otra parte, se presentó un suceso que no se tenía contemplado, este fue la suspensión de actividades escolares debido a la contingencia sanitaria causada por la pandemia Covid-19. Esto causó que a partir del día 17 de marzo del 2020 y hasta la conclusión del semestre escolar en curso, se suspendieron las actividades presenciales, por lo que durante ese periodo no fue posible trabajar dentro de las instalaciones de la escuela, ni trabajar en persona con los asesores o director de proyecto. Por esto mismo, se tomaron las medidas correspondientes y el trabajo se finalizó desde casa.

Afortunadamente, el proyecto ya tenía un buen grado de avance en ese punto y la parte más importante del software ya se había construido. Esto permitió que trabajar a distancia no fuera tan pesado y se centrara más en arreglar aspectos pequeños del software y en documentación principalmente.

# Desarrollo del proyecto

## 1. Resumen del análisis del sistema.

Para comprender mejor los requerimientos del sistema se realizó el mapa conceptual que se observa en la Figura 12 en el que se incluyen las funciones y características generales que tendrá el sistema.

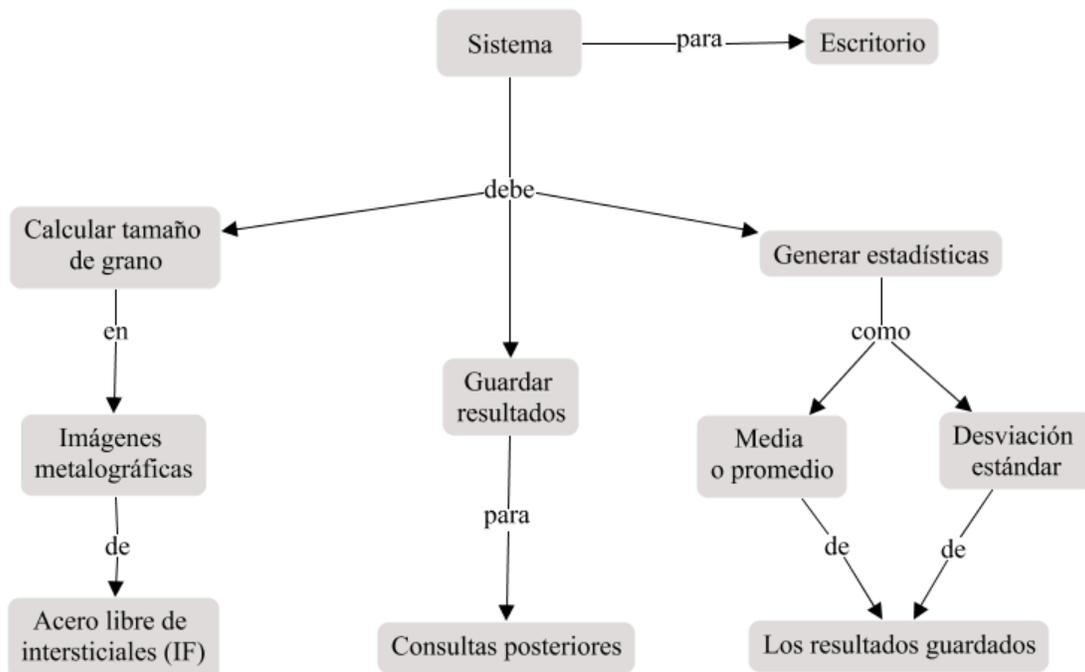


Figura 12: Mapa conceptual de requerimientos.

Posteriormente se elaboró un Documento de Especificación de Requerimientos (SRS), que se encuentra en el Apéndice C, en el cual se especifican los requerimientos del sistema, los cuales fueron validados por el director y asesores de proyecto. A continuación, se presentan los requerimientos establecidos en el SRS.

*Tabla 3: Requerimiento RQ-01.*

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-01   |
| <b>Nombre</b>            | Cargar imagen al sistema  |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-01   |
| <b>Entrada</b>           | Una imagen metalográfica que deberá estar en formato jpg, jpeg o png. |
| <b>Proceso</b>           | El usuario selecciona una imagen y la carga al sistema.               |
| <b>Salida</b>            | Se muestra la imagen en una ventana.                                  |

*Tabla 4: Requerimiento RQ-02.*

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-02   |
| <b>Nombre</b>            | Ajustar la imagen   |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-01   |
| <b>Entrada</b>           | La imagen que ha sido cargada al sistema  |
| <b>Proceso</b>           | Una vez que el usuario a cargado la imagen, el sistema realizará los ajustes necesarios a la imagen para su análisis, como redimensionamiento, escala de grises y/o binarización. |
| <b>Salida</b>            | Imagen ajustada   |

*Tabla 5: Requerimiento RQ-03.*

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-03   |
| <b>Nombre</b>            | Conteo de bordes en la imagen   |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-01   |
| <b>Entrada</b>           | Como entrada será necesaria la imagen ajustada.   |
| <b>Proceso</b>           | El sistema analizará la imagen para realizar un conteo del número de bordes presentes de acuerdo con la norma ASTM-E112, y obtendrá un valor numérico como resultado del proceso. |
| <b>Salida</b>            | Un valor numérico que servirá al sistema para el cálculo del tamaño de grano.   |

Tabla 6: Requerimiento RQ-04.

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-04   |
| <b>Nombre</b>            | Estimar tamaño de grano   |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-01   |
| <b>Entrada</b>           | Como entrada será necesario el resultado obtenido en el conteo de bordes, así como los aumentos y escala de la imagen.  |
| <b>Proceso</b>           | El sistema tomará los datos de entrada y realizará las operaciones correspondientes para realizar el cálculo según la norma ASTM-E112. El resultado será mostrado al usuario en pantalla. |
| <b>Salida</b>            | Resultado del tamaño de grano en pantalla.  |

Tabla 7: Requerimiento RQ-05.

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-05   |
| <b>Nombre</b>            | Guardar resultados  |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-02   |
| <b>Entrada</b>           | Identificador, fecha, resultado del tamaño de grano, escala y aumentos  |
| <b>Proceso</b>           | Después de realizar la estimación del tamaño, el usuario podrá seleccionar la opción de guardar los resultados. |
| <b>Salida</b>            | Mensaje de guardado exitoso.  |

Tabla 8: Requerimiento RQ-06.

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-06   |
| <b>Nombre</b>            | Calcular promedio   |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-03   |
| <b>Entrada</b>           | Como entradas serán necesarios los resultados que se hayan guardados previamente.   |
| <b>Proceso</b>           | El usuario puede seleccionar la opción de calcular promedio.<br>El sistema obtendrá los datos almacenados y el total de datos<br>El sistema realizará las operaciones correspondientes y mostrará el resultado en pantalla. |
| <b>Salida</b>            | Resultado del promedio en pantalla  |

Tabla 9: Requerimiento RQ-07.

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-07  |
| <b>Nombre</b>            | Calcular desviación estándar   |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-03  |
| <b>Entrada</b>           | Como entrada son necesarios los resultados del tamaño de grano que hayan sido almacenados anteriormente.   |
| <b>Proceso</b>           | El usuario puede seleccionar la opción de calcular desviación estándar.<br>El sistema obtendrá los datos almacenados y el total de datos<br>El sistema realizará las operaciones correspondientes y mostrará el resultado en pantalla. |
| <b>Salida</b>            | El sistema mostrará los resultados de la desviación estándar en pantalla.  |

Tabla 10: Requerimiento RQ-08.

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-08  |
| <b>Nombre</b>            | Generar gráfica de la desviación estándar  |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-03  |
| <b>Entrada</b>           | Como entrada son necesarios los resultados del tamaño de grano que hayan sido almacenados anteriormente.   |
| <b>Proceso</b>           | El usuario puede seleccionar la opción de calcular desviación estándar.<br>El sistema obtendrá los datos almacenados y el total de datos<br>El sistema generará la gráfica correspondiente en pantalla |
| <b>Salida</b>            | El sistema muestra una gráfica de dispersión para la desviación estándar   |

Tabla 11: Requerimiento RQ-09.

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-09   |
| <b>Nombre</b>            | Visualizar datos almacenados  |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-02   |
| <b>Entrada</b>           | Como entrada son necesarios los datos del tamaño de grano que hayan sido almacenados anteriormente.   |
| <b>Proceso</b>           | El usuario puede seleccionar la opción de datos almacenados.<br>El sistema obtendrá los datos almacenados.<br>El sistema muestra al usuario los datos existentes en pantalla. |
| <b>Salida</b>            | El sistema mostrará los datos existentes al usuario.  |

Tabla 12: Requerimiento RQ-10.

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-10  |
| <b>Nombre</b>            | Estimar porcentaje de grano  |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-01  |
| <b>Entrada</b>           | Imagen metalográfica cargada en el sistema   |
| <b>Proceso</b>           | <p>El usuario puede seleccionar una parte de la imagen.</p> <p>El sistema obtiene las dimensiones de la imagen y de la parte seleccionada.</p> <p>El sistema calcula el porcentaje de la parte seleccionada respecto a la imagen original.</p> <p>El sistema muestra el resultado en pantalla.</p> |
| <b>Salida</b>            | El sistema muestra el porcentaje de la parte seleccionada con respecto a la imagen.  |

## 2. Diseño del sistema.

En esta sección se muestran los diseños resultantes del análisis del proyecto en base al plan de trabajo.

### a. Diseño Arquitectural.

Para representar la arquitectura del sistema se realizó un modelo de componentes, el cual proporciona una vista de alto nivel de los componentes y sus relaciones. Los componentes del sistema y sus relaciones se muestran en la Figura 13.

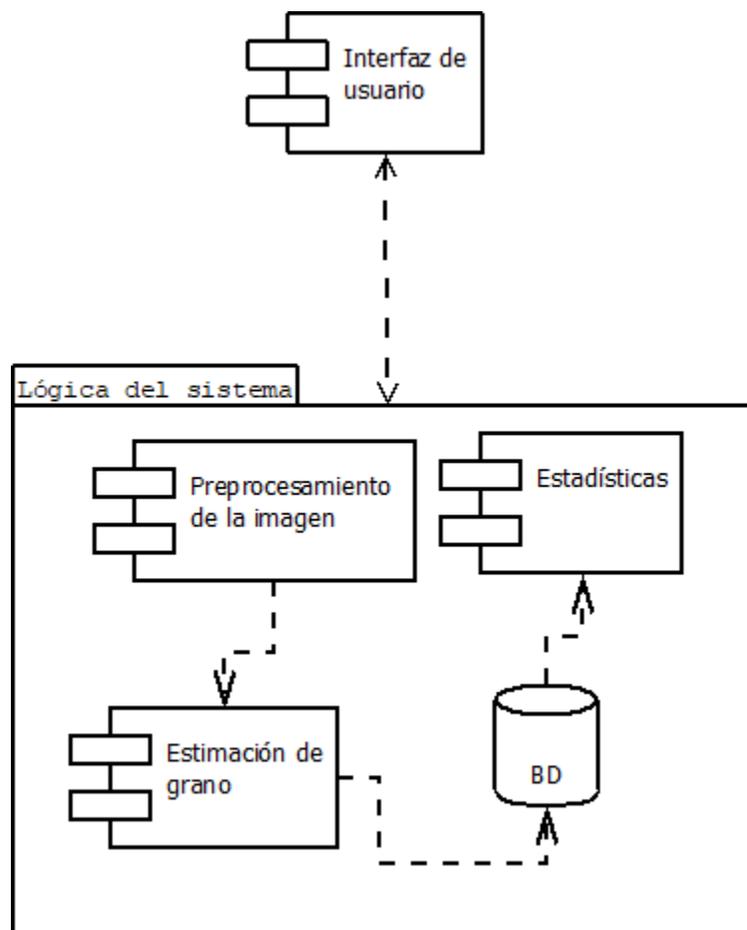


Figura 13: Diagrama de componentes.

## b. Diseño detallado

### Diagrama de casos de uso.

Un caso de uso describe una función de un sistema desde el punto de vista del usuario [34], es por esto que se elaboró un diagrama de casos de uso que permite visualizar de manera gráfica las actividades con las que el usuario interactúa con el sistema. En la Figura 14 se muestra el diagrama de casos de uso general realizado para el sistema.

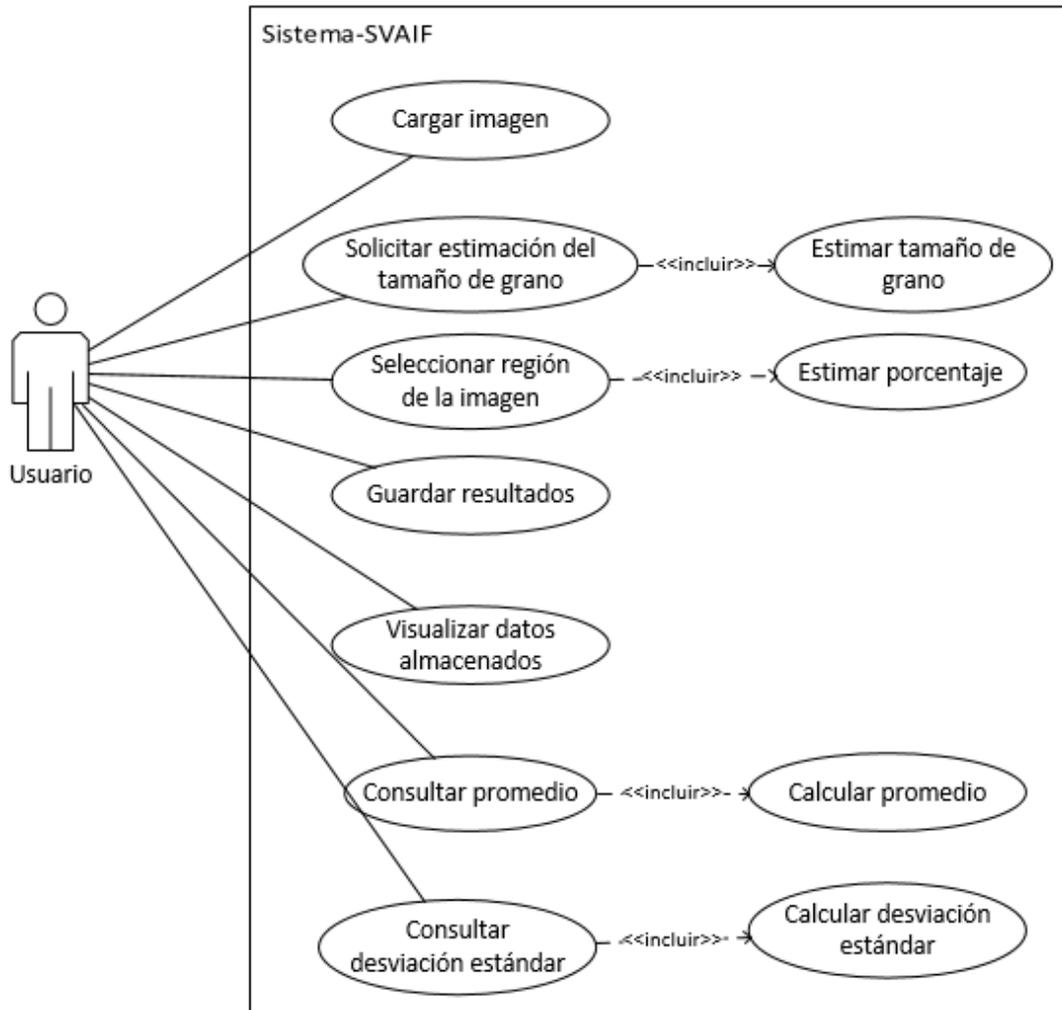


Figura 14: Diagrama de caso de uso general.

A continuación, en la Tabla 13 se muestran los casos de uso identificados y posteriormente se describe cada uno de ellos.

*Tabla 13: Descripción de casos de uso.*

| Caso de Uso  | Nombre descriptivo                       |
|--------------|--|
| <b>CU_01</b> | Cargar imagen                            |
| <b>CU_02</b> | Solicitar estimación del tamaño de grano |
| <b>CU_03</b> | Guardar resultados                       |
| <b>CU_04</b> | Visualizar datos almacenados             |
| <b>CU_05</b> | Consultar promedio                       |
| <b>CU_06</b> | Consultar desviación estándar            |
| <b>CU_07</b> | Seleccionar región de la imagen          |

### **Caso de uso CU\_01.**

*Tabla 14: Caso de uso CU\_01.*

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>No. caso de uso: CU_01</b>       | <b>Nombre: Cargar imagen</b>   |
| <b>ACTOR PRINCIPAL:</b>             | Usuario  |
| <b>PRECONDICIONES:</b>              | El usuario debe tener la imagen que será cargada al sistema en su pc.  |
| <b>POSCONDICIONES:</b>              | Si la imagen tiene un formato válido, esta se muestra en pantalla.   |
| <b>FLUJO BÁSICO:</b>                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario entra al sistema.</li> <li>2. El usuario selecciona la opción de cargar imagen.</li> <li>3. El sistema solicita al usuario que introduzca la imagen.</li> <li>4. El sistema muestra la imagen.</li> </ol> |
| <b>FLUJO ALTERNATIVO:</b>           | Si la imagen no tiene un formato válido el sistema muestra un mensaje de imagen no válida.   |
| <b>REQUERIMIENTOS RELACIONADOS:</b> | RQ-01  |

## Caso de uso CU\_02.

Tabla 15: Caso de uso CU\_02.

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| <b>No. caso de uso:</b> CU_02       | <b>Nombre:</b> Solicitar estimación del tamaño de grano   |
| <b>ACTOR PRINCIPAL:</b>             | Usuario   |
| <b>PRECONDICIONES:</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La imagen ya debe estar cargada en el sistema</li> <li>• La imagen ya debe estar ajustada por el sistema</li> <li>• El usuario debe ingresar la escala y aumentos de la imagen en los campos correspondientes.</li> </ul>  |
| <b>POSCONDICIONES:</b>              |   |
| <b>FLUJO BÁSICO:</b>                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción de estimar tamaño de grano en el sistema.</li> <li>2. El sistema realiza un conteo de bordes en la imagen y realiza las operaciones necesarias.</li> <li>3. El sistema muestra al usuario el resultado del tamaño de grano estimado.</li> </ol> |
| <b>FLUJO ALTERNATIVO:</b>           | El sistema muestra un mensaje de error en caso de que el usuario haya ingresado un dato incorrecto.   |
| <b>REQUERIMIENTOS RELACIONADOS:</b> | RQ-02, RQ-03, RQ-04   |

## Caso de uso CU\_03.

Tabla 16: Caso de uso CU\_03.

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>No. caso de uso:</b> CU_03       | <b>Nombre:</b> Guardar resultados  |
| <b>ACTOR PRINCIPAL:</b>             | Usuario  |
| <b>PRECONDICIONES:</b>              | Haber realizado la estimación de tamaño de grano previamente.  |
| <b>POSCONDICIONES:</b>              | El sistema muestra al usuario un mensaje de guardado exitoso   |
| <b>FLUJO BÁSICO:</b>                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción de guardar.</li> <li>2. El sistema solicita al usuario un nombre para identificar los datos a guardar.</li> <li>3. El sistema guarda el nombre, fecha, escala, aumentos y el resultado de la estimación del tamaño de grano.</li> <li>4. El sistema muestra un mensaje de guardado exitoso.</li> </ol> |
| <b>FLUJO ALTERNATIVO:</b>           | En caso de que falle la conexión el sistema muestra un mensaje de error.   |
| <b>REQUERIMIENTOS RELACIONADOS:</b> | RQ-05  |

## Caso de uso CU\_04.

Tabla 17: Caso de uso CU\_04

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>No. caso de uso:</b> CU_04       | <b>Nombre:</b> Visualizar datos almacenados  |
| <b>ACTOR PRINCIPAL:</b>             | Usuario  |
| <b>PRECONDICIONES:</b>              | Deben existir datos guardados previamente.   |
| <b>POSCONDICIONES:</b>              | El sistema muestra al usuario los datos existentes.  |
| <b>FLUJO BÁSICO:</b>                | <ol style="list-style-type: none"><li>1. El usuario selecciona la opción de “Datos almacenados”.</li><li>2. El sistema obtiene los datos que hay guardados.</li><li>3. El sistema muestra al usuario los datos existentes.</li></ol> |
| <b>FLUJO ALTERNATIVO:</b>           | En caso de que falle la conexión el sistema muestra un mensaje de error.   |
| <b>REQUERIMIENTOS RELACIONADOS:</b> | RQ-09  |

## Caso de uso CU\_05.

Tabla 18: Caso de uso CU\_05.

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>No. caso de uso:</b> CU_05       | <b>Nombre:</b> Consultar promedio  |
| <b>ACTOR PRINCIPAL:</b>             | Usuario  |
| <b>PRECONDICIONES:</b>              | Deben existir datos guardados previamente.   |
| <b>POSCONDICIONES:</b>              | El sistema muestra al usuario el resultado del promedio de los datos.  |
| <b>FLUJO BÁSICO:</b>                | <ol style="list-style-type: none"><li>1. El usuario selecciona la opción de calcular promedio.</li><li>2. El sistema obtiene los datos del tamaño de grano que han sido almacenados.</li><li>3. El sistema realiza las operaciones necesarias.</li><li>4. El sistema muestra al usuario el resultado de la operación</li></ol> |
| <b>FLUJO ALTERNATIVO:</b>           | En caso de que falle la conexión el sistema muestra un mensaje de error.   |
| <b>REQUERIMIENTOS RELACIONADOS:</b> | RQ-06  |

## Caso de uso CU\_06.

Tabla 19: Caso de uso CU\_06.

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>No. Caso de uso:</b> CU_06       | <b>Nombre:</b> Consultar desviación estándar   |
| <b>ACTOR PRINCIPAL:</b>             | Usuario  |
| <b>PRECONDICIONES:</b>              | Deben existir datos guardados previamente.   |
| <b>POSCONDICIONES:</b>              | El sistema muestra al usuario el resultado de la operación   |
| <b>FLUJO BÁSICO:</b>                | <ol style="list-style-type: none"><li>1. El usuario selecciona la opción calcular desviación estándar.</li><li>2. El sistema obtiene los datos del tamaño de grano que han sido almacenados.</li><li>3. El sistema realiza las operaciones necesarias.</li><li>4. El sistema muestra al usuario el resultado de la operación</li></ol> |
| <b>FLUJO ALTERNATIVO:</b>           | En caso de que falle la conexión el sistema muestra un mensaje de error.   |
| <b>REQUERIMIENTOS RELACIONADOS:</b> | RQ-07, RQ-08   |

## Caso de uso CU\_07.

Tabla 20: Caso de uso CU\_07.

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>No. Caso de uso:</b> CU_07 | <b>Nombre:</b> Seleccionar región de la imagen  |
| <b>ACTOR PRINCIPAL:</b>       | Usuario   |
| <b>PRECONDICIONES:</b>        | Imagen previamente cargada en el sistema  |
| <b>POSCONDICIONES:</b>        | El sistema muestra al usuario el resultado de la operación  |
| <b>FLUJO BÁSICO:</b>          | <ol style="list-style-type: none"><li>1. El usuario selecciona una región dentro de la imagen cargada.</li><li>2. El sistema obtiene las dimensiones de la imagen y de la parte seleccionada.</li><li>3. El sistema calcula el porcentaje de la parte seleccionada respecto a la imagen original.</li><li>4. El sistema muestra el resultado en pantalla.</li></ol> |

## Diagrama de actividades

Un diagrama de actividades enriquece al de casos de uso ya que permite ver una representación gráfica del flujo de interacción de un escenario específico [34]. Para este proyecto se realizaron tres diagramas de actividades, uno que muestra el flujo general del sistema, otro que muestra el flujo para cargar una imagen al sistema y otro para mostrar el flujo de la estimación del tamaño de grano. En el diagrama de la Figura 15 se muestra el flujo general del sistema.

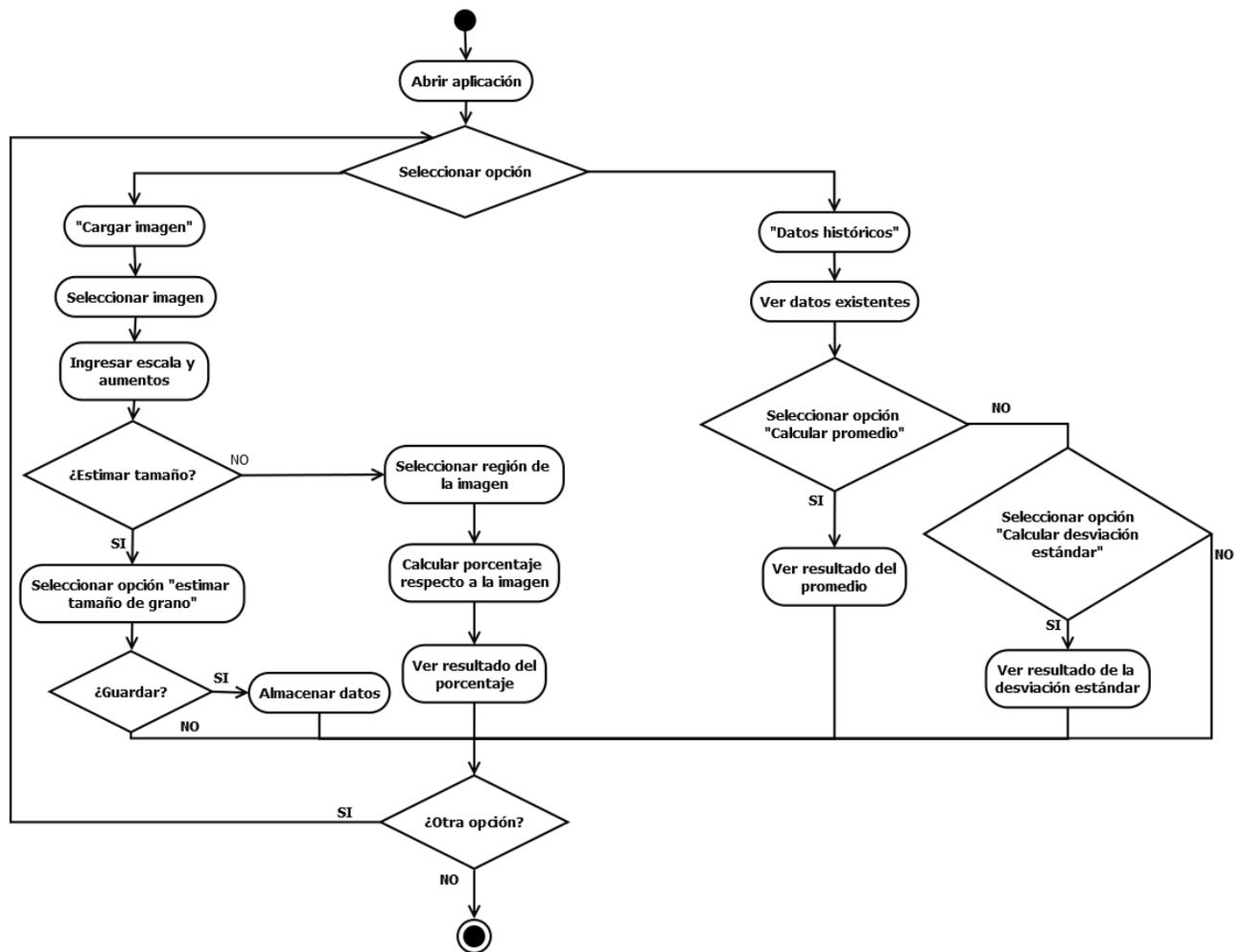


Figura 15: Diagrama de actividades general del sistema.

La secuencia de actividades para cargar una imagen se muestra en el diagrama de la Figura 16.

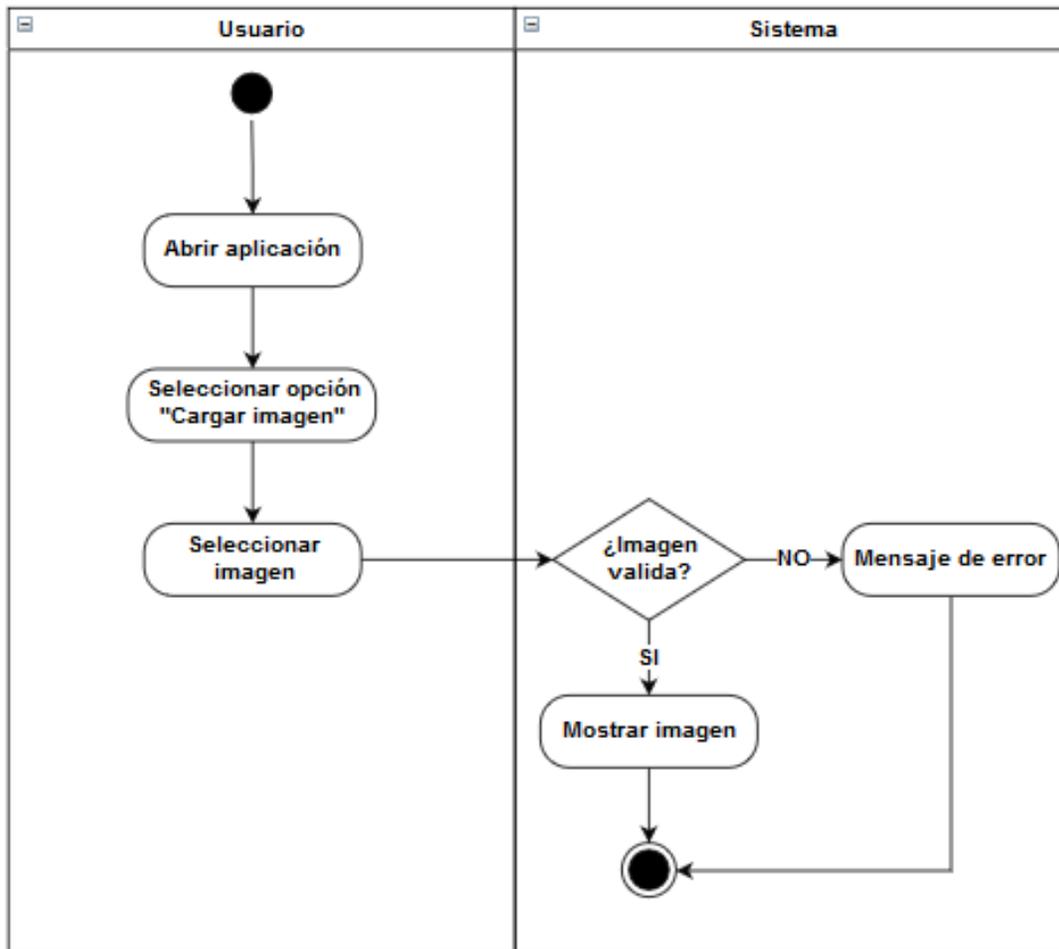


Figura 16: Diagrama de actividad para cargar una imagen.

El flujo para estimar el tamaño de grano se muestra en el diagrama de la Figura 17.

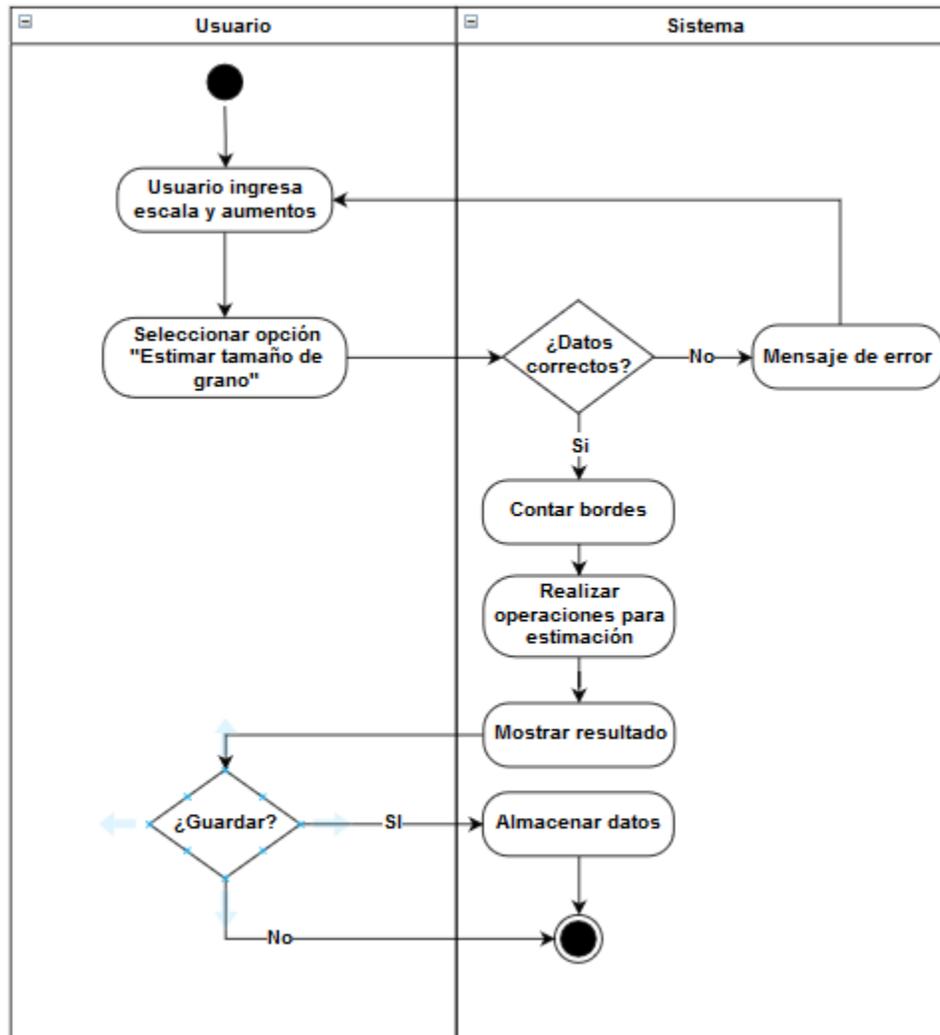


Figura 17: Diagrama de actividad para estimar tamaño de grano.

## Diagrama de clases

En la Figura 18 se muestra el diagrama de clases correspondiente al proyecto, este muestra los objetos que tendrá el sistema, así como las relaciones que existirán entre estos. Muestra también los atributos y operaciones con los que contará cada clase.

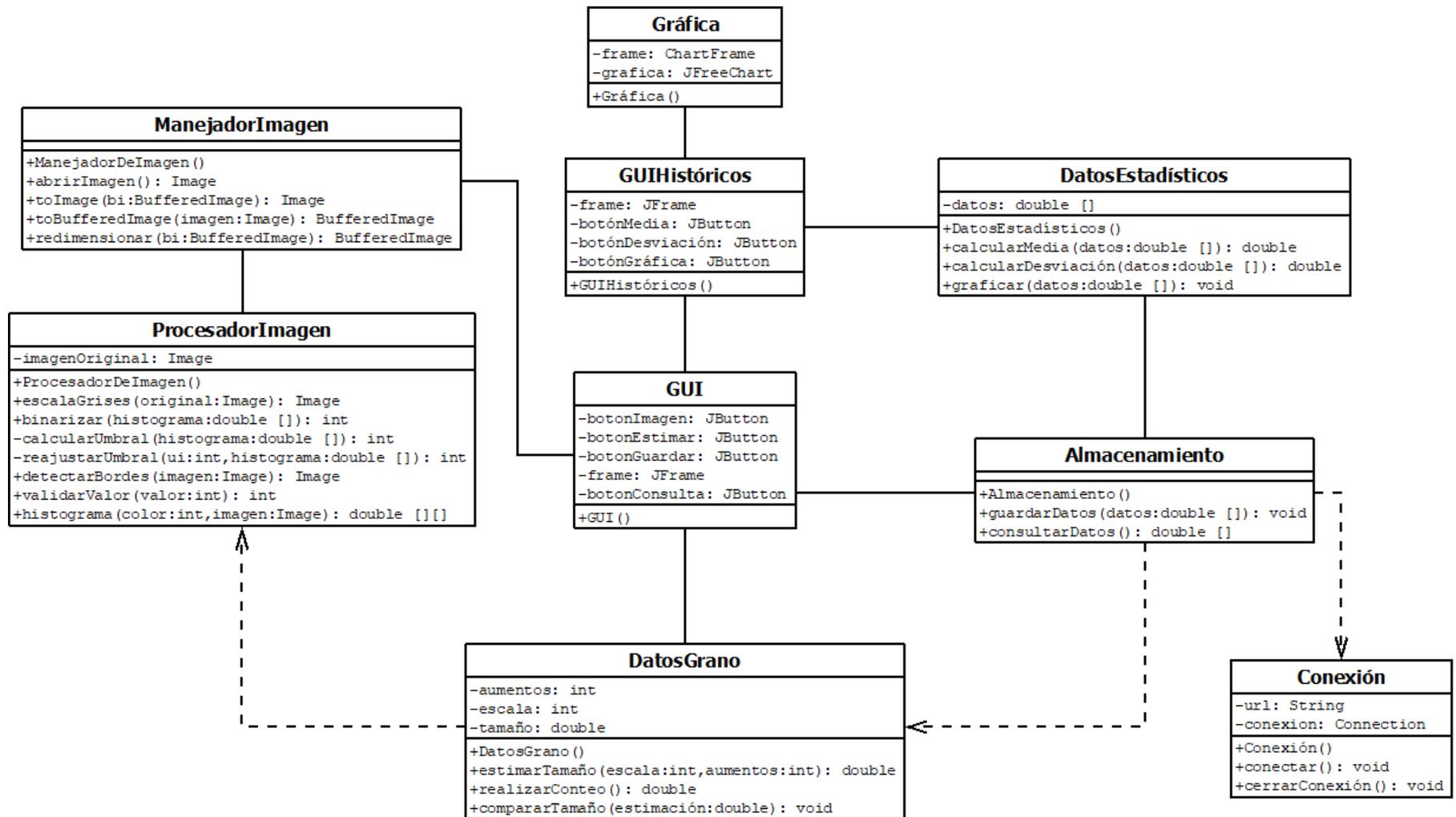


Figura 18: Diagrama de clases.

## Prototipos de pantalla

Se realizaron tres prototipos de pantalla para el proyecto de acuerdo con los requisitos del sistema, una pantalla para la interfaz principal, que se muestra en la Figura 19; una pantalla para la consulta de los datos históricos y generación de datos estadísticos, que se muestra en la Figura 20; y una pantalla para visualizar la gráfica de la desviación estándar, que se muestra en la Figura 21.

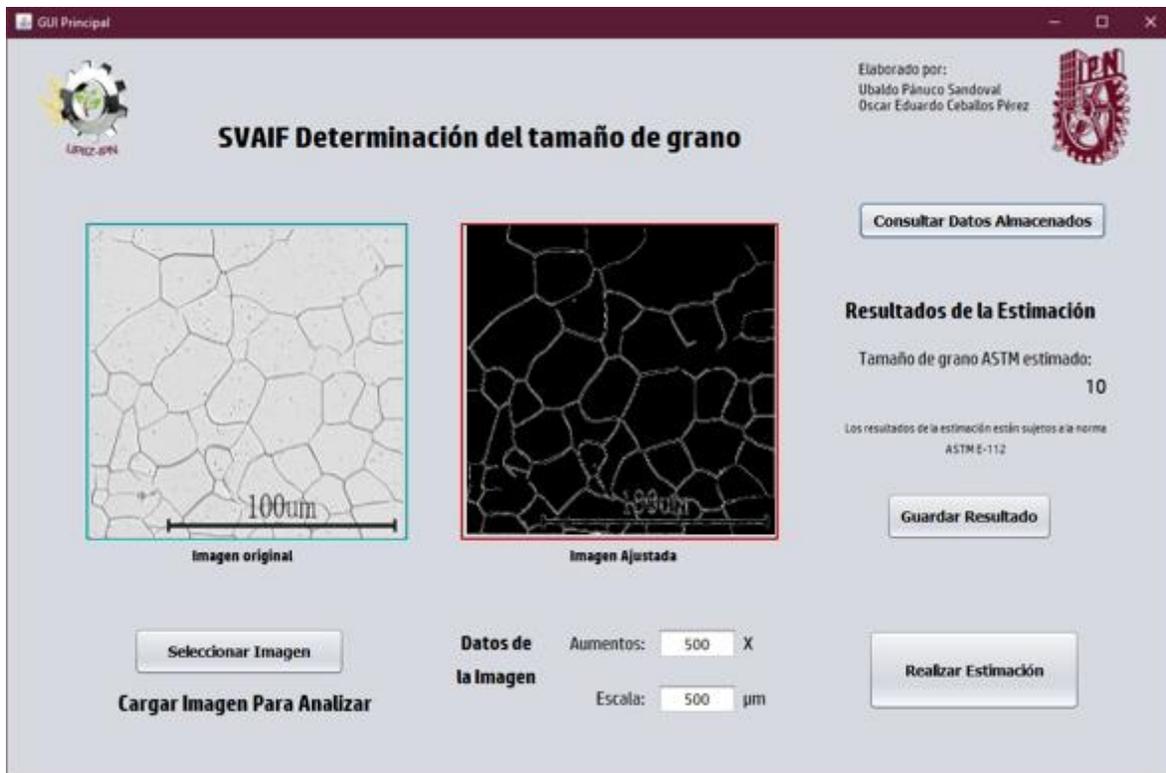


Figura 19: Diseño de pantalla principal.

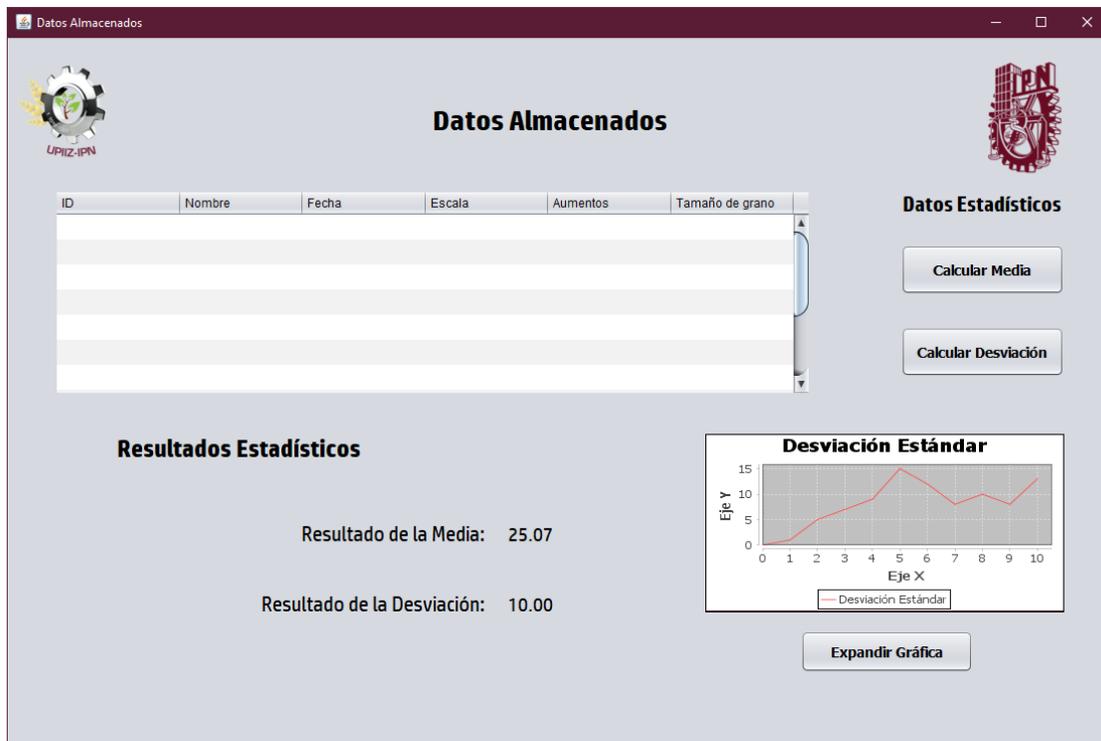


Figura 20: Diseño de pantalla de datos históricos y estadísticas.

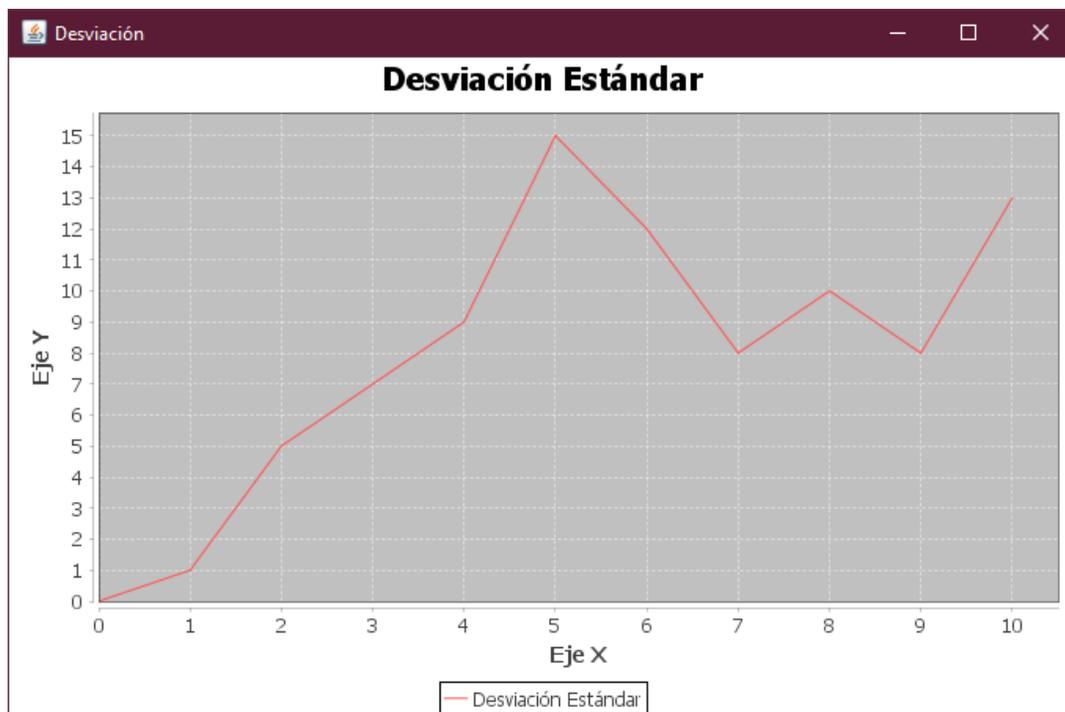


Figura 21: Diseño de pantalla para grafica de desviación estándar.

### **c. Matriz de trazabilidad**

En la Tabla 21 se muestra la trazabilidad de los elementos del proyecto hasta su fase final de acuerdo con las siguientes relaciones:

- Objetivo → Requerimientos
- Requerimiento → Diseños
- Diseño → Componentes
- Componente → Pruebas

El seguimiento de esta matriz se realizó a lo largo de cada una de las fases de desarrollo del proyecto.

Tabla 21: Matriz de trazabilidad.

| Objetivo | Requerimiento | Diseño                  |                   |   |  |                    |                          | Componente               | Prueba                                   |                        |      |
|----------|---------------|-------------------------|-------------------|---|--|--------------------|--------------------------|--------------------------|--|------------------------|------|
| OP-01    | RQ-01         | Diagrama de componentes | Caso de uso CU_01 | Diagrama de actividad general del sistema | Diagrama de actividad para cargar una imagen | Diagrama de clases | Esquema de base de datos | Pantalla principal       | Módulo de preprocesamiento de la imagen. | EP01                   |      |
|          | RQ-02         |                         | Caso de uso CU_02 |   | Diagrama de actividad para estimar tamaño    |                    |                          |                          | Módulo de estimación de grano.           | EP02                   |      |
|          | RQ-03         |                         | Caso de uso CU_02 |   |  |                    |                          |                          | EP08                                     |                        |      |
|          | RQ-04         |                         | Caso de uso CU_02 |   |  |                    |                          |                          |  |                        |      |
|          | RQ-10         |                         | Caso de uso CU_07 |   |  |                    |                          |                          |  |                        |      |
| OP-02    | RQ-05         |                         | Caso de uso CU_03 |   | Diagrama de actividad para estimar tamaño    |                    |                          | Módulo de almacenamiento | EP03                                     |                        |      |
|          | RQ-09         |                         | Caso de uso CU_04 |   |  |                    |                          |                          | EP07                                     |                        |      |
| OP-03    | RQ-06         |                         | Caso de uso CU_05 |   |  |                    |                          |                          | Pantalla de datos almacenados            | Módulo de estadísticas | EP04 |
|          | RQ-07         |                         | Caso de uso CU_06 |   |  |                    |                          |                          |  |                        | EP05 |
|          | RQ-08         |                         | Caso de uso CU_06 |   |  |                    |                          |                          |  |                        | EP06 |

## d. Persistencia de datos.

### i. Diseño de la base de datos

Para asegurar la persistencia de los datos se optó por utilizar el motor de SQLite, ya que éste se puede integrar completamente con el sistema por lo que no necesita de dependencias externas. Además, debido a que trabaja bajo el modelo relacional [35], se realizó el esquema presentado en la Figura 22 como base para la consistencia de los datos.

| Metalografía |                  |
|--------------|------------------|
| PK           | <u>id</u>        |
|              | nombre           |
|              | fecha            |
|              | aumentos         |
|              | escala           |
|              | resultado_tamano |

Figura 22: Esquema de la base de datos.

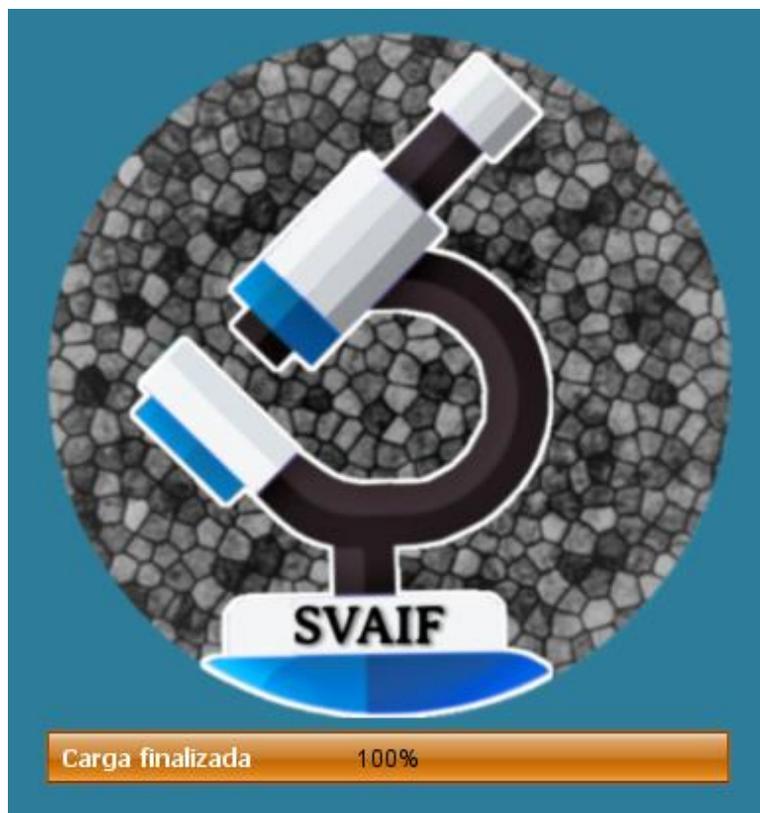
### 3. Construcción.

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la implementación y desarrollo del diseño del sistema, documentando las distintas interfaces gráficas con las que el usuario interactúa, así como una descripción del funcionamiento y construcción de estas.

#### 1. Pantalla de carga y logo de la aplicación.

Al iniciar la aplicación se muestra el logotipo creado para el software y una barra de progreso mientras el equipo carga el software como se puede ver en la Figura 23.

El logotipo tiene un diseño simple que hace alusión al análisis metalográfico, de fondo se muestra una metalografía y al frente un microscopio con el nombre que se le dio al software. Tanto el diseño del logotipo como el nombre se crearon en acuerdo con el equipo de trabajo y colaboradores del proyecto.



*Figura 23: Pantalla de carga del software.*

## 2. Pantalla principal

Al entrar a la aplicación se muestra la ventana principal (Figura 24), desde esta se accede a las opciones disponibles del software.

- Cuenta con un botón que permite cargar la imagen con la que se trabajará y que se mostrará en el espacio correspondiente a la imagen original y procesada.
- Un botón que permite al usuario ingresar los datos de la imagen en una ventana nueva, una vez que esta se ha cargado.
- Un botón que permite realizar la estimación del tamaño de grano con los datos ingresados, así como otro que permite guardar su resultado.
- Se tiene un botón que permite al usuario ir a la pantalla de datos almacenados.
- En la parte superior de la ventana se tiene una barra de menús en los que se encuentran las opciones de “Ayuda” y “Porcentaje”.



Figura 24: Pantalla principal.

### 3. Pantalla para cargar una imagen.

Esta es la pantalla que se muestra para cargar una imagen al sistema, en esta, el usuario puede buscar la imagen que desea y ver una vista previa de la misma en la parte derecha de la ventana. Tal como se ve en la Figura 25.

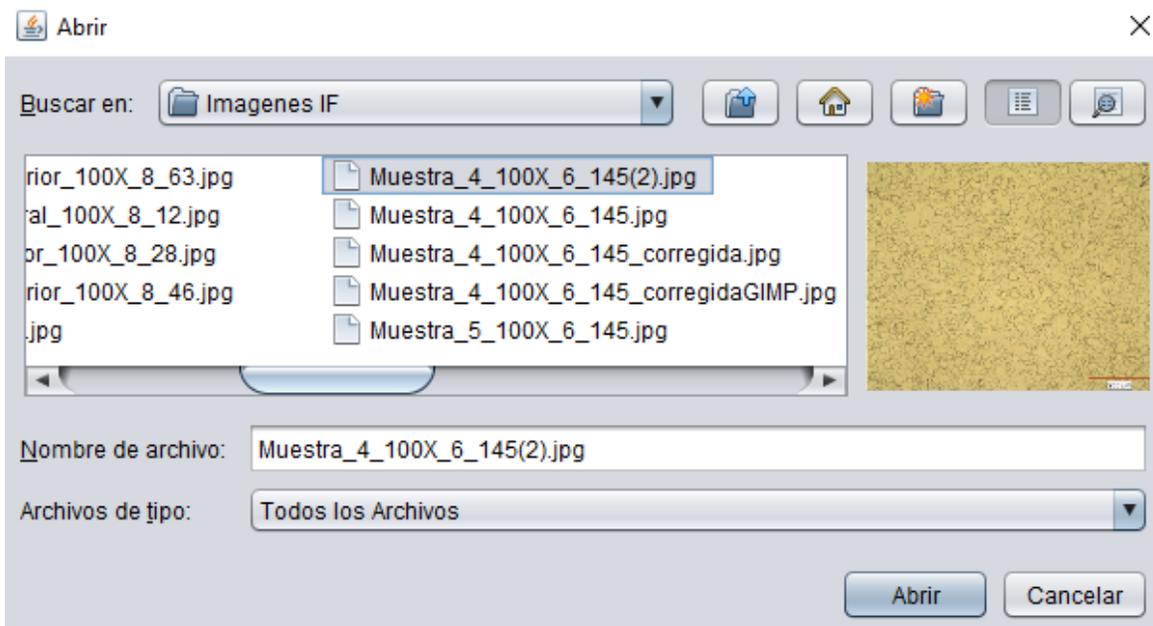


Figura 25: Pantalla para cargar una imagen.

En caso de que el usuario quiera cargar un archivo que no sea un formato de imagen válido, el sistema mostrará un mensaje de error como se muestra en la Figura 26.



Figura 26: Mensaje de archivo no válido.

#### 4. Pantalla con la imagen seleccionada y la filtrada.

Una vez que se carga la imagen, en la pantalla principal se muestra dicha imagen y a su lado la misma ya procesada por el sistema a la cual se le han aplicado los filtros y ajustes necesarios para realizar la estimación; como se muestra en la Figura 27. Con esto, el botón que abre la ventana para ingresar los datos de la imagen queda disponible para presionarse.

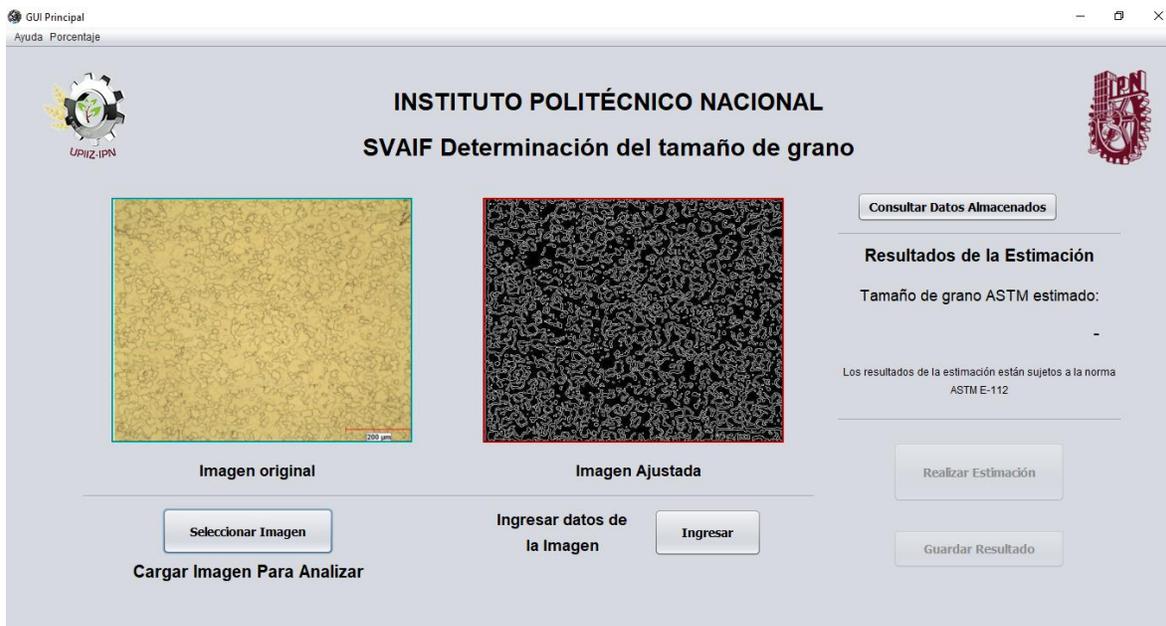
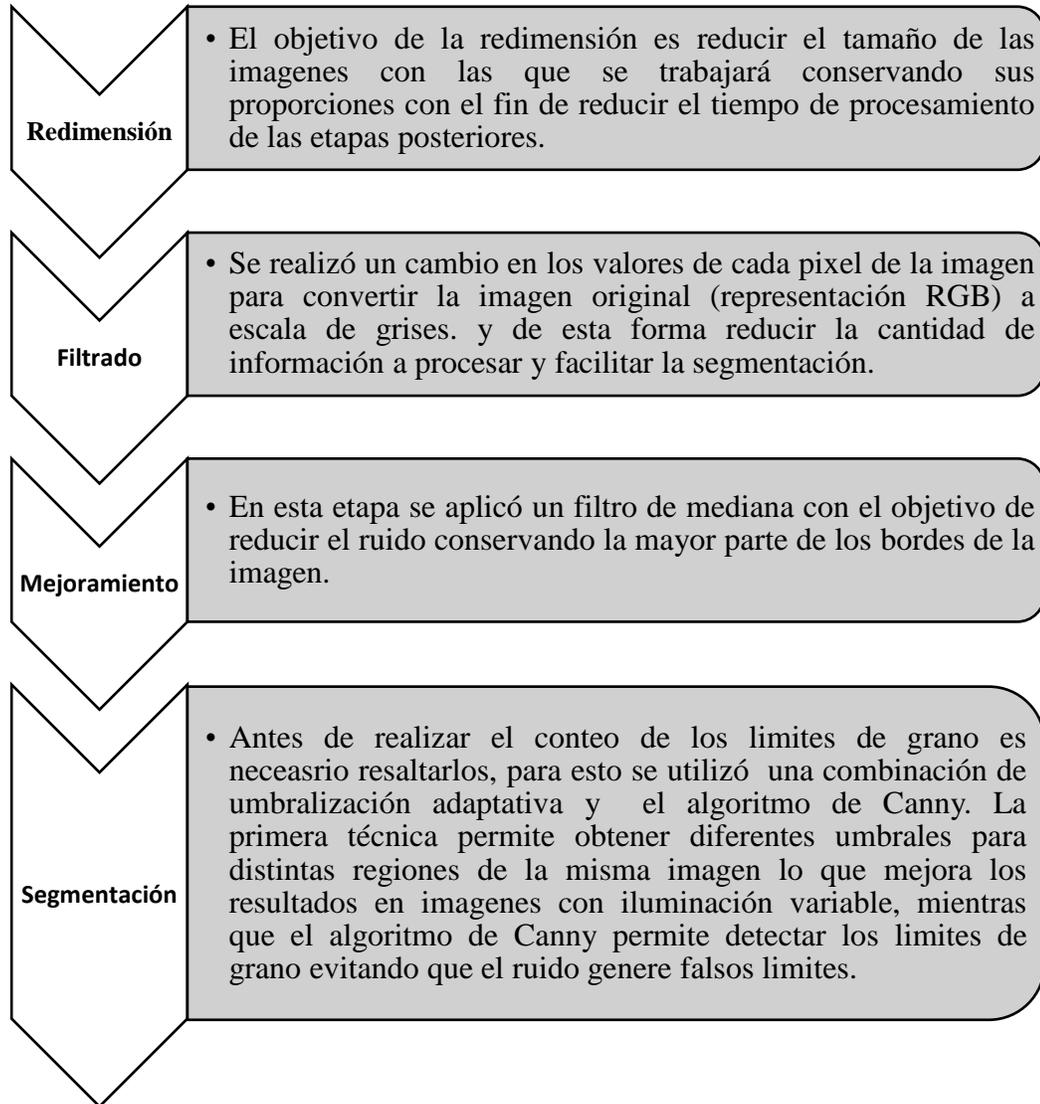


Figura 27: Pantalla principal con la imagen cargada y ajustada.

Para preparar la imagen para su análisis, esta pasa por un proceso en el que se le aplican distintas técnicas y métodos de redimensión, filtrado, mejoramiento y segmentación los cuales se describen en la Figura 28.



*Figura 28: Descripción del preprocesamiento.*

## **5. Pantalla para ingresar los datos de la imagen.**

Si se presiona el botón para ingresar los datos de la imagen, se abre una nueva ventana como se observa en la Figura 29. En esta ventana se muestra la imagen que se cargó, así como los campos para ingresar sus datos de escala y aumentos.

- El área correspondiente a la imagen permite dibujar sobre ella para trazar una línea recta de dos puntos; el usuario debe trazar una línea sobre la regla de escala que tiene

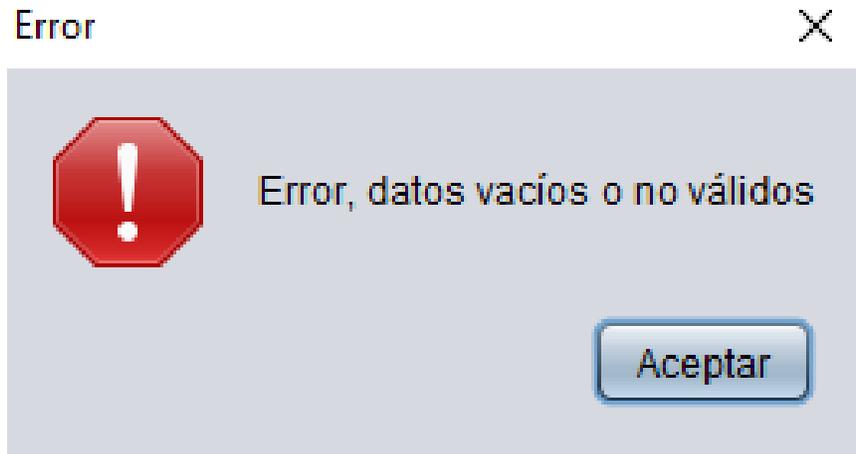
la imagen metalográfica, asegurándose que sea de la misma longitud que la línea de su escala.

- En la parte inferior de la ventana se deben ingresar numéricamente la escala en  $\mu\text{m}$  y los aumentos a los que fue tomada la imagen.

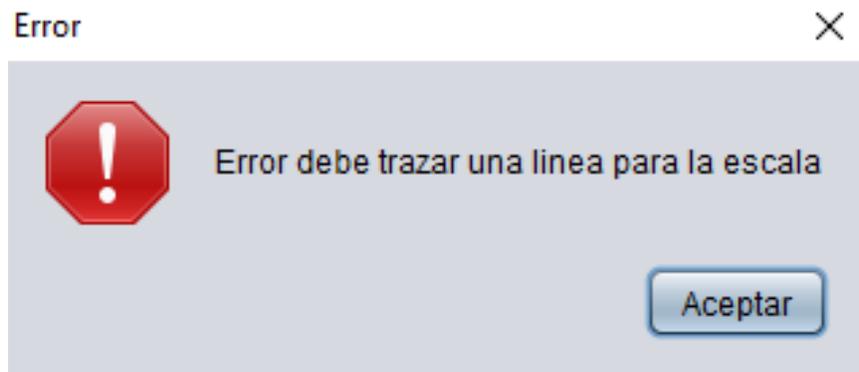


*Figura 29: Pantalla para ingresar los datos de la imagen.*

Si los campos para los datos se dejan vacíos o se introducen datos inválidos, se mostrará un mensaje de error al presionar el botón Aceptar. Del mismo modo, si no se traza la línea de referencia de la escala sobre la imagen se mostrará un mensaje de error, como se observa en la Figura 30 y la Figura 31.



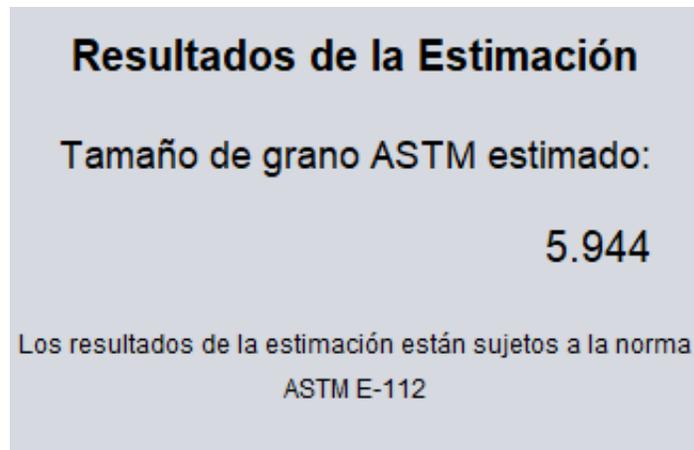
*Figura 30: Mensaje de datos vacíos o no válidos.*



*Figura 31: Mensaje de error al trazar línea de escala.*

## **6. Resultados de la estimación del tamaño de grano.**

Cuando se realiza la estimación del tamaño de grano resultado del cálculo se muestra en la pantalla principal, como se puede observar en la Figura 32. Ahí mismo se hace notar que los resultados se rigen por las normas de ASTM.

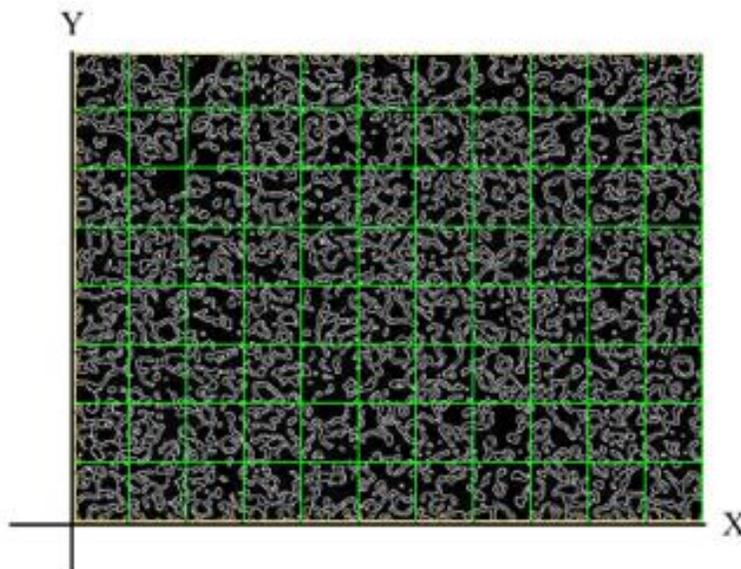


*Figura 32: Resultado de la estimación del tamaño de grano.*

Para obtener el resultado de la estimación del tamaño de grano se utilizó un modelo basado en el método de intersecciones estipulado en la norma ASTM E112, el cual consiste en hacer un conteo de los bordes o límites de grano interceptados para diferentes valores de ‘X’ y ‘Y’ de la imagen filtrada, como se muestra en la Figura 33, posteriormente se determina el valor del tamaño de grano mediante la siguiente fórmula:

$$G = (-6.643856 \text{ Log}_{10} \bar{l}) - 3.288 . \quad (3)$$

- Donde  $\bar{l}$  es la distancia media de intercepción lineal.



*Figura 33: Representación gráfica del conteo de bordes.*

## 7. Ventana para guardar los resultados.

Para guardar el resultado de una estimación, se muestra la ventana que se observa en la Figura 34. En esta ventana se ingresa el nombre que el usuario escriba y este se guardará en la base de datos junto con el resultado, los datos de la imagen y la fecha del cálculo.

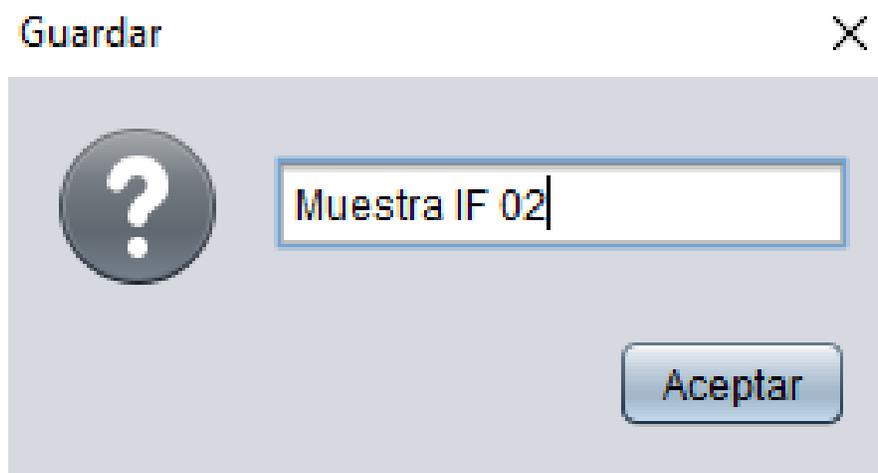


Figura 34: Ventana para guardar resultado.

Si el guardado de los datos se hace correctamente se muestra un mensaje de confirmación, como el de la Figura 35. En caso de que el nombre del registro se deje en blanco, se muestra un mensaje de error como en la Figura 36.

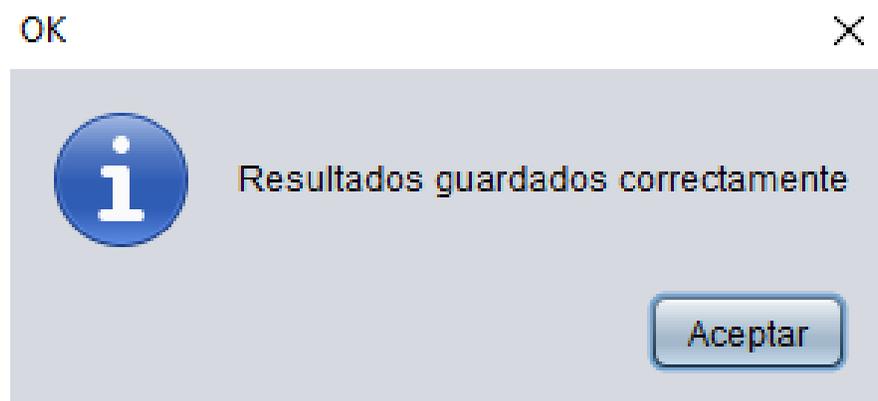
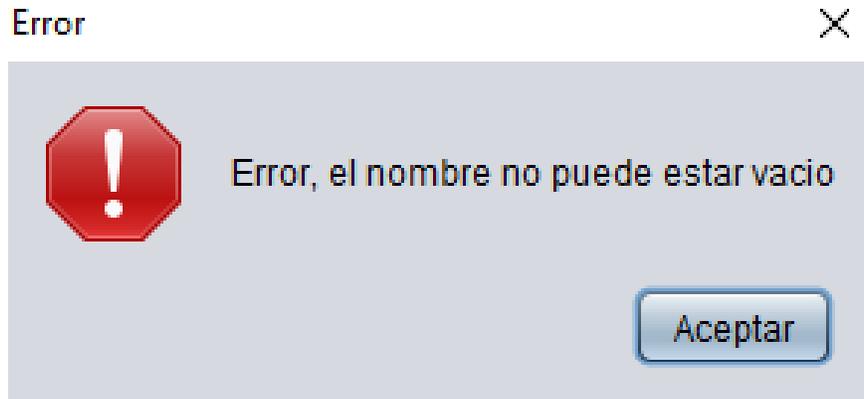


Figura 35: Mensaje de guardado correcto.



*Figura 36: Mensaje de error al guardar resultado.*

## **8. Pantalla de consulta de datos almacenados y estadísticos.**

Para consultar los datos que se han almacenado, se tiene la pantalla que se muestra en la Figura 37. En esta se visualizan los datos que se han almacenado en la base de datos y se puede solicitar el cálculo de sus datos estadísticos.

- Los datos guardados se muestran en una tabla que contiene el nombre, fecha, escala, aumentos y el tamaño de grano de cada uno de los registros de la base de datos.
- Es posible eliminar uno o varios registros de la base de datos con el botón de eliminar.
- Se tienen botones independientes para calcular la media y la desviación estándar de los tamaños de grano ya sea con todos los datos o sólo con los que seleccione el usuario.
- Cuando se calcula la desviación también se genera su gráfica; esta se muestra en la parte inferior de la pantalla y puede expandirse en una nueva ventana al presionar el botón de expandir.



Figura 37: Pantalla de datos almacenados y estadísticos.

## 9. Calcular datos estadísticos.

Si se quieren calcular la media o la desviación, se debe presionar el botón correspondiente. Si alguno de los botones se presiona sin tener ningún dato seleccionado, el cálculo se realizará con todos los datos existentes; en cambio, si se seleccionan uno o más datos en la tabla, el cálculo se realizará con esos datos solamente.

Cada cálculo se realiza de manera independiente, por lo que si se calcula la media no se calculará ni se actualizará el resultado la desviación en automático, y viceversa. La Figura 38 y la Figura 39 muestran el resultado de calcular estos datos.



*Figura 38: Resultado del cálculo de la media.*



*Figura 39: Resultado del cálculo de la desviación.*

## 10. Gráfica de la desviación estándar.

Al calcular la desviación estándar, se genera la gráfica correspondiente dentro de la misma pantalla como se muestra en la Figura 40. En el eje 'x' se grafica el número de muestras y en el eje 'y' su tamaño de grano correspondiente. En color azul se grafican las muestras con su desviación y con una línea roja se identifica la media.



Figura 40: Gráfica de la desviación estándar.

Esta gráfica puede expandirse en una ventana independiente si se presiona el botón Expandir Gráfica, como se muestra en la Figura 41.

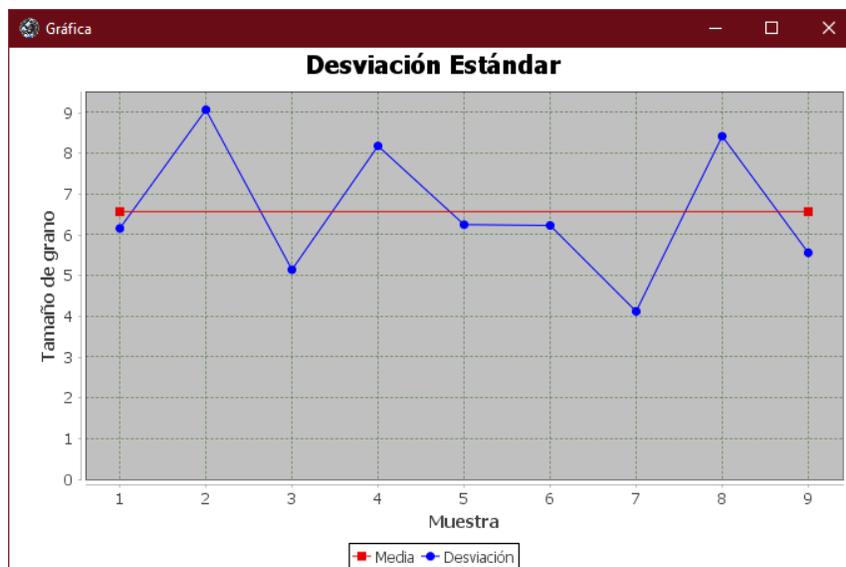
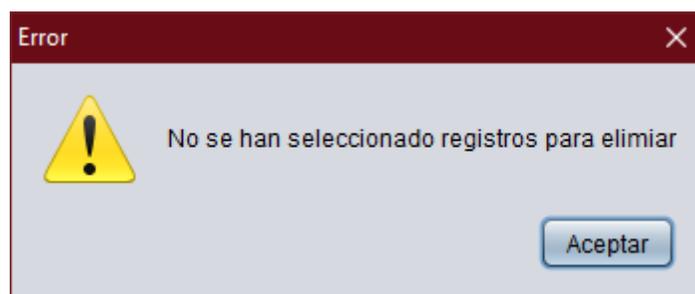


Figura 41: Ventana para la gráfica de desviación.

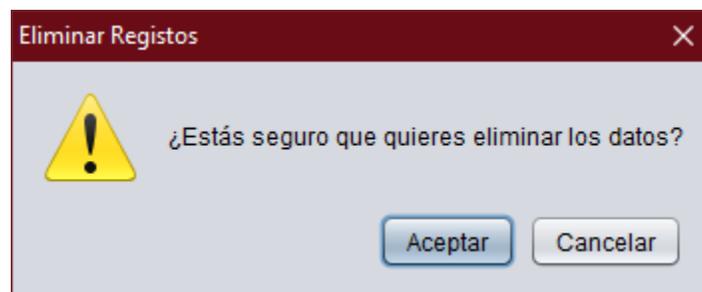
## 11. Eliminar registros almacenados.

Para eliminar uno o varios registros de la base de datos, se deben seleccionar en la tabla de la pantalla de datos almacenados y presionar el botón de eliminar. Si no se seleccionan ningún registro, se muestra un mensaje de alerta como se observa en la Figura 42.



*Figura 42: Mensaje de alerta para eliminar registros.*

Cuando se tienen registros seleccionados, el sistema muestra un mensaje para confirmar la eliminación de los datos, como en la Figura 43. Posteriormente si se confirma la eliminación, se muestra un mensaje de confirmación (Figura 44) y los datos se eliminan de la base de datos y la tabla.



*Figura 43: Mensaje para confirmar eliminación de registros.*

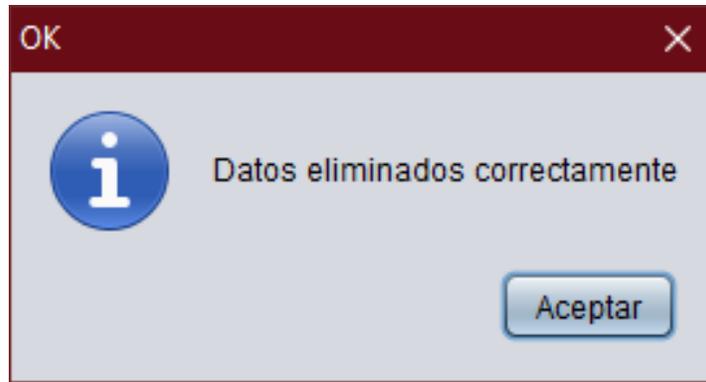


Figura 44: Mensaje de registros eliminados.

## 12. Ventana para porcentaje de áreas.

En la parte superior de la ventana principal, se encuentra el menú Porcentaje, en el cual se puede seleccionar la opción de Seleccionar Región. Esta función sólo está disponible si se ha cargado una imagen al sistema previamente.

En la figura 45 se muestra un ejemplo de la ventana que se crea para esta pantalla.



Figura 45: Ventana para seleccionar una región de la imagen.

Como se puede observar, en esta pantalla se tiene la imagen que se ha cargado al sistema; sobre la imagen se pueden dibujar uno o varios polígonos que al ser cerrados se sombrea su área, y el porcentaje que esta ocupa en relación con la imagen original se muestra en la parte inferior de la pantalla. Al dibujar más polígonos, su porcentaje se va sumando al anterior.

Esta función tiene como finalidad conocer qué porcentaje del total de la imagen metalográfica puede tener alguna imperfección del material analizado.

### 13. Menú ayuda.

Dentro del menú Ayuda se encuentran tres opciones disponibles; las instrucciones de uso del software, que se muestran en la Figura 46; la tabla ASTM para el tamaño de grano disponible para su consulta, como se observa en la Figura 47; y la pantalla de créditos (Figura 48) en la que se incluye la información de los desarrolladores de la aplicación, así como la del director y asesores del proyecto.

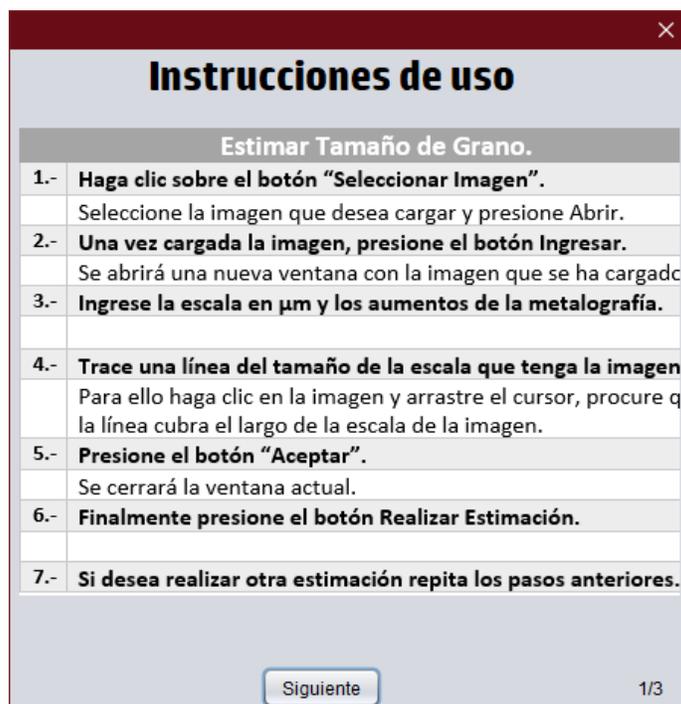


Figura 46: Instrucciones de uso.

×

**Relaciones de tamaño de grano calculadas para granos uniformes, orientados al azar, equiaxiales.**

| Tamaño de grano G. | Granos/Unidad de área. ( $\bar{N}_A$ ) |                           | Área de grano promedio. ( $\bar{A}$ ) |                 | Diámetro promedio. ( $\bar{d}$ ) |       | Intercepción media. ( $\bar{l}$ ) |       | $\bar{N}_L$<br>No./mm |
|--------------------|--|---------------------------|---------------------------------------|-----------------|----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------------------|
|                    | No./In <sup>2</sup> at 100X            | No./mm <sup>2</sup> at 1X | mm <sup>2</sup>                       | μm <sup>2</sup> | mm                               | μm    | mm                                | μm    |                       |
| 00                 | 0.25                                   | 3.88                      | 0.2581                                | 258064          | 0.5080                           | 508.0 | 0.4525                            | 452.5 | 2.21                  |
| 0                  | 0.50                                   | 7.75                      | 0.1290                                | 129032          | 0.3592                           | 359.2 | 0.3200                            | 320.0 | 3.12                  |
| 0.5                | 0.71                                   | 10.96                     | 0.0912                                | 91239           | 0.3021                           | 302.1 | 0.2691                            | 269.1 | 3.72                  |
| 1.0                | 1.00                                   | 15.50                     | 0.0645                                | 64516           | 0.2540                           | 254.0 | 0.2263                            | 226.3 | 4.42                  |
| 1.5                | 1.41                                   | 21.92                     | 0.0456                                | 45620           | 0.2136                           | 213.6 | 0.1903                            | 190.3 | 5.26                  |
| 2.0                | 2.00                                   | 31.00                     | 0.0323                                | 32258           | 0.1796                           | 179.6 | 0.1600                            | 160.0 | 6.25                  |
| 2.5                | 2.83                                   | 43.84                     | 0.0228                                | 22810           | 0.1510                           | 151.0 | 0.1345                            | 134.5 | 7.43                  |
| 3.0                | 4.00                                   | 62.00                     | 0.0161                                | 16129           | 0.1270                           | 127.0 | 0.1131                            | 113.1 | 8.84                  |
| 3.5                | 5.66                                   | 87.68                     | 0.0114                                | 11405           | 0.1068                           | 106.8 | 0.0951                            | 95.1  | 10.51                 |
| 4.0                | 8.00                                   | 124.00                    | 0.00806                               | 8065            | 0.0898                           | 89.8  | 0.0800                            | 80.0  | 12.50                 |
| 4.5                | 11.31                                  | 175.36                    | 0.00570                               | 5703            | 0.0755                           | 75.5  | 0.0673                            | 67.3  | 14.87                 |
| 5.0                | 16.00                                  | 248.00                    | 0.00403                               | 4032            | 0.0635                           | 63.5  | 0.0566                            | 56.6  | 17.68                 |
| 5.5                | 22.63                                  | 350.73                    | 0.00285                               | 2851            | 0.0534                           | 53.4  | 0.0476                            | 47.6  | 21.02                 |
| 6.0                | 32.00                                  | 496.00                    | 0.00202                               | 2016            | 0.0449                           | 44.9  | 0.0400                            | 40.0  | 25.00                 |
| 6.5                | 45.25                                  | 701.45                    | 0.00143                               | 1426            | 0.0378                           | 37.8  | 0.0336                            | 33.6  | 29.73                 |
| 7.0                | 64.00                                  | 992.00                    | 0.00101                               | 1008            | 0.0318                           | 31.8  | 0.0283                            | 28.3  | 35.36                 |
| 7.5                | 90.51                                  | 1402.9                    | 0.00071                               | 713             | 0.0267                           | 26.7  | 0.0238                            | 23.8  | 42.04                 |
| 8.0                | 128.00                                 | 1984.0                    | 0.00050                               | 504             | 0.0225                           | 22.5  | 0.0200                            | 20.0  | 50.00                 |
| 8.5                | 181.02                                 | 2805.8                    | 0.00036                               | 356             | 0.0189                           | 18.9  | 0.0168                            | 16.8  | 59.46                 |
| 9.0                | 256.00                                 | 3968.0                    | 0.00025                               | 252             | 0.0159                           | 15.9  | 0.0141                            | 14.1  | 70.71                 |
| 9.5                | 362.04                                 | 5611.6                    | 0.00018                               | 178             | 0.0133                           | 13.3  | 0.0119                            | 11.9  | 84.09                 |
| 10.0               | 512.00                                 | 7936.0                    | 0.00013                               | 126             | 0.0112                           | 11.2  | 0.0100                            | 10.0  | 100.0                 |
| 10.5               | 724.08                                 | 11223.2                   | 0.000089                              | 89.1            | 0.0094                           | 9.4   | 0.0084                            | 8.4   | 118.9                 |
| 11.0               | 1024.00                                | 15872.0                   | 0.000063                              | 63.0            | 0.0079                           | 7.9   | 0.0071                            | 7.1   | 141.4                 |
| 11.5               | 1448.15                                | 22446.4                   | 0.000045                              | 44.6            | 0.0067                           | 6.7   | 0.0060                            | 5.9   | 168.2                 |
| 12.0               | 2048.00                                | 31744.1                   | 0.000032                              | 31.5            | 0.0056                           | 5.6   | 0.0050                            | 5.0   | 200.0                 |
| 12.5               | 2896.31                                | 44892.9                   | 0.000022                              | 22.3            | 0.0047                           | 4.7   | 0.0042                            | 4.2   | 237.8                 |
| 13.0               | 4096.00                                | 63488.1                   | 0.000016                              | 15.8            | 0.0040                           | 4.0   | 0.0035                            | 3.5   | 282.8                 |
| 13.5               | 5792.62                                | 89785.8                   | 0.000011                              | 11.1            | 0.0033                           | 3.3   | 0.0030                            | 3.0   | 336.4                 |
| 14.0               | 8192.00                                | 126976.3                  | 0.000008                              | 7.9             | 0.0028                           | 2.8   | 0.0025                            | 2.5   | 400.0                 |

Figura 47: Tabla de consulta ASTM.



**UPIIZ - IPN**  
Sistemas Computacionales



**Sistema para determinar tamaño y porcentaje de grano.**  
(SVAIF)

**Desarrolladores:**  
 Ubaldo Pánuco Sandoval.      ubaldo9703@gmail.com  
 Oscar Eduardo Ceballos Pérez.      oscar@gmail.com

**Director:**  
 Dr. Miguel Fernando Delgado Pamanes.

**Asesores:**  
 Umanuel Azazael Hernández González.  
 Roberto Oswaldo Cruz Leija.

Figura 48: Ventana de créditos.

#### 4. Seguimiento al plan de pruebas.

En esta sección se muestran las pruebas que se realizaron al sistema para validar su funcionalidad y asegurar el cumplimiento del objetivo general del proyecto; por lo que se realizaron pruebas para cada uno de los requerimientos documentados.

En la Tabla 22 se presenta un resumen de las pruebas que se realizaron a cada uno de los módulos que conforman al sistema tanto individualmente como en su conjunto, las cuales se pueden consultar de manera más completa en el Apéndice F.

*Tabla 22: Descripción de las pruebas realizadas.*

| <b>ID</b>   | <b>Nombre de la prueba</b>          | <b>Descripción</b>  |
|-------------|-------------------------------------|---|
| <b>EP01</b> | Cargar imagen.                      | Probar que se cargue y muestre correctamente la imagen en el sistema.                     |
| <b>EP02</b> | Estimar tamaño de grano.            | Comprobar que se realice el conteo de bordes en la imagen y se estime el tamaño de grano. |
| <b>EP03</b> | Almacenar resultados.               | Comprobar el correcto almacenado de los resultados de la estimación en la base de datos.  |
| <b>EP04</b> | Cálculo de promedio.                | Probar que el cálculo del promedio se realice correctamente con los datos almacenados.    |
| <b>EP05</b> | Cálculo de desviación estándar.     | Realizar el cálculo de la desviación con los datos almacenados.                           |
| <b>EP06</b> | Gráfica de desviación estándar.     | Generar la gráfica de la desviación estándar.   |
| <b>EP07</b> | Visualización de datos almacenados. | Mostrar en pantalla los datos almacenados en la base de datos.                            |
| <b>EP08</b> | Estimar porcentaje de grano.        | Probar que el cálculo del porcentaje de grano en la imagen se realice con éxito.          |

De las pruebas realizadas, las referentes a los módulos de la imagen y el de estimación del tamaño de grano fueron en las que se hizo un mayor énfasis, debido a que esta fase es la que requirió de más tiempo y trabajo de codificación, y su buen resultado era necesario para los demás módulos del software.

Respecto a la carga de la imagen al sistema, se realizaron varias pruebas con distintas imágenes y formatos de estas, obteniendo resultados satisfactorios con todas ellas a excepción de una, la cual no fue posible visualizar en la vista previa de la ventana de selección de archivo ni tampoco fue posible cargarla al sistema. Esto debido a que la imagen se encontraba dañada.

Para obtener una buena segmentación de la imagen se probaron varios métodos de binarización y reducción de ruido. Filtros de media y gaussianos provocaron pérdida de información en la imagen, en cambio, con un filtro de mediana la pérdida de información fue menor. Por otra parte, se utilizó un método de umbralización adaptativa ya que a diferencia de otros métodos que aplican un mismo umbral a toda la imagen, este obtiene un umbral único para distintas secciones de la imagen lo que minimiza la pérdida de información relacionada con la iluminación de la imagen.

Con respecto al módulo de estimación del grano, se realizaron alrededor 50 pruebas con distintas metalografías y en distintos escenarios. Los tamaños de grano de estas imágenes se conocían previamente ya que estos fueron proporcionados por un experto en la materia, algunos otros fueron tomados de documentos especializados y de otras muestras que fueron analizadas por los mismos desarrolladores del proyecto. Todas estas pruebas obtuvieron resultados satisfactorios con resultados muy aproximados a los esperados.

Para las pruebas relacionadas con el módulo de datos estadísticos específicamente en el cálculo de la media y desviación estándar, hubo algunas diferencias en ciertas pruebas, esto debido al redondeo que genera el sistema el cual se dejó en tres cifras después del punto. En cuanto a la base de datos, solo se tuvo un pequeño error respecto a la fecha en que se almacenaban los resultados, el cual logró corregirse modificando la sentencia con la que se crea la tabla en la que se almacenan los datos.

Como se observa en el plan de pruebas, se verificó el funcionamiento de cada uno de los módulos que conforman el sistema, haciendo principal énfasis en el módulo de estimación del tamaño de grano. A continuación, en la Tabla 23 se muestra una comparación entre los resultados esperados, los cuales fueron obtenidos con ayuda de un experto, y los estimados por el sistema desarrollado.

Tabla 23: Comparación de resultados del tamaño de grano.

| <b>Tamaño de grano</b> |                 |              |
|------------------------|-----------------|--------------|
| <b>Micrografía</b>     | <b>Esperado</b> | <b>SVAIF</b> |
| <b>1</b>               | 6.145           | 6.204        |
| <b>2</b>               | 6.145           | 6.051        |
| <b>3</b>               | 6.101           | 6.341        |
| <b>4</b>               | 6.200           | 6.181        |
| <b>5</b>               | 6.407           | 6.397        |
| <b>6</b>               | 8.250           | 8.117        |
| <b>7</b>               | 8.630           | 8.029        |
| <b>8</b>               | 8.120           | 8.124        |
| <b>9</b>               | 8.380           | 8.073        |
| <b>10</b>              | 8.390           | 7.915        |

Los resultados de la Tabla 23 permiten observar que las diferencias entre el tamaño de grano esperado y el estimado por el sistema, no presentan una variación significativa ya que se obtuvo alrededor de un 97% de eficiencia en las estimaciones realizadas por el sistema. Para la obtención de la eficiencia se utilizó la siguiente fórmula:

$$PE_F = \frac{\sum_{k=0}^n PE_R}{n} \quad (4)$$

- Donde n es el número de muestras seleccionadas para medir la eficiencia.
- $PE_R$  es el porcentaje de error el cual se determina de la siguiente manera:

$$PE_R = \frac{|TGE - TGS|}{TGE} * 100 \quad (5)$$

- Donde TGE es el tamaño de grano esperado.
- TGS es el tamaño de grano estimado por el sistema propuesto.

## **5. Entrega o liberación.**

En relación con la entrega del proyecto se puede consultar el Apéndice D, específicamente la minuta 11, en la que se detalla la entrega y revisión final con el director de proyecto, el cual quedó conforme con la apariencia, disposición de los elementos y funcionamiento del software cubriendo en su totalidad los objetivos planteados y conforme a los requerimientos establecidos.

Ya que no fue posible realizar este trámite personalmente con el director debido a la situación de contingencia actual, la firma y aprobación de la minuta mencionada se realizó de manera digital. De igual forma, tanto el software como la documentación correspondiente le fueron entregadas al director por los mismos medios electrónicos.

## Conclusiones y Recomendaciones

Tras concluir el desarrollo de este proyecto y con los datos que se han presentado y documentado a lo largo del periodo que se ha trabajado en las unidades de Trabajo Terminal, se ha cumplido satisfactoriamente con los objetivos particulares, y como consecuencia, con el objetivo general planteado inicialmente para este proyecto.

Es necesario mencionar que el proyecto pasó por varios cambios respecto a su planeación original, esto debido a que se incluyeron tareas que no se contemplaron en un inicio o se ajustó el tiempo de otras por diversos motivos. Particularmente la contingencia sanitaria que se suscitó, provocó que se cambiaran los tiempos y formas de trabajar. Si bien esta no afectó al desarrollo del software de manera significativa, ya que para ese momento estaba en una etapa avanzada de desarrollo, si tuvo un impacto mayor al trabajar en la documentación posterior.

En cuanto al software, este logra cumplir con el objetivo principal del proyecto, ya que es capaz de determinar el tamaño de grano en metalografías de acero IF basándose en lo establecido por la ASTM con una eficiencia del 97% en comparación con los resultados obtenidos de manera manual por un experto en la materia. Además, el software pudo analizar correctamente aceros con microestructuras similares al IF para estimar su tamaño de grano. Sin embargo, en esta etapa del desarrollo fue en la que se tuvieron más inconvenientes ya que las imágenes metalográficas que se analizan pueden llegar a tener variaciones en la iluminación, esto resultó en algunos problemas ya que se debían encontrar métodos que se ajustaran a las distintas condiciones de cada imagen. Tras estudiar distintas técnicas y métodos de filtrado se optó por un método de umbralización adaptativa por regiones para disminuir la pérdida de información ocasionada por este problema, de igual forma si se logra mantener un ambiente controlado al momento de obtener las imágenes metalográficas los resultados de las estimaciones de tamaño de grano podrían mejorar.

Por otra parte, para el cumplimiento de los objetivos relacionados con datos estadísticos y persistencia de datos, el programa puede calcular la media y la desviación estándar con los resultados de tamaño de grano que se decidan almacenar dentro de la base de datos, además es posible graficar la desviación estándar para una mejor visualización.

En cuanto a las ventajas que tiene este proyecto se puede hacer mención de que facilita y apoya en el trabajo de los alumnos que realizan análisis metalográficos, y es una alternativa a los softwares comerciales existentes que tienen un precio no muy accesible para la mayoría de los estudiantes.

Por otro lado, debido a que actualmente el proyecto está enfocado al análisis de aceros, deja abierta la oportunidad de seguir expandiendo el programa en un trabajo futuro, añadiendo módulos que permitan analizar una mayor variedad de materiales; ya que el programa se ha construido con el lenguaje Java bajo el paradigma orientado a objetos, dichas mejoras podrían realizarse sin la necesidad de tener que modificar grandes partes del código ya desarrollado. Finalmente, tras concluir este proyecto habiendo pasado por las materias de Trabajo Terminal y todo este tiempo que hemos dedicado a nuestros estudios dentro de esta unidad académica, si algo hemos aprendido con todo esto, es que el aprendizaje nunca termina, ya que cada vez que comenzamos un nuevo proyecto siempre nos encontramos con algo nuevo que desconocemos o no hemos utilizado antes, y esto nos motiva a investigar y aplicar nuevas técnicas y conocimientos que no seríamos capaces de alcanzar sin las bases que adquirimos a lo largo de toda nuestra carrera.

## Referencias Bibliográficas

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*. Prentice Hall, 2002.
- [2] V. Capote, “Metalografía,” *Temas para la Educ.*, vol. 17, pp. 1–14, 2011, [Online]. Available: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8732.pdf>.
- [3] ASM International, “Metallography: An Introduction,” in *Metallography and Microstructures*, ASM International, 2004, pp. 3–20.
- [4] J. Manriquez, “Microscopía óptica y análisis de imágenes en la caracterización del tiempo de cargado de discos de pulido,” Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada.
- [5] UPIIZ-IPN, “Plan de estudios del programa académico ingeniería metalúrgica.” [https://www.ipn.mx/assets/files/zacatecas/docs/oferta\\_educativa/metalurgia.pdf](https://www.ipn.mx/assets/files/zacatecas/docs/oferta_educativa/metalurgia.pdf) (accessed Sep. 03, 2019).
- [6] World Auto Steel, “Advanced High-Strength Steels Application Guidelines,” Version 6.0, 2017.
- [7] L. A. Moya Salazar, “Soldabilidad de aceros IF termogalvanizados para aplicaciones automotrices,” Universidad Autónoma de Nuevo León, 2005.
- [8] F. Guzman, “Análisis de aceros por microscopía óptica,” IPN, México, D.F., 2013.
- [9] “Standard Test Methods for Determining Average Grain Size,” ASTM E112, 2012. doi: 10.1520/E0112-12.1.4.
- [10] M. R. Pérez, H. A. Hernández, and G. N. Güiza, “Aplicación Para Procesamiento De Imágenes Metalográficas Desde Pme3,” *Visión Electrónica*, vol. 5, no. 2, pp. 106–121, Jul. 2011.
- [11] F. R. Llulluna Llumiquinga, “Procesamiento de imágenes mediante software libre Python para el análisis metalográfico en aceros de bajo contenido de carbono,” Escuela Politécnica Nacional, 2014.
- [12] E. A. Ruelas Santoyo, “Sistema neuronal-difuso aplicado al reconocimiento y evaluación del daño en aceros al carbón SA 210 grado A1 apoyado en estadística descriptiva,” CIATEC, León Guanajuato, México, 2015.
- [13] PAX-it, “Image Measurement, Management, and Analysis | PAX-it.” <https://www.paxit.com/> (accessed Aug. 14, 2019).
- [14] Lanoptik Technologies Limited, “Metallographic Image Analysis Software for Materials Research.” <https://www.lanoptik.com/metallographic-software-iworks-m> (accessed Aug. 14, 2019).
- [15] Dewinter optical, “Material plus.” <https://www.dewinterindia.com/metallurgy-software.html> (accessed Aug. 14, 2019).
- [16] K. Jha, “Cotización de Dewinter Material Plus.” [marketing@dewinterindia.com](mailto:marketing@dewinterindia.com) (accessed Aug. 31, 2019).
- [17] M. F. Delgado Pamanes, “Soldabilidad de aceros IF y HSLA galvanizados para aplicaciones automotrices,” Universidad Autónoma de Nuevo León, 2014.
- [18] “CANACERO.” <https://www.canacero.org.mx/> (accessed Sep. 01, 2019).
- [19] M. Á. Bocanegra Galván, “Estudio del efecto del procesamiento termo mecánico sobre los parámetros de formabilidad en aceros IF para aplicaciones automotrices.” Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México, 2015.
- [20] N. C. Barajas Aguilar, A. M. García Lara, J. E. Camporredondo Saucedo, F. Equihua

- Guillén, and L. Castruita Ávila, “Tendencia de los aceros y su aplicación en la industria automotriz,” *CienciaCierta*, p. 12, 2016.
- [21] EcuRed, “Diagrama hierro carbono.”  
[https://www.ecured.cu/Diagrama\\_hierro\\_carbono](https://www.ecured.cu/Diagrama_hierro_carbono) (accessed Aug. 21, 2019).
- [22] F. J. Belzunce, “Aceros y fundiciones: estructuras, transformaciones, tratamientos térmicos y aplicaciones,” *Acero Platea*, 2001, [Online]. Available:  
<http://goo.gl/GUL1yF>.
- [23] “Diagrama Hierro-Carbono.”  
[https://4.bp.blogspot.com/\\_ypQZyFOEyRA/SjKA7ekm8uI/AAAAAAAAADbQ/Iu2eR-KNQhw/s1600-h/Diagrama+Fe-C.JPG](https://4.bp.blogspot.com/_ypQZyFOEyRA/SjKA7ekm8uI/AAAAAAAAADbQ/Iu2eR-KNQhw/s1600-h/Diagrama+Fe-C.JPG) (accessed Aug. 20, 2019).
- [24] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, *Materials science and engineering: an introduction*, 9th ed. USA, 2013.
- [25] D. Seiro, “Resumen Norma ASTM E112,” 2012.
- [26] D. R. Reigoza Gómez, “Estudio microestructural por microscopía óptica con técnicas de metalografía a color en un pistón de una moto AKT XM 200,” Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.
- [27] A. M. Vazquez Vargas, “Introducción al reconocimiento de patrones,” 2003. [profesores.fi-b.unam.mx/ana/APUNTES\\_RP/capitulo1.pdf](http://profesores.fi-b.unam.mx/ana/APUNTES_RP/capitulo1.pdf) (accessed Aug. 15, 2019).
- [28] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S. L. Eddins, *Digital image processing using Matlab*. Inc, Prentice Hall, 2004.
- [29] “Procesamiento digital de imágenes,” Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina, 2008.
- [30] C. Padilla, “Detección de objetos en imágenes digitales,” Universidad de Camagüey, Cuba, 2016.
- [31] Instituto Nacional de Tecnología de la Comunicación (INTECO), “Curso de introducción a la ingeniería de software,” España, 2009. [Online]. Available:  
<https://jmpovedar.files.wordpress.com/2014/03/curso-de-introduccion3b3n-a-la-ingenieria-del-software.pdf>.
- [32] I. Sommerville, *Ingeniería de software*, 9th ed. Pearson Educación, 2011.
- [33] B. B. Agarwal and S. P. Tayal, *Software engineering*, 2nd ed. Firewall Media, 2009.
- [34] R. Pressman, *Ingeniería Del Software Un Enfoque Práctico*, 7th ed. McGraw Hill, 2012.
- [35] G. Allen and M. Owens, *The Definitive Guide to SQLite*, 2nd ed. Apress, 2010.

## Apéndices

### Apéndice A: Cronograma de actividades.

Con base en el modelo en cascada, se realizó el cronograma de actividades que se siguió durante el desarrollo del proyecto, el cual se muestra en la Figura 49. La planificación consta de 7 etapas, en las cuales se incluyen 5 etapas específicas de la metodología en cascada y 2 etapas que abarcan la presentación del trabajo realizado durante las unidades de aprendizaje de Trabajo Terminal. La fecha de inicio del proyecto es el 8 de octubre del 2019 y se espera terminarlo el 6 de julio del 2020.

Debido a que la planeación ha sufrido cambios respecto a lo que se planeó originalmente, en la Figura 49 se muestra el plan de trabajo actualizado con respecto al inicial (línea base 1), para el cual se trabajó 4 horas al día por persona es decir 8 horas en total respetando el calendario de académico del Instituto Politécnico Nacional (IPN); Asimismo, se puede notar que la fecha de finalización tuvo un cambio considerable respecto a la establecida originalmente, esto debido a causas ajenas al proyecto.

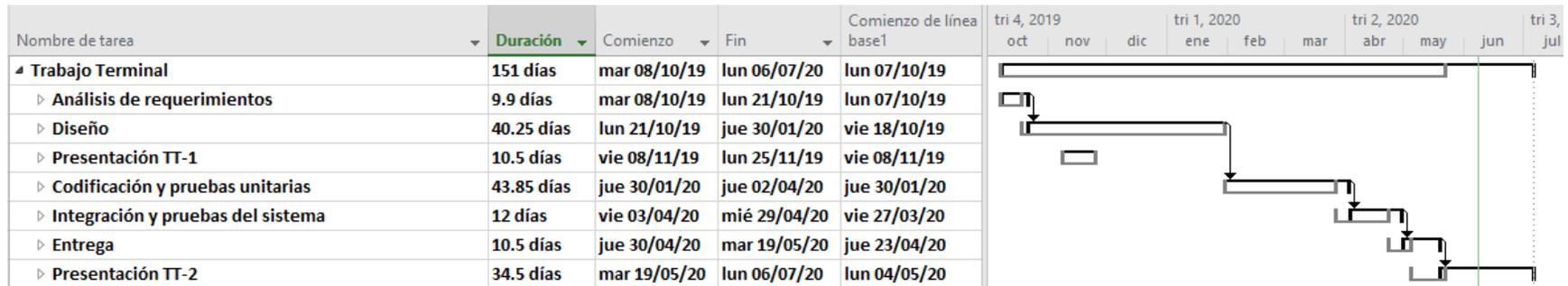


Figura 49: Cronograma completo según el modelo en cascada.

En la Tabla 24 se detallan los nombres de los involucrados en el proyecto, así como el rol que desempeña cada uno y las iniciales con las que aparecen en el cronograma de actividades.

*Tabla 24: Involucrados en el proyecto.*

| Rol           | Nombre                                     | Iniciales |
|---------------|--|-----------|
| Desarrollador | Oscar Eduardo Ceballos Pérez               | OC        |
| Desarrollador | Ubaldo Pánuco Sandoval                     | UP        |
| Director      | Dr. Miguel Fernando Delgado Pamanes        | MD        |
| Asesor 1      | M. en I. Umanel Azazael Hernández Gonzáles | UH        |
| Asesor 2      | M. en C. Roberto Oswaldo Cruz Leija        | RC        |

### **Fase de análisis de requerimientos.**

En la Figura 50 se muestra las actividades realizadas durante la fase de análisis de requerimientos, en color gris se representa la planeación original o línea base del proyecto y en azul las fechas en las que se trabajó. Se puede notar que hubo un ligero desfase debido a que por motivos de disponibilidad de horario la junta para especificar requerimientos se cambió para el día 8 de octubre, se agregó la realización del mapa conceptual de requerimientos, además la realización del documento SRS se extendió 2 días debido a la poca experiencia en la realización de este tipo de documentos y a que se hizo un cambio en el formato de dicho documento por lo que se trabajó un total de 9.9 días en esta fase.

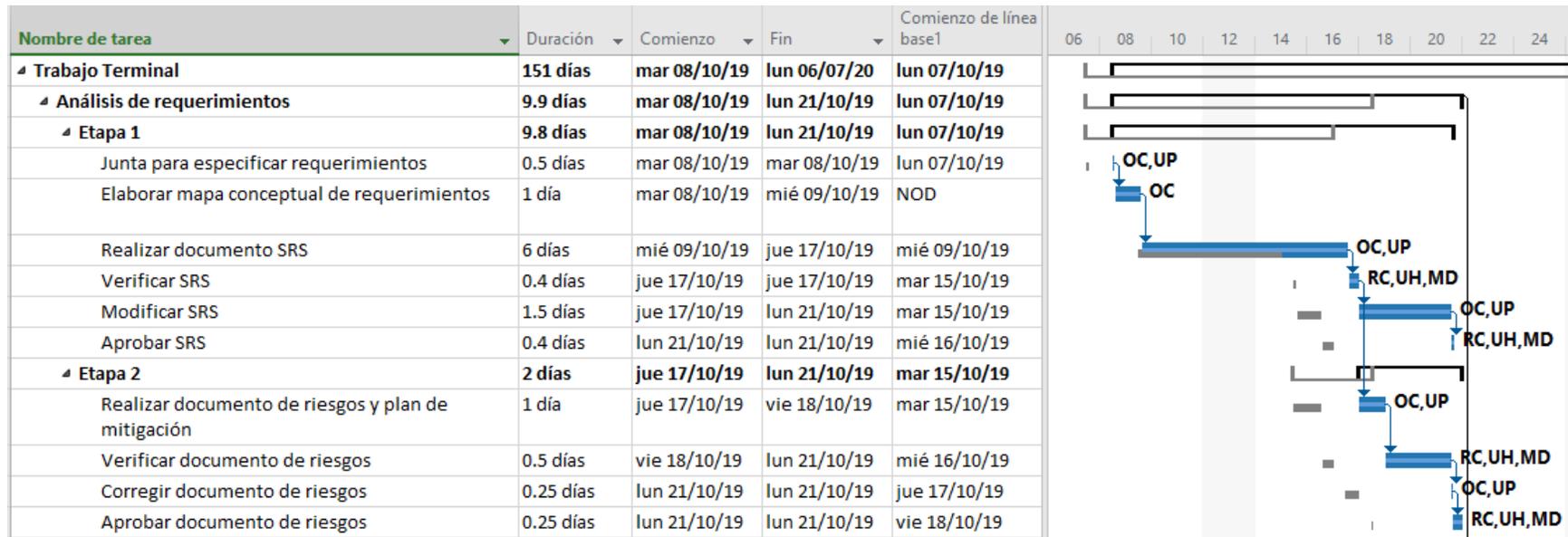


Figura 50: Cronograma de la fase de análisis de requerimientos.

## Fase de diseño.

La segunda fase del modelo en cascada es el “Diseño” como se observa en la Figura 51. Esta fase tendrá una duración de 40.25 días y consta de 3 etapas principales las cuales incluyen la elaboración de los distintos modelos y diagramas, así como el prototipo de la interfaz de usuario incluyendo su revisión y aprobación; contempla también el diseño de pruebas tanto unitarias como de integración. En la sección referente a pruebas, se realizará el diseño de las pruebas para las etapas 1, 2 y 3 de la fase de “Codificación y pruebas unitarias” que se describirá más adelante en este documento.

En la Figura 51 se observa que esta fase tuvo variaciones con respecto a la línea base ya que se agregaron nuevas tareas relacionadas con los modelos, además la realización de la mayoría de los diagramas duró menos de lo planeado por lo que se recuperó el tiempo que se había excedido en la fase de análisis de requerimientos, por lo que los tiempos para la realización de las actividades posteriores no se vio afectado.

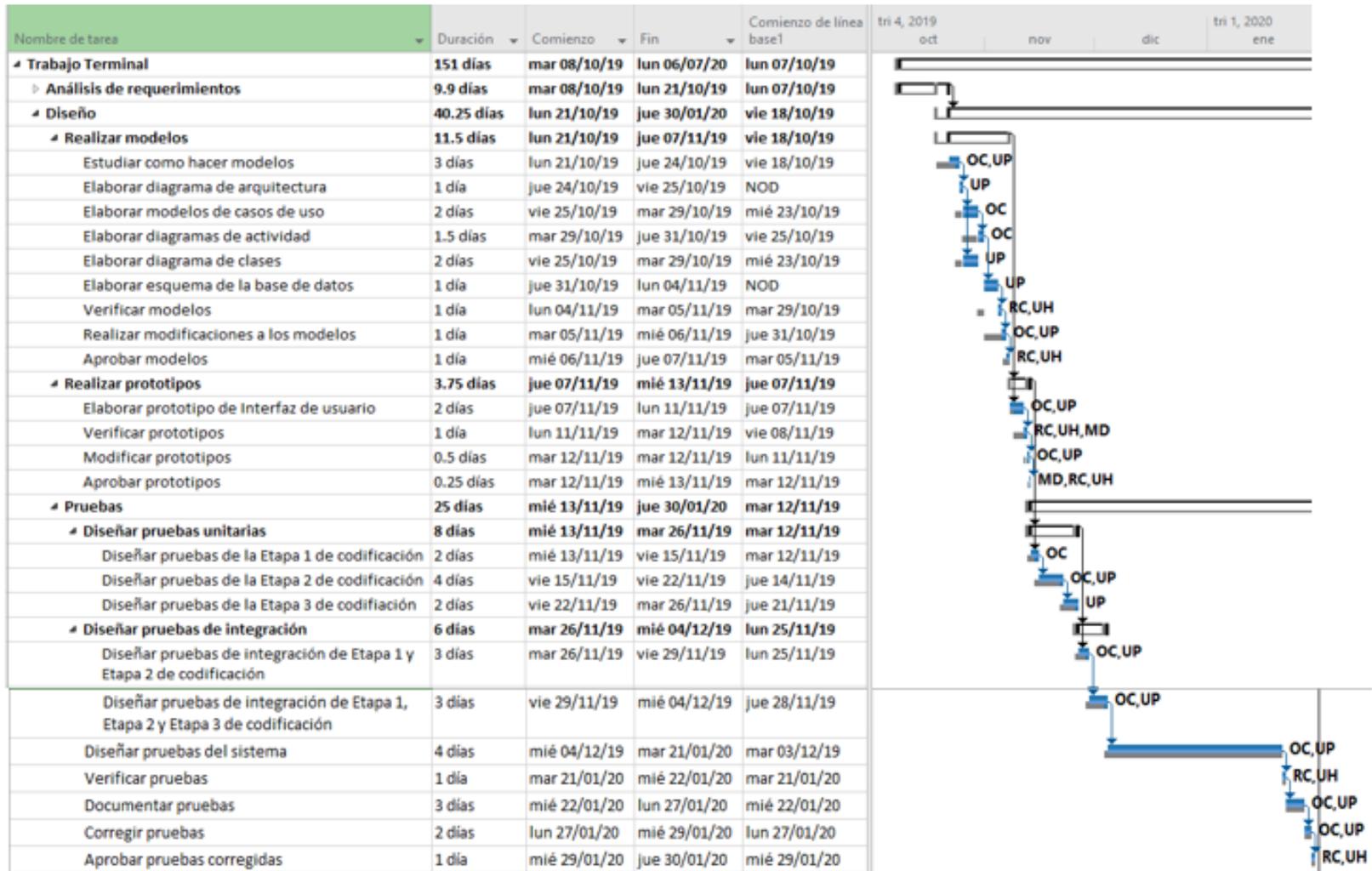


Figura 51: Cronograma de la fase de diseño.

## Presentación de TT-1

La siguiente fase se muestra en la Figura 52, no se incluye dentro de la Metodología en Cascada, y es la referente a la presentación de los resultados y avances obtenidos durante Trabajo Terminal I. En esta etapa se incluye la elaboración del reporte del trabajo realizado hasta ese punto, así como como la elaboración de la presentación que fue aprobada por el director y asesores del proyecto.

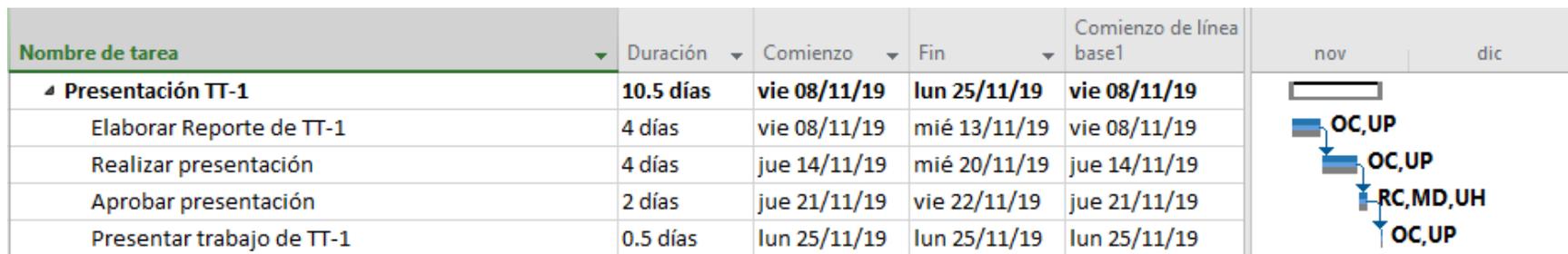


Figura 52: Cronograma de la fase de presentación de TT-1.

## Fase de Codificación y pruebas unitarias.

Siguiendo con el modelo en Cascada, la siguiente fase es la de “Codificación y pruebas unitarias”. Esta tuvo una duración de 43 días y consta de tres etapas. En la Etapa 1 se trabajó y codificó lo relacionado a la carga, ajuste de dimensión y color de las imágenes a tratar. En la Etapa 2, se implementaron técnicas de detección de bordes a la imagen para posteriormente realizar la estimación del tamaño de grano en la imagen segmentada, además en esta etapa se realizó la preparación de probetas metalográficas para su análisis. En la Etapa 3, se codificó el modelo ER diseñado anteriormente, para permitir la preservación de los resultados de los análisis. En cada Etapa se realizaron las pruebas que se diseñaron en fases anteriores.

En la Figura 53 se muestra el plan de trabajo de esta fase, el cual sufrió una modificación en la Etapa 2. En esa etapa se agregó una tarea más, Preparar probetas metalográficas. Esta tarea implicó efectuar todo el procedimiento descrito con anterioridad para realizar el análisis metalográfico de muestras de acero y así tener más imágenes que sirvieran para realizar pruebas al sistema. Como consecuencia, la fecha de finalización de esta Fase se postergó y se trabajó unos días más de lo planeado.

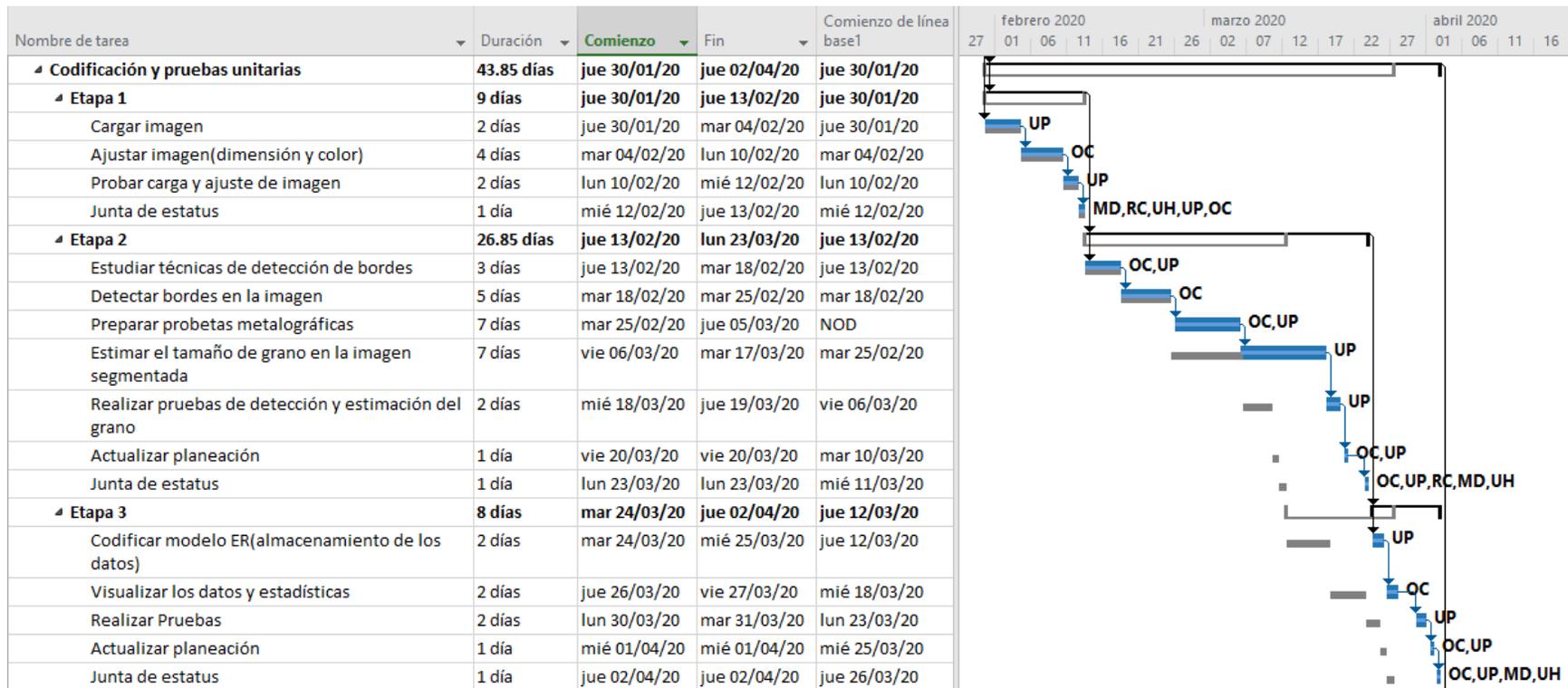


Figura 53: Cronograma de la fase de codificación y pruebas unitarias.

## Fase de integración y pruebas del sistema.

La siguiente fase es la de “Integración y pruebas del sistema” que se muestra en la Figura 54. Tuvo una duración de 12 días de trabajo y en esta se realizaron las pruebas al software conjunto que se diseñaron en la Fase de “Diseño”. Las fechas de trabajo de esta fase tuvieron un cambio debido a la tarea extra que se añadió a la fase anterior. Se debe mencionar que fue en fechas finales de esta fase que se suscitó la emergencia sanitaria en el país debido a la enfermedad del Covid-19, por lo que tareas y fases posteriores a esta, tuvieron que ser reprogramadas.

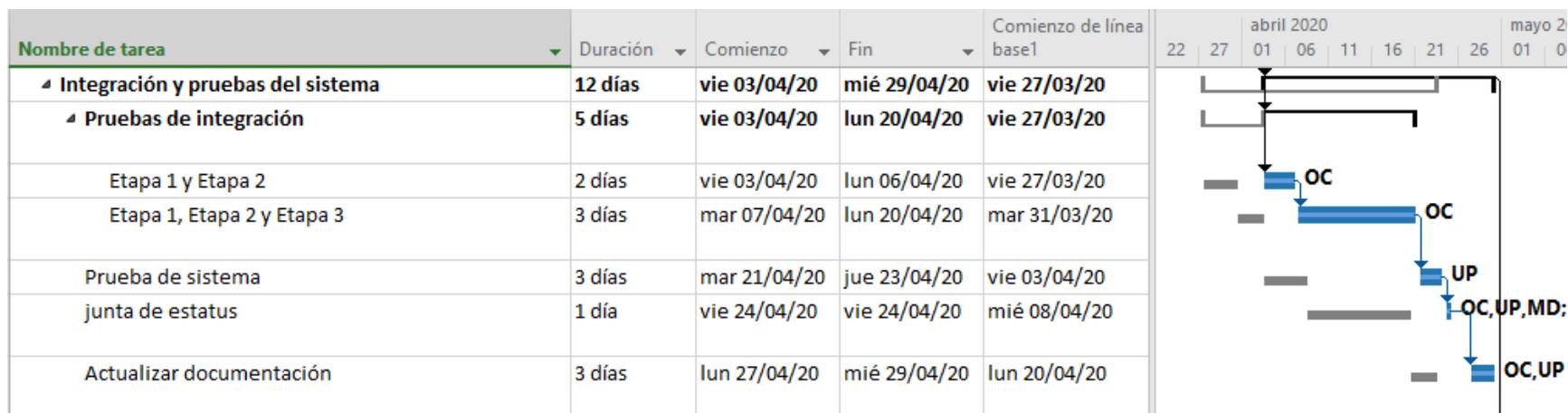


Figura 54: Cronograma de la fase de integración y pruebas del sistema.

## Entrega

En la Figura 55 se muestra la fase de “Entrega”, en la que se realizaron los últimos ajustes y documentación faltante referente al proyecto. Debido a que esta fase se desarrolló en medio de la contingencia sanitaria, no fue posible trabajar en persona con los integrantes del proyecto, por esta y otras causas fue necesario realizar un cambio en las fechas de comienzo de las tareas.

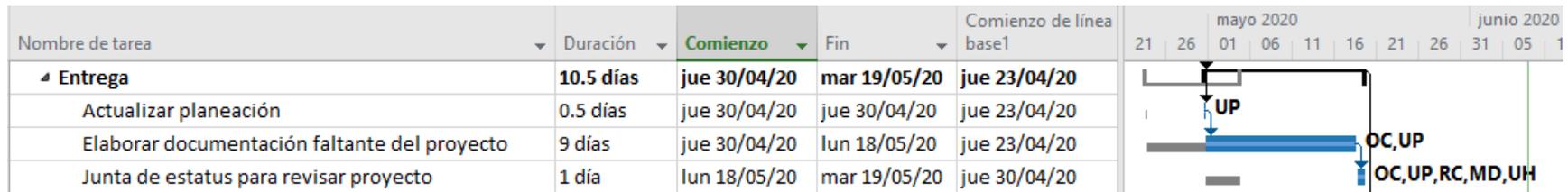


Figura 55: Cronograma de la fase de entrega.

## Presentación TT-2

La última fase es la de “Presentación TT-2”, que se muestra en la Figura 56. En esta etapa se presentarán los resultados obtenidos durante la realización del proyecto en las Unidades de Aprendizaje de Trabajo Terminal. Aquí se muestra el seguimiento que se le dio a la planificación realizada y el funcionamiento del software elaborado para determinar el tamaño de grano.

Así como en la fase anterior, esta se desarrolla aún dentro de la emergencia sanitaria, por lo que las fechas de las tareas también tuvieron que ser pospuestas. Aunado a esto, a esta fase se añadió una tarea más, la cual es la elaboración de un video que muestre el funcionamiento del software, además, de que la presentación final de Trabajo Terminal II no se llevará a cabo de manera presencial por las mismas causas ya mencionadas.



Figura 56: Cronograma de la fase de presentación de TT-2.

## Apéndice B: Documento de plan de riesgos.

### Propósito

El propósito de este documento es identificar, analizar y cuantificar los posibles riesgos que puedan presentarse a lo largo del proyecto y afectar su desarrollo, así como también establecer estrategias para prevenir la ocurrencia de estos, o en su defecto, tener un plan de acción en caso de que llegara a suscitarse alguno de estos riesgos.

### De la evaluación de los riesgos

Se deben llenar 4 tablas que nos ayudarán a medir la probabilidad y nivel de riesgo de sucesos que pueden ocurrir a lo largo del desarrollo del proyecto e incluso una vez terminado. Dichas tablas contendrán los niveles de probabilidad, los niveles de impacto, el nivel de riesgo y una tabla en la cual se registrarán los posibles riesgos que amenacen el proyecto.

### Niveles de probabilidad

Los niveles de probabilidad deberán expresar el nivel que se define para la ocurrencia de un suceso, para los proyectos de Trabajo Terminal de la UPIIZ, se sugiere utilizar la siguiente tabla:

| Nivel | Probabilidad | Descripción   |
|-------|--------------|---|
| 1     | Raro         | Solo ocurrirá en casos excepcionales  |
| 2     | Improbable   | Puede ocurrir en algún momento, pero las condiciones del proyecto no dan pie a que suceda |
| 3     | Posible      | Podría ocurrir en algún momento del proyecto  |
| 4     | Probable     | Es probable que ocurra en la mayoría de las circunstancias del proyecto                   |
| 5     | Casi Seguro  | Se espera que ocurra para todas las posibles circunstancias                               |

## Niveles de impacto

El nivel de impacto, como su nombre lo indica nos permite identificar que tanto impactaría en el proyecto, la ocurrencia de algún suceso riesgoso para el proyecto, para los proyectos de Trabajo Terminal de la UPIIZ, se sugiere utilizar la siguiente tabla:

| Nivel | Impacto        | Descripción  |
|-------|----------------|--|
| 1     | Insignificante | Si el hecho se llega a presentar no afecta la realización del proyecto   |
| 2     | Menor          | Si el hecho se llega a presentar el impacto no es significativo para la realización del proyecto no, genera una desviación significativa |
| 3     | Moderado       | Si el hecho se llega a presentar el impacto es aún controlable y no afecta de manera grave la realización del proyecto.                  |
| 4     | Mayor          | Si el hecho se llega a presentar el impacto es mucho mayor e implica cambios significativos en la realización del proyecto.              |
| 5     | Catastrófico   | Si el hecho se llega a presentar el impacto es grave y compromete la realización del proyecto.   |

## Nivel de riesgo

Una vez definidos los niveles de probabilidad, y los niveles de impacto debemos calcular el nivel del riesgo, para ello se debe realizar una multiplicación simple de los niveles anteriores, con ello evaluaremos los riesgos que detectemos dentro de nuestro proyecto, siempre hay que considerar que, a menor probabilidad e impacto, menor será el nivel del riesgo, a mayor probabilidad e impacto, mayor será el nivel de riesgo.

| Probabilidad    | Impacto               |              |                 |              |                     |
|-----------------|-----------------------|--------------|-----------------|--------------|---------------------|
|                 | Insignificante<br>(1) | Menor<br>(2) | Moderado<br>(3) | Mayor<br>(4) | Catastrófico<br>(5) |
| Raro (1)        | 1                     | 2            | 3               | 4            | 5                   |
| Improbable (2)  | 2                     | 4            | 6               | 8            | 10                  |
| Posible (3)     | 3                     | 6            | 9               | 12           | 15                  |
| Probable (4)    | 4                     | 8            | 12              | 16           | 20                  |
| Casi Seguro (5) | 5                     | 10           | 15              | 20           | 25                  |

De esta manera obtendremos la siguiente matriz de nivel de riesgo:

| Nivel de riesgo | Probabilidad X<br>Impacto |
|-----------------|---------------------------|
| <b>Muy Alto</b> | $\geq 20$                 |
| <b>Alto</b>     | De 15 a 19                |
| <b>Medio</b>    | De 9 a 14                 |
| <b>Bajo</b>     | De 6 a 8                  |
| <b>Muy bajo</b> | $\leq 5$                  |

## Matriz de riesgos

| Id riesgo   | Descripción  | Fase afectada | Causa del riesgo  | Probabilidad | Impacto | Nivel del riesgo | Estrategia de prevención   | Estrategia de Mitigación  |
|-------------|--|---------------|---|--------------|---------|------------------|--|---|
| <b>R-01</b> | Disponibilidad del director y/o asesores.                                  | Todas         | La agenda de trabajo puede estar saturada.  | 4            | 3       | 12               | Cumplir con las juntas programadas.  | Realizar juntas más cortas o buscar reagendar las citas.  |
| <b>R-02</b> | Que alguno de los integrantes del equipo no pueda trabajar en el proyecto. | Todas         | Que alguno de los integrantes del equipo enferme o tenga un accidente.            | 2            | 4       | 8                | Tomar medidas precautorias para evitar tener problemas de salud, o evitar problemas en la relación de trabajo. | Que el miembro restante asigne mayor tiempo para trabajar en el proyecto mientras el otro integrante se recupera. |
| <b>R-03</b> | Tiempo insuficiente para la realización del proyecto.                      | Entrega       | Alguna de las etapas de desarrollo se lleve más tiempo de trabajo de lo planeado. | 3            | 3       | 9                | Seguir en lo posible el cronograma de trabajo.   | Asignar más tiempo al proyecto por día o trabajar en días marcados como no laborables                             |

| Id riesgo   | Descripción                   | Fase afectada | Causa del riesgo                                      | Probabilidad | Impacto | Nivel del riesgo | Estrategia de prevención   | Estrategia de Mitigación   |
|-------------|-------------------------------|---------------|---|--------------|---------|------------------|--|--|
| <b>R-04</b> | Pérdida de información.       | Todas         | Fallo inesperado en alguno de los equipos de trabajo. | 3            | 3       | 9                | Acordar hacer respaldos en Drive y GitHub de la documentación y codificación del proyecto.   | Intentar recuperar información del disco duro del equipo afectado.   |
| <b>R-05</b> | Cambio en los requerimientos. | Análisis      | Que se añada algún requerimiento no contemplado.      | 1            | 4       | 4                | Llevar una buena comunicación con los involucrados en el proyecto e Intentar llegar a un acuerdo para no cambiar requerimientos en cuanto a añadir nuevas funcionalidades. | En caso de que exista un cambio verificar el impacto e intentar llegar a un acuerdo con las partes involucradas. |

| <b>Id riesgo</b> | <b>Descripción</b>  | <b>Fase afectada</b>   | <b>Causa del riesgo</b>  | <b>Probabilidad</b> | <b>Impacto</b> | <b>Nivel del riesgo</b> | <b>Estrategia de prevención</b>   | <b>Estrategia de Mitigación</b>  |
|------------------|---|------------------------|--|---------------------|----------------|-------------------------|---|--|
| <b>R-06</b>      | Falta de conocimiento en alguna área del desarrollo del proyecto. | Codificación y pruebas | No se haya investigado los temas que desconocen los desarrolladores                      | 2                   | 4              | 8                       | Investigar y estudiar sobre los temas relacionados al proyecto de los que se tenga poco conocimiento o se desconozcan.      | Acudir con expertos en el área e investigar sobre el tema, buscar tutoriales.  |
| <b>R-07</b>      | Problemas de comunicación con la base de datos.                   | Codificación y pruebas | Credenciales o datos incorrectos.<br>Versiones de componentes del sistema incompatibles. | 1                   | 4              | 4                       | Asegurarse de utilizar versiones compatibles de todos los componentes y revisar los datos de conexión con la base de datos. | Actualizar las versiones de los componentes de la base de datos.<br>Construir una nueva base de datos y o utilizar un motor distinto a SQLite. |
| <b>R-08</b>      | Problemas para realizar presentación                              | Presentación TT-2      | Problemas de internet o fallas en los equipos  | 3                   | 4              | 12                      | Verificar la conectividad de la red usada por los   | Cambiar a una red de datos móviles u otra alternativa para   |

|  |                      |  |   |  |  |  |                                   |   |
|--|----------------------|--|---|--|--|--|-----------------------------------|---|
|  | por medios digitales |  | de alguno de los integrantes del proyecto |  |  |  | integrantes para la presentación. | realizar la presentación o en su defecto intentar reagendar presentación. |
|--|----------------------|--|---|--|--|--|-----------------------------------|---|

## **Apéndice C: Documento de especificación de requerimientos.**

### **1. Introducción.**

El presente documento de Especificación de Requerimientos del Software (SRS) tiene por objetivo ofrecer información de apoyo para los desarrolladores de software del proyecto “Sistema por medio de visión para determinar el tamaño y porcentaje de grano en aceros IF”, brindando una descripción detallada de los requerimientos del sistema, así como una descripción general de este. Este documento servirá para el seguimiento, construcción y evaluación del software a través de las etapas comprendidas en la metodología en cascada.

Se describirá de forma detallada las interfaces que tendrá el software, así como los requerimientos, atributos y funciones del sistema.

#### **1.1. Propósito.**

El propósito de este documento es describir de manera clara y formal el comportamiento del software que se va a desarrollar, detallando más adelante los requerimientos, restricciones y propiedades que deberá cubrir el software. El documento va dirigido principalmente al equipo involucrado en este proyecto, siendo los desarrolladores, el director y asesores; así como también al público en general que cuente con conocimiento básico en el área.

## 1.2. Alcance.

El proyecto llamado “Sistema por medio de visión para determinar el tamaño y porcentaje de grano en aceros IF” propone una herramienta de software para escritorio que realice el análisis metalográfico de aceros libres de intersticiales (IF) calculando el tamaño y porcentaje de grano de estos metales. De este modo se busca reducir costos y apoyar a alumnos e investigadores de la unidad académica en el proceso de analizar el grano. El sistema podrá:

- Cargar una imagen metalográfica que cumpla con las características necesarias al sistema para su análisis.
- Realizar un ajuste o mejora de la imagen como realce de bordes, escala de grises, binarización.
- Estimar el tamaño y porcentaje de grano en metalografías de acero IF.
- Almacenar los datos obtenidos del cálculo para realizar futuras comparaciones.
- Generar estadísticas de los datos para ser consultados dentro de la aplicación

El sistema no podrá:

- Obtener imágenes metalográficas directamente de un microscopio u otra herramienta similar.
- Garantizar el cálculo y análisis correcto en metalografías de materiales distintos al acero IF.
- Determinar otras características además del tamaño y porcentaje de grano.

### 1.3. Definiciones, acrónimos y abreviaturas.

- **Acero IF:** Aceros que tienen microestructura ferrítica y un contenido muy bajo de carbono, y se obtienen mediante la eliminación de monóxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y otros gases [1].
- **Metalografía:** Es una disciplina científica que busca examinar y determinar la constitución y la estructura de los constituyentes en metales, aleaciones y materiales [2].
- **Interfaz:** Conexión, física o lógica, entre una computadora y el usuario, un dispositivo periférico o un enlace de comunicaciones [3].
- **Base de datos:** Es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso [4].
- **Grano:** Cada uno de los pequeños cristales que componen a los materiales de estructura policristalina como los metales [5].
- **ASTM E112:** Norma estándar para la determinación del tamaño de grano [6].
- **Microestructura:** En metalografía, es un término utilizado para describir las características observadas bajo un microscopio [2].
- **SVAIF:** Acrónimo del proyecto “Sistema por medio de visión para determinar el tamaño y porcentaje de grano en aceros IF”.

#### 1.4. Referencias.

- [1] N. C. Barajas Aguilar, A. M. García Lara, J. E. Camporredondo Saucedo, F. Equihua Guillén, y L. Castruita Ávila, “Tendencia de los aceros y su aplicación en la industria automotriz”, CienciaCierta, p. 12, 2016.
- [2] ASM International, “Metallography: An Introduction”, en Metallography and Microstructures, ASM International, 2004, pp. 3–20.
- [3] Real Academia Española, “Definición de interfaz”. [En línea]. Disponible en: <https://dle.rae.es/?id=Lu1HQaO>. [Consultado: 14-oct-2019].
- [4] EcuRed, “Bases de datos”. [En línea]. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Bases\\_de\\_datos](https://www.ecured.cu/Bases_de_datos). [Consultado: 14-oct-2019].
- [5] W. D. Callister y D. G. Rethwisch, Materials science and engineering: an introduction, 9a ed. USA, 2013.
- [6] “Standard Test Methods for Determining Average Grain Size”, ASTM E112, 2012.
- [7] “Recommended Practice for Software Requirements Specifications”, IEEE 830, 1998.

## **1.5. Vista general.**

Este documento de SRS está dividido en tres apartados:

**Introducción:** en este se describe el propósito de la elaboración del SRS y del sistema en forma general. Se detalla el alcance que tendrá el proyecto a desarrollar y se definirán los conceptos y términos que se manejarán a lo largo del mismo, con la intención de facilitar su comprensión.

**Descripción General:** este apartado describe una perspectiva general del producto que se desarrollará, así como los factores que afecten el producto y sus requerimientos, para que estos últimos puedan ser comprendidos de manera sencilla. Aquí se describen las interfaces, las principales funciones y las restricciones que tendrá el producto a desarrollar. Se incluye también las características generales de los usuarios que afectan a los requerimientos del sistema.

**Especificación de requerimientos:** contiene los requerimientos de software de manera más detallada, suficiente para que los diseñadores del producto de software puedan satisfacerlos y el personal de pruebas pueda asegurar su satisfacción.

## **2. Descripción General.**

El software que se desarrollará en el proyecto SVAIF tiene como objetivo primordial ayudar a los usuarios a calcular el tamaño y porcentaje de grano en aceros IF, así como asegurar que los datos obtenidos sean preservados; y de este modo contribuir a reducir costos y apoyar en el proceso de análisis de grano. Esta herramienta va dirigida a alumnos e investigadores de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, principalmente a aquellos en el área de metalurgia y mecatrónica.

### **2.1. Perspectiva del producto**

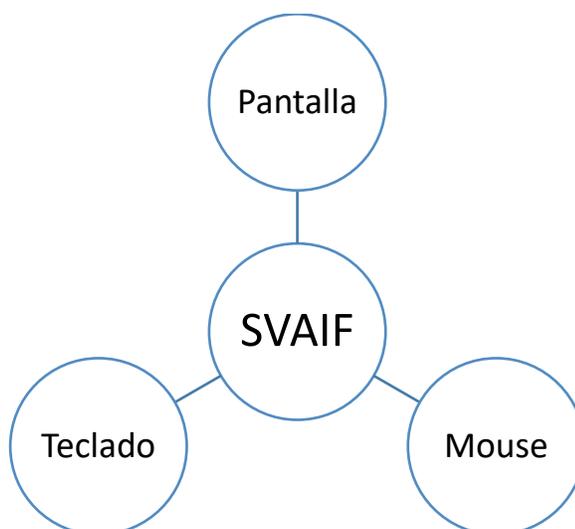
La herramienta estará diseñada para funcionar en un ambiente de escritorio, además trabajará de manera independiente por lo tanto no tendrá interacciones con otros sistemas.

### 2.1.1. Interfaces de sistema

Al ser una herramienta independiente como se mencionó anteriormente, no tiene interfaces para interactuar con otros sistemas.

### 2.1.2. Interfaces de usuario.

Las interfaces con las que los usuarios podrán interactuar se encuentran en la Figura 57 y se describen a continuación.



*Figura 57: Interfaces de usuario.*

- **Teclado:** Interfaz usada para el ingreso de datos de texto o numéricos a la herramienta.
- **Pantalla:** Interfaz usada para la visualización de datos y ventanas creadas por la herramienta.
- **Mouse:** Interfaz para la selección e ingreso de datos en campos o botones presentes en la herramienta.
- **SVAIF:** Interfaz gráfica con la que los usuarios podrán interactuar y que contendrá las opciones para cargar imagen, estimar tamaño de grano, guardar datos y generar estadística.

### **2.1.3. Interfaces de hardware.**

Las características mínimas recomendadas para las computadoras en las que se use la herramienta son:

- Procesador de 1.7 GHZ.
- Memoria RAM 4GB.
- Sistema operativo de 64 bits.

### **2.1.4. Interfaces de software.**

- Java NetBeans: Será el entorno utilizado para el desarrollo del proyecto

### **2.1.5. Interfaces de comunicaciones.**

- JDBC: conector que permite la comunicación entre la herramienta que se desarrollará en Java y la base de datos.

### **2.1.6. Restricciones de memoria.**

- El equipo en el que se ejecute el sistema deberá tener un mínimo de 4GB de memoria RAM.

### **2.1.7. Funcionamiento.**

El funcionamiento que tendrá el software será el siguiente:

- El usuario podrá cargar una imagen metalográfica al sistema en un formato válido.
- El sistema realizará un ajuste o mejora de la imagen como realce de bordes, escala de grises o binarización.
- El sistema podrá estimar el tamaño y porcentaje de grano en metalografías de acero IF.
- Almacenar los datos obtenidos del cálculo para realizar futuras comparaciones.
- Generar estadísticas de los datos para ser consultados dentro de la aplicación

## 2.2. Funcionalidad del producto.

El software de SVAIF permitirá realizar las siguientes funciones:

- **Cargar imagen:** El usuario podrá cargar una imagen metalográfica al software, que deberá cumplir con las características requeridas.
- **Ajustar la imagen:** Proceso por el cual la imagen cargada será ajustada al sistema, ya sea redimensionándola, aplicando filtros de color, realce de bordes, binarización, etc.
- **Estimar tamaño y porcentaje de grano:** El software podrá realizar una estimación del tamaño y porcentaje de grano presente en la imagen que se haya cargado anteriormente, y los resultados serán mostrados al usuario.
- **Almacenar los resultados:** El sistema permitirá almacenar los resultados de los cálculos para que estos puedan ser consultados y comparados posteriormente.
- **Generar estadísticas:** Se podrá generar datos estadísticos a partir de los datos obtenidos para poder realizar comparaciones entre distintos resultados almacenados.

## 2.3. Características del usuario.

Los usuarios contemplados para este proyecto son alumnos y docentes de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas (UPIIZ), que tengan experiencia utilizando una computadora y conocimientos básicos en el área de materiales.

## 2.4. Restricciones generales.

- Las restricciones de hardware son las mencionadas en el apartado 2.1.3 Interfaces de hardware.
- Funciones de control; el sistema sólo aceptará imágenes en formato válido.
- Las restricciones de software son las mencionadas en el apartado 2.1.4 Interfaces de software.
- El sistema debe asegurar la persistencia de los datos calculados con el fin de que estos se almacenen y puedan ser utilizados para futuras comparaciones.
- Las restricciones de memoria son las mencionadas en el apartado 2.1.6 Restricciones de memoria.

## **2.5. Presunciones y dependencias.**

A continuación, se mencionan las dependencias bajo las cuales se desarrollará el proyecto:

- Disponibilidad de trabajo del equipo de desarrollo.
- Disponibilidad de tiempo de las partes involucradas en el proyecto.

## **3. Especificación de requerimientos.**

El sistema realizará las siguientes tareas:

1. Cargar una imagen metalográfica.
2. Ajustar la imagen.
3. Estimar el tamaño y porcentaje de grano.
4. Almacenar los resultados.
5. Generar datos estadísticos de los resultados.

### **3.1. Requerimientos de interfaces externas.**

#### **3.1.1. Interfaces de comunicaciones.**

Las interfaces de comunicación se encuentran mencionadas en la sección 2.1.5 Interfaces de comunicación.

### **3.2. Requerimientos funcionales.**

Este proyecto tiene como objetivo general desarrollar una herramienta de software que ofrezca la posibilidad de determinar el tamaño y el porcentaje de grano en aceros IF (libres de intersticiales), procurando la preservación de los datos obtenidos; para asegurar el cumplimiento de este, se debe atender a cada uno de los objetivos particulares que se muestran a continuación mediante el cumplimiento de los requerimientos descritos en esta sección.

| ID Objetivo | Objetivo  |
|-------------|---|
| OP-01       | Estimar el tamaño y porcentaje de grano en metalografías de acero IF.                                       |
| OP-02       | Asegurar la persistencia de los datos para futuras comparaciones.   |
| OP-03       | Generar estadísticas de los datos obtenidos de las metalografías para su consulta dentro de la herramienta. |

### 3.2.1. Flujo para cargar una imagen.

|                   |   |
|-------------------|---|
| ID Requerimiento  | RQ-01   |
| Nombre            | Cargar imagen al sistema  |
| Objetivo atendido | OP-01   |
| Entrada           | Una imagen metalográfica que deberá estar en formato jpg, jpeg o png. |
| Proceso           | El usuario selecciona una imagen y la carga al sistema.               |
| Salida            | Se muestra la imagen en una ventana.                                  |

### 3.2.2. Flujo para ajustar una imagen.

|                   |   |
|-------------------|---|
| ID Requerimiento  | RQ-02   |
| Nombre            | Ajustar la imagen   |
| Objetivo atendido | OP-01   |
| Entrada           | La imagen que ha sido cargada al sistema  |
| Proceso           | Una vez que el usuario a cargado la imagen, el sistema realizará los ajustes necesarios a la imagen para su análisis, como redimensionamiento, escala de grises y/o binarización. |
| Salida            | Imagen ajustada   |

### 3.2.3. Flujo para estimar tamaño de grano.

|                   |   |
|-------------------|---|
| ID Requerimiento  | RQ-03   |
| Nombre            | Conteo de bordes en la imagen   |
| Objetivo atendido | OP-01   |
| Entrada           | Como entrada será necesaria la imagen ajustada.   |
| Proceso           | El sistema analizará la imagen para realizar un conteo del número de bordes presentes de acuerdo con la norma ASTM-E112, y obtendrá un valor numérico como resultado del proceso. |
| Salida            | Un valor numérico que servirá al sistema para el cálculo del tamaño de grano.   |

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-04   |
| <b>Nombre</b>            | Estimar tamaño de grano   |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-01   |
| <b>Entrada</b>           | Como entrada será necesario el resultado obtenido en el conteo de bordes, así como los aumentos y escala de la imagen.  |
| <b>Proceso</b>           | El sistema tomará los datos de entrada y realizará las operaciones correspondientes para realizar el cálculo según la norma ASTM-E112. El resultado será mostrado al usuario en pantalla. |
| <b>Salida</b>            | Resultado del tamaño de grano en pantalla.  |

#### 3.2.4. Flujo para almacenar los resultados.

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-05   |
| <b>Nombre</b>            | Guardar resultados  |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-02   |
| <b>Entrada</b>           | Identificador, fecha, resultado del tamaño de grano, escala y aumentos  |
| <b>Proceso</b>           | Después de realizar la estimación del tamaño, el usuario podrá seleccionar la opción de guardar los resultados. |
| <b>Salida</b>            | Mensaje de guardado exitoso.  |

#### 3.2.5. Flujo para generar estadísticas.

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-06   |
| <b>Nombre</b>            | Calcular promedio   |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-03   |
| <b>Entrada</b>           | Como entradas serán necesarios los resultados que se hayan guardados previamente.   |
| <b>Proceso</b>           | El usuario puede seleccionar la opción de calcular promedio.<br>El sistema obtendrá los datos almacenados y el total de datos<br>El sistema realizará las operaciones correspondientes y mostrará el resultado en pantalla. |
| <b>Salida</b>            | Resultado del promedio en pantalla  |

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-07  |
| <b>Nombre</b>            | Calcular desviación estándar   |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-03  |
| <b>Entrada</b>           | Como entrada son necesarios los resultados del tamaño de grano que hayan sido almacenados anteriormente.   |
| <b>Proceso</b>           | El usuario puede seleccionar la opción de calcular desviación estándar.<br>El sistema obtendrá los datos almacenados y el total de datos<br>El sistema realizará las operaciones correspondientes y mostrará el resultado en pantalla. |
| <b>Salida</b>            | El sistema mostrará los resultados de la desviación estándar en pantalla.  |

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-08  |
| <b>Nombre</b>            | Generar gráfica de la desviación estándar  |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-03  |
| <b>Entrada</b>           | Como entrada son necesarios los resultados del tamaño de grano que hayan sido almacenados anteriormente.   |
| <b>Proceso</b>           | El usuario puede seleccionar la opción de calcular desviación estándar.<br>El sistema obtendrá los datos almacenados y el total de datos<br>El sistema generará la gráfica correspondiente en pantalla |
| <b>Salida</b>            | El sistema muestra una gráfica de dispersión para la desviación estándar   |

### 3.2.6. Flujo para visualizar datos almacenados.

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-09   |
| <b>Nombre</b>            | Visualizar datos almacenados  |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-02   |
| <b>Entrada</b>           | Como entrada son necesarios los datos del tamaño de grano que hayan sido almacenados anteriormente.   |
| <b>Proceso</b>           | El usuario puede seleccionar la opción de datos almacenados.<br>El sistema obtendrá los datos almacenados.<br>El sistema muestra al usuario los datos existentes en pantalla. |
| <b>Salida</b>            | El sistema mostrará los datos existentes al usuario.  |

### 3.2.7. Flujo para estimar porcentaje de grano.

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>ID Requerimiento</b>  | RQ-10   |
| <b>Nombre</b>            | Estimar porcentaje de grano   |
| <b>Objetivo atendido</b> | OP-01   |
| <b>Entrada</b>           | Imagen metalográfica cargada en el sistema  |
| <b>Proceso</b>           | El usuario puede seleccionar una parte de la imagen.<br>El sistema obtiene las dimensiones de la imagen y de la parte seleccionada.<br>El sistema calcula el porcentaje de la parte seleccionada respecto a la imagen original.<br>El sistema muestra el resultado en pantalla. |
| <b>Salida</b>            | El sistema muestra el porcentaje de la parte seleccionada con respecto a la imagen.   |

### 3.3. Requisitos de desempeño.

- El sistema deberá estar disponible para su uso en cualquier momento.
- El sistema deberá de asegurar la preservación de los resultados.
- El sistema deberá permitir la consulta de los datos almacenados en cualquier momento.

### 3.4. Requisitos de la base de datos lógica.

Tal y como se menciona en la sección 3.2.4. “Flujo para almacenar los resultados”, el sistema debe almacenar los datos de las imágenes metalográficas como el resultado de la estimación del tamaño de grano, la escala y aumentos, para que estos puedan ser consultados posteriormente, por tal motivo se optó por una base de datos embebida SQLite.

### 3.5. Restricciones de diseño.

- La estimación del tamaño de grano estará basada en la norma ASTM-E112.
- El diseño del sistema estará sujeto al paradigma orientado a objetos.
- El lenguaje de programación acorde al paradigma orientado a objetos será Java, puesto que provee una diversa cantidad de librerías para el procesamiento de imágenes.

### **3.6. Atributos.**

- El sistema debe estar disponible en cualquier momento.
- Al utilizar el lenguaje Java para el desarrollo del sistema, se garantiza la portabilidad entre distintos sistemas operativos, como Windows o Linux.

# Apéndice D: Minutas.



Instituto Politécnico Nacional  
 Unidad Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas  
 Minuta de junta de trabajo



**DATOS GENERALES** Minuta 01

|                   |   |             |            |
|-------------------|---|-------------|------------|
| Lugar             | UPIIZ                                     | Fecha       | 08/10/2019 |
| Equipo de trabajo | Oscar Ceballos y Ubaldo Pánuco            | Hora inicio | 12:40 pm   |
| Propósito         | Revisar plan de proyecto y requerimientos | Hora fin    | 13:00 pm   |

**ASISTENTES Y ROLES DE LA JUNTA**

| Nombre                          | Rol                  |
|---------------------------------|----------------------|
| Oscar Eduardo Ceballos Pérez    | Desarrollador        |
| Ubaldo Pánuco Sandoval          | Desarrollador        |
| Miguel Fernando Delgado Pamanes | Director de proyecto |

**REQUISITOS DE ENTRADA**

| Descripción      | Responsable            |
|------------------|------------------------|
| Plan de proyecto | Ubaldo Pánuco Sandoval |

**ACCIONES**

| Acción                   | Responsable | Fecha probable | Listo | Fecha real |
|--------------------------|-------------|----------------|-------|------------|
| Revisar plan de proyecto |             |                |       |            |
| Revisar requerimientos   |             |                |       |            |

**ACUERDOS**

| Acuerdo | Involucrados |
|---------|--------------|
|         |              |

**RESUMEN**

Ubaldo P.S.

Firma de los asistentes



**DATOS GENERALES** Minuta 02

|                   |  |             |            |
|-------------------|--|-------------|------------|
| Lugar             | UPLIZ  | Fecha       | 16/10/2019 |
| Equipo de trabajo | Oscar Ceballos y Ubaldo Pánuco                 | Hora inicio | 12:05 pm   |
| Propósito         | Aclarar requerimientos y Checar metalegráficas | Hora fin    | 12:15 pm   |

**ASISTENTES Y ROLES DE LA JUNTA**

| Nombre                          | Rol                  |
|---------------------------------|----------------------|
| Oscar Eduardo Ceballos Pérez    | Desarrollador        |
| Ubaldo Pánuco Sandoval          | Desarrollador        |
| Miguel Fernando Delgado Pamanes | Director de proyecto |
|                                 |                      |
|                                 |                      |

**REQUISITOS DE ENTRADA**

| Descripción | Responsable |
|-------------|-------------|
|             |             |
|             |             |

**ACCIONES**

| Acción                 | Responsable | Fecha probable | Listo | Fecha real |
|------------------------|-------------|----------------|-------|------------|
| Aclarar requerimientos |             |                |       |            |
|                        |             |                |       |            |

**ACUERDOS**

| Acuerdo   | Involucrados                            |
|---|---|
| Los requerimientos del sistema no cambiarán en cuanto a añadir nuevos o agregar funciones nuevas que comprometan el proyecto. | Director y desarrolladores del proyecto |

**RESUMEN**

Ubaldo P.S.

Firma de los asistentes



**DATOS GENERALES** Minuta 03

|                   |                                 |             |            |
|-------------------|---------------------------------|-------------|------------|
| Lugar             | UPIIZ                           | Fecha       | 21/10/2019 |
| Equipo de trabajo | Oscar Ceballos y Ubaldo Pánuco  | Hora inicio | 12:10 pm   |
| Propósito         | Revisar SRS y Matriz de riesgos | Hora fin    | 12:36 pm   |

**ASISTENTES Y ROLES DE LA JUNTA**

| Nombre                             | Rol           |
|------------------------------------|---------------|
| Oscar Eduardo Ceballos Pérez       | Desarrollador |
| Ubaldo Pánuco Sandoval             | Desarrollador |
| Roberto Osvaldo Cruz Leija         | Asesor        |
| Umanuel Azazael Hernández González | Asesor        |

**REQUISITOS DE ENTRADA**

| Descripción       | Responsable            |
|-------------------|------------------------|
| Documento SRS     | Oscar Eduardo Ceballos |
| Matriz de riesgos | Oscar Eduardo Ceballos |

**ACCIONES**

| Acción                               | Responsable | Fecha probable | Listo | Fecha real |
|--------------------------------------|-------------|----------------|-------|------------|
| • Checar redacción de requerimientos |             |                |       |            |
| •                                    |             |                |       |            |

**ACUERDOS**

| Acuerdo  | Involucrados               |
|--|----------------------------|
| Se verificaron y validaron los documentos SRS y Matriz de riesgo | Desarrolladores y Asesores |

**RESUMEN**

Ubaldo P.S.     
 Firma de los asistentes



| DATOS GENERALES <i>Minuta OU</i> |                                    |             |           |
|----------------------------------|------------------------------------|-------------|-----------|
| Lugar                            | UPIIZ                              | Fecha       | 7/11/2019 |
| Equipo de trabajo                | Oscar Ceballos y Ubaldo Pánuco     | Hora inicio | 02:30 pm  |
| Propósito                        | Validación de artefactos de diseño | Hora fin    | 04:06 pm  |

| ASISTENTES Y ROLES DE LA JUNTA   |               |
|----------------------------------|---------------|
| Nombre                           | Rol           |
| Oscar Eduardo Ceballos Pérez     | Desarrollador |
| Ubaldo Pánuco Sandoval           | Desarrollador |
| Roberto Oswaldo Cruz Leija       | Aesor         |
| Umaral Azazel Hernández González | Aesor         |

| REQUISITOS DE ENTRADA |                        |
|-----------------------|------------------------|
| Descripción           | Responsable            |
| Diagramas de diseño   | Ubaldo Pánuco Sandoval |

| ACCIONES |             |                |       |            |
|----------|-------------|----------------|-------|------------|
| Acción   | Responsable | Fecha probable | Listo | Fecha real |
|          |             |                |       |            |

| ACUERDOS   |                           |
|--|---------------------------|
| Acuerdo  | Involucrados              |
| Se verificaron y validaron los diagramas correspondientes del diseño | Desarrolladores y Aesores |

RESUMEN

Ubaldo P.S.

Firma de los asistentes



| DATOS GENERALES Minuta 05 |                                 |             |            |
|---------------------------|---------------------------------|-------------|------------|
| Lugar                     | UPIIZ                           | Fecha       | 13/11/2019 |
| Equipo de trabajo         | Oscar Ceballos y Ubaldo Pánuco  | Hora inicio | 02:05 pm   |
| Propósito                 | Validar prototipos de pantallas | Hora fin    | 02:30 pm   |

| ASISTENTES Y ROLES DE LA JUNTA    |               |
|-----------------------------------|---------------|
| Nombre                            | Rol           |
| Oscar Eduardo Ceballos Pérez      | Desarrollador |
| Ubaldo Pánuco Sandoval            | Desarrollador |
| Umanuel Azazel Hernández González | Asesor        |
|                                   |               |
|                                   |               |

| REQUISITOS DE ENTRADA   |               |
|-------------------------|---------------|
| Descripción             | Responsable   |
| Prototipos de pantallas | Oscar Eduardo |
|                         |               |

| ACCIONES |             |                |       |            |
|----------|-------------|----------------|-------|------------|
| Acción   | Responsable | Fecha probable | Listo | Fecha real |
|          |             |                |       |            |
|          |             |                |       |            |

| ACUERDOS  |                            |
|---|----------------------------|
| Acuerdo   | Involucrados               |
| Se verificaron y validaron los pantallas realizadas | Desarrolladores y asesores |
|   |                            |

RESUMEN

Ubaldo P.s.

Firma de los asistentes



Instituto Politécnico Nacional  
 Unidad Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas  
 Minuta de junta de trabajo



DATOS GENERALES *Minuta 06*

|                   |                                |             |            |
|-------------------|--------------------------------|-------------|------------|
| Lugar             | UPIIZ                          | Fecha       | 12/02/2020 |
| Equipo de trabajo | Oscar Ceballos y Ubaldo Pánuco | Hora inicio | 11:30 a.m  |
| Propósito         | Revisar Avance de proyecto     | Hora fin    | 12:00 p.m  |

ASISTENTES Y ROLES DE LA JUNTA

| Nombre                             | Rol           |
|------------------------------------|---------------|
| Oscar Eduardo Ceballos Pérez       | Desarrollador |
| Ubaldo Pánuco Sandoval             | Desarrollador |
| Umanuel Azazael Hernández González | Asesor        |
|                                    |               |

REQUISITOS DE ENTRADA

| Descripción                        | Responsable            |
|------------------------------------|------------------------|
| Avance de carga y ajuste de imagen | Ubaldo Pánuco Sandoval |
|                                    |                        |

ACCIONES

| Acción | Responsable | Fecha probable | Listo | Fecha real |
|--------|-------------|----------------|-------|------------|
|        |             |                |       |            |
|        |             |                |       |            |

ACUERDOS

| Acuerdo   | Involucrados |
|---|--------------|
| Agregar nombre del Instituto a la ventana principal |              |
|   |              |

RESUMEN

Ubaldo P.S.  

Firma de los asistentes



**DATOS GENERALES** *Minuta 07*

|                   |                                |             |                |
|-------------------|--------------------------------|-------------|----------------|
| Lugar             | UPIIZ                          | Fecha       | 13 / 02 / 2020 |
| Equipo de trabajo | Oscar Ceballos y Ubaldo Pánuco | Hora inicio | 10:00 a.m.     |
| Propósito         | Junta para revisar Avance      | Hora fin    | 10:30 a.m.     |

**ASISTENTES Y ROLES DE LA JUNTA**

| Nombre                          | Rol           |
|---------------------------------|---------------|
| Ubaldo Pánuco Sandoval          | Desarrollador |
| Miguel Fernando Delgado Pámanes | Director      |
| Oscar Eduardo Ceballos Pérez    | Desarrollador |
|                                 |               |
|                                 |               |

**REQUISITOS DE ENTRADA**

| Descripción                        | Responsable            |
|------------------------------------|------------------------|
| Avance de carga y ajuste de imagen | Ubaldo Pánuco Sandoval |
|                                    |                        |

**ACCIONES**

| Acción | Responsable | Fecha probable | Listo | Fecha real |
|--------|-------------|----------------|-------|------------|
|        |             |                |       |            |
|        |             |                |       |            |

**ACUERDOS**

| Acuerdo | Involucrados |
|---------|--------------|
|         |              |
|         |              |

**RESUMEN**

Ubaldo P.S.  

Firma de los asistentes



**DATOS GENERALES** Minuta 02

|                   |                              |             |            |
|-------------------|------------------------------|-------------|------------|
| Lugar             | UPIIZ                        | Fecha       | 23/02/2020 |
| Equipo de trabajo | Oscar Ceballos y Ubaldo Páez | Hora inicio | 10:00 a.m. |
| Propósito         | Revisión de avances          | Hora fin    | 10:40 a.m. |

**ASISTENTES Y ROLES DE LA JUNTA**

| Nombre                          | Rol           |
|---------------------------------|---------------|
| Ubaldo Páez Sandoval            | Desarrollador |
| Oscar Eduardo Ceballos Pérez    | Desarrollador |
| Miguel Fernando Delgado Pomanes | Director      |
|                                 |               |
|                                 |               |

**REQUISITOS DE ENTRADA**

| Descripción                                       | Responsable    |
|---|----------------|
| Avance de detección de borde y estimación de zona | Oscar y Ubaldo |
|   |                |

**ACCIONES**

| Acción | Responsable | Fecha probable | Lista | Fecha real |
|--------|-------------|----------------|-------|------------|
|        |             |                |       |            |
|        |             |                |       |            |

**ACUERDOS**

| Acuerdo                                    | Involucrados |
|--|--------------|
| Se revisa y valida el avance del proyecto. |              |
|  |              |

**RESUMEN**

Ubaldo P. S.

Firma de los asistentes



| DATOS GENERALES   |                                |             |            |
|-------------------|--------------------------------|-------------|------------|
|                   |                                | Minuta 09   |            |
| Lugar             | UPUZ                           | Fecha       | 02/04/2020 |
| Equipo de trabajo | Oscar Ceballos y Ubaldo Pánuco | Hora inicio | 12:00 p.m. |
| Propósito         | Revisar avances                | Hora fin    | 12:25 p.m. |

| ASISTENTES Y ROLES DE LA JUNTA  |               |
|---------------------------------|---------------|
| Nombre                          | Rol           |
| Oscar Edouardo Ceballos Pérez   | Desarrollador |
| Ubaldo Pánuco Sandoval          | Desarrollador |
| Miguel Fernando Delgado Pámanes | Director      |
|                                 |               |
|                                 |               |

| REQUISITOS DE ENTRADA              |                        |
|------------------------------------|------------------------|
| Descripción                        | Responsable            |
| Avance del almacenamiento de datos | Ubaldo Pánuco Sandoval |
| Avance de datos estadísticos       | Oscar Ceballos Pérez   |

| ACCIONES |             |                |       |            |
|----------|-------------|----------------|-------|------------|
| Acción   | Responsable | Fecha probable | Listo | Fecha real |
|          |             |                |       |            |
|          |             |                |       |            |

| ACUERDOS                                 |              |
|--|--------------|
| Acuerdo                                  | Involucrados |
| Realizar gestión de desviación estándar. |              |
|  |              |

| RESUMEN |
|---------|
|         |

Ubaldo P.S.

Firma de los asistentes



**DATOS GENERALES** Minuta 10

|                   |                                |             |            |
|-------------------|--------------------------------|-------------|------------|
| Lugar             | UPHZ                           | Fecha       | 21/04/2020 |
| Equipo de trabajo | Oscar Ceballos y Ubaldo Pánuco | Hora inicio | 12:00 p.m. |
| Propósito         | Revisar avances de proyecto    | Hora fin    | 2:00 p.m.  |

**ASISTENTES Y ROLES DE LA JUNTA**

| Nombre                          | Rol           |
|---------------------------------|---------------|
| Ubaldo Pánuco Santosol          | Desarrollador |
| Oscar Eduardo Ceballos Pérez    | Desarrollador |
| Miguel Fernando Delgado Pánuco  | Director      |
| Umaré Arzael Hernández González | Asesor        |

**REQUISITOS DE ENTRADA**

| Descripción                               | Responsable    |
|---|----------------|
| Documentación de los Pruebas del Sistema. | Oscar y Ubaldo |

**ACCIONES**

| Acción | Responsable | Fecha probable | Lista | Fecha real |
|--------|-------------|----------------|-------|------------|
|        |             |                |       |            |

**ACUERDOS**

| Acuerdo  | Involucrados |
|--|--------------|
| Se revisaron y aprobaron los resultados de las pruebas |              |

**RESUMEN**

Ubaldo P.S.

Firma de los asistentes



| DATOS GENERALES   |                                | Minuta 11   |            |
|-------------------|--------------------------------|-------------|------------|
| Lugar             | UPIIZ                          | Fecha       | 19/05/2020 |
| Equipo de trabajo | Oscar Ceballos y Ubaldo Pánuco | Hora inicio | 10:00 a.m. |
| Propósito         | Entrega y liberación           | Hora fin    | 11:00 a.m. |

| ASISTENTES Y ROLES DE LA JUNTA  |               |
|---------------------------------|---------------|
| Nombre                          | Rol           |
| Oscar Eduardo Ceballos Pérez    | Desarrollador |
| Ubaldo Pánuco Sandoval          | Desarrollador |
| Miguel Fernando Delgado Pamanes | Director      |

| REQUISITOS DE ENTRADA                  |                |
|--|----------------|
| Descripción                            | Responsable    |
| Instalador del sistema y documentación | Oscar y Ubaldo |

| ACUERDOS  |                            |
|---|----------------------------|
| Acuerdo   | Involucrados               |
| Se realizó la revisión y entrega del instalador y documentación correspondiente cubriendo el alcance y objetivos planteados originalmente y de acuerdo con los requerimientos establecidos. | Desarrolladores y director |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <br>_____<br>Oscar Eduardo Ceballos Pérez | <br>_____<br>Dr. Miguel Fernando Delgado Pamanes<br><b>DIRECTOR</b> | <br>_____<br>Ubaldo Pánuco Sandoval |
|--|--|--|

## Apéndice E: Preparación de probetas.

A continuación, se describe y se pone en evidencia el proceso que se siguió para la obtención de micrografías, realizado con el fin de tener un mayor número de muestras que sirvan para complementar la etapa de pruebas del sistema.

1. **Selección de las muestras.** Se tomaron pequeñas piezas que fueron cortadas de distintas láminas de acero.



*Figura 58: Muestras de acero.*

2. **Encapsulamiento.** Esto se hizo para facilitar el manejo de las muestras, para ello se utilizó resina epoxi y catalizador para resina como se muestra en la siguiente imagen.



*Figura 59: Materiales para encapsulamiento de las muestras.*

Posteriormente con ayuda del limpiador ultrasónico se procedió a limpiar la resina para quitar las impurezas y eliminar el aire atrapado en la misma.



*Figura 60: Limpieza de la resina.*

Una vez terminada la limpieza de la resina se procedió a vaciarla en los moldes con las muestras para finalizar la encapsulación tal y como se muestra en las imágenes 61 y 62. La solidificación de la resina tardó un día aproximadamente.

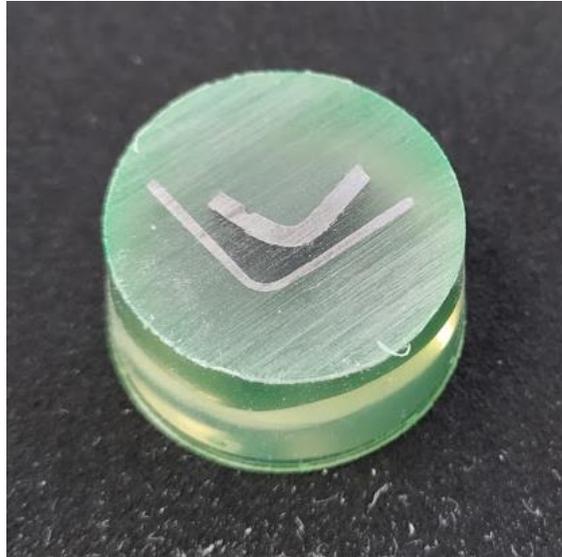


*Figura 61: Vaciado de resina epoxi.*



*Figura 62: Muestras encapsuladas.*

3. **Desbaste.** Una vez que las muestras fueron encapsuladas, se procedió a realizar el desbaste de las muestras; para eso se utilizaron lijas con tamaños de 100, 200, 500, 600, 1000 y 1500, esto con el fin de obtener una superficie plana.



*Figura 63: Desbaste.*

4. **Pulido.** Posterior al desbaste se realizó el pulido de las muestras tal y como se muestra en las Figuras 64 y 65; para el cual se usó alúmina u óxido de aluminio el cual sirve para dar un acabado de espejo a las muestras, y así estas puedan ser observadas bajo el microscopio de mejor manera.

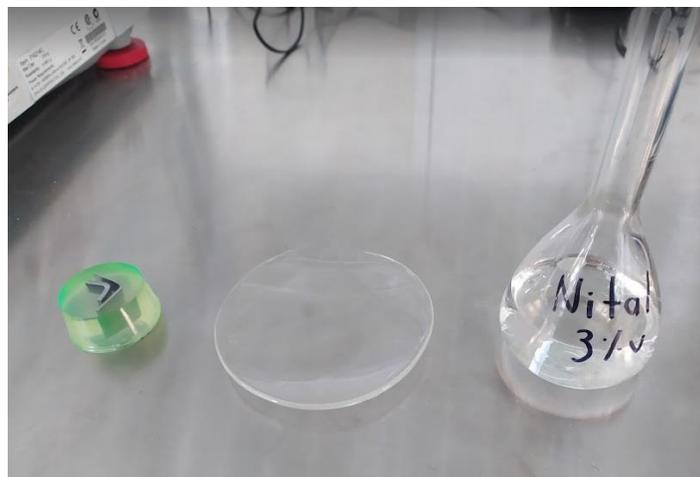


*Figura 64: Materiales para pulido.*



*Figura 65: Pulido.*

**5. Ataque químico.** Posteriormente se hizo uso de nital, que es una mezcla de alcohol y ácido nítrico, como reactivo para atacar químicamente las muestras; esto con el fin de revelar la microestructura de los aceros y de este modo facilitar la observación de los granos en las muestras.

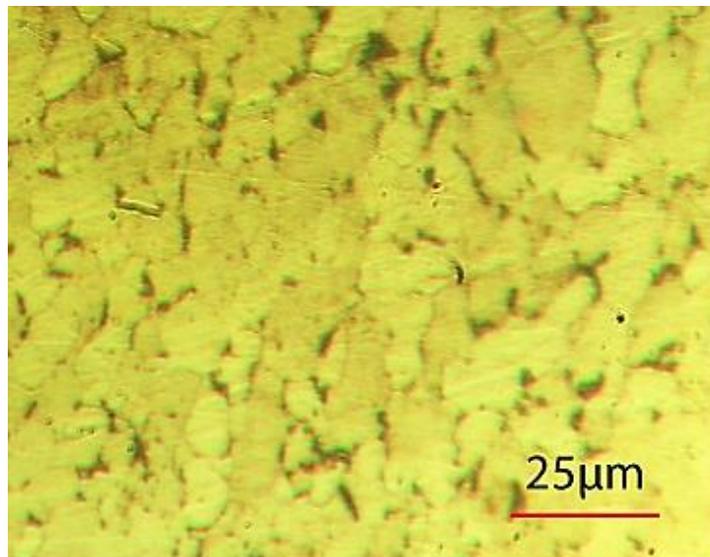


*Figura 66: Ataque químico.*

**6. Obtención de micrografías.** Por último, se analizaron las muestras con ayuda del microscopio metalográfico como se muestra en la figura 10 y de estas se obtuvieron las micrografías como la que se muestra en la figura 11.



*Figura 67: Observación de las muestras.*



*Figura 68: Ejemplo de micrografía obtenida.*

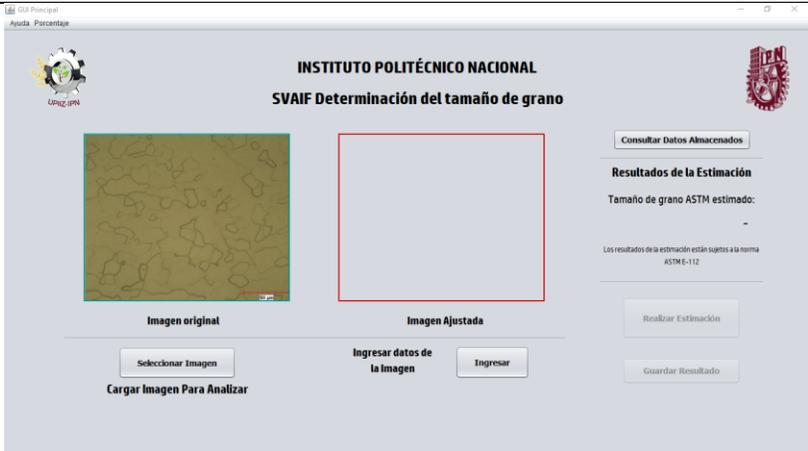
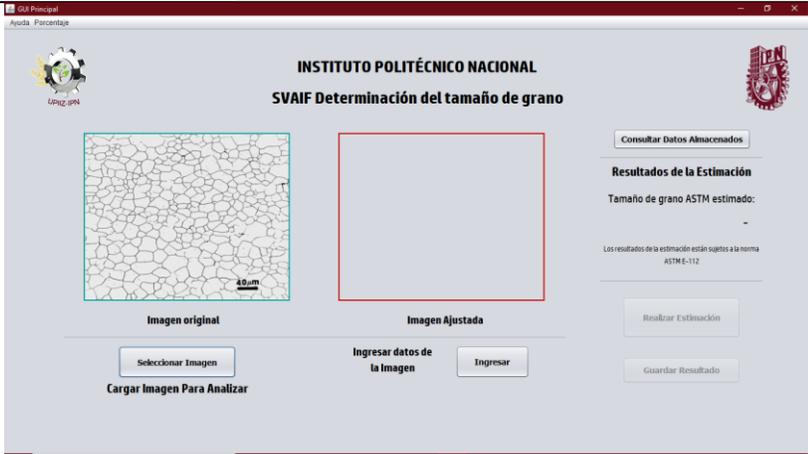
## Apéndice F: Plan de pruebas.

El plan de pruebas tiene como propósito servir como una guía para la realización de las pruebas, así como también brindar una estrategia general tanto a desarrolladores como administradores de software para coordinar el trabajo y esfuerzo de pruebas.

Tabla 25: Especificación de EP01.

| <b>ESPECIFICACIÓN DE PRUEBA EP01</b> |   |  |                          |
|--------------------------------------|---|--|--------------------------|
| <b>Sistema:</b>                      | Sistema por medio de visión para determinar tamaño y porcentaje de grano en acero IF. | <b>Autor:</b>  | UPS, OCP                 |
| <b>Componente:</b>                   | Preprocesamiento de imagen  |  |                          |
| <b>Id:</b>                           | EP01  |  |                          |
| <b>Nombre:</b>                       | Cargar imagen.  | <b>Versión:</b>  | 1.0                      |
| <b>Objetivo:</b>                     | Probar que se muestre correctamente la imagen en el sistema.                          |  |                          |
| <b>Ambiente de pruebas</b>           | Windows 10, NetBeans 8.2, Equipo: 8GB RAM, Procesador: 1.7 GHz                        |  |                          |
| <b>Requerimiento(s) que atiende</b>  | RQ-01, RQ-02  |  |                          |
| <b>DESCRIPCIÓN DE ESCENARIO</b>      |   |  |                          |
| <b>1</b>                             | Ejecutar aplicación.  |  |                          |
| <b>2</b>                             | Dar clic en el botón “Seleccionar Imagen”.  |  |                          |
| <b>3</b>                             | Escoger un archivo para ingresar al sistema.  |  |                          |
| <b>CASOS DE PRUEBA</b>               |   |  |                          |
| <b>Caso</b>                          | <b>Dato(s) de entrada</b>   | <b>Resultado esperado</b>  | <b>Tipo de escenario</b> |
| <b>EP01-1</b>                        | Imagen en formato .jpg  | Se muestra la imagen en pantalla.                                    | Correcto                 |
| <b>EP01-2</b>                        | Imagen en formato .png  | Se muestra la imagen en pantalla.                                    | Correcto                 |
| <b>EP01-3</b>                        | Archivo en pdf  | Se muestra mensaje de error “Archivo no valido”.                     | Incorrecto               |
| <b>EP01-4</b>                        | Imagen en formato válido.   | Se muestra una nueva imagen en pantalla.                             | Correcto                 |
| <b>RESULTADOS DE LA PRUEBA EP01</b>  |   |  |                          |
| <b>Caso</b>                          | <b>Descripción del caso</b>   | <b>Resultado Obtenido</b>  | <b>Estado</b>            |
| <b>EP01-1</b>                        | Se cargó al sistema una imagen en formato jpg.  | La imagen se cargó correctamente al sistema y se mostró en pantalla. | Aprobado.                |

|               |   |  |           |
|---------------|---|--|-----------|
| <b>EP01-2</b> | Se cargó al sistema una imagen en formato png.                            | La imagen se cargó correctamente al sistema y se mostró en pantalla. | Aprobado. |
| <b>EP01-3</b> | Se cargó al sistema un archivo en formato pdf.                            | Se mostró un mensaje de error en pantalla y no se cargó el archivo.  | Aprobado. |
| <b>EP01-4</b> | Se cargó una imagen al sistema después de haber cargado otra previamente. | La imagen se cargó correctamente al sistema y se mostró en pantalla. | Aprobado. |

| <b>EVIDENCIAS DE LA PRUEBA EP01</b> |               |  |
|-------------------------------------|---------------|--|
| <b>Caso</b>                         | <b>Estado</b> | <b>Resultado</b>   |
| <b>EP01-1</b>                       | Aprobado.     |   |
| <b>EP01-2</b>                       | Aprobado.     |  |

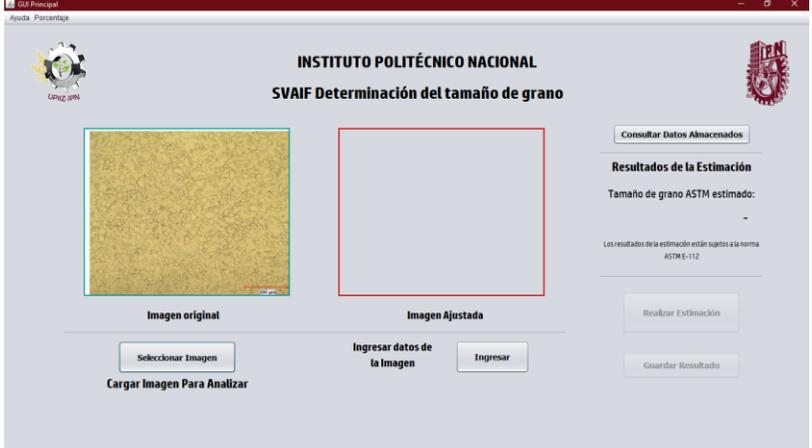
|                      |                  |  |
|----------------------|------------------|--|
| <p><b>EP01-3</b></p> | <p>Aprobado.</p> |  <p>The screenshot shows the 'SVAIF Determinación del tamaño de grano' software interface. The 'Imagen original' area is empty, and the 'Imagen Ajustada' area is also empty. A red error dialog box is displayed in the center, with the text 'Error archivo no valido' and an 'Aceptar' button. The interface includes buttons for 'Seleccionar Imagen', 'Cargar Imagen Para Analizar', 'Ingresar datos de la Imagen', and 'Ingresar'. On the right, there are sections for 'Consultar Datos Almacenados', 'Resultados de la Estimación', and 'Tamaño de grano ASTM estimado:'. A note at the bottom right states 'Los resultados de la estimación están sujetos a la norma ASTM E-112'.</p> |
| <p><b>EP01-4</b></p> | <p>Aprobado.</p> |  <p>The screenshot shows the same 'SVAIF Determinación del tamaño de grano' software interface. The 'Imagen original' area now contains a grain image. The 'Imagen Ajustada' area remains empty. The error dialog box is no longer present. The interface elements and layout are consistent with the previous screenshot, including the 'Seleccionar Imagen', 'Cargar Imagen Para Analizar', 'Ingresar datos de la Imagen', and 'Ingresar' buttons, and the results section on the right.</p>  |

Tabla 26: Especificación de EP02.

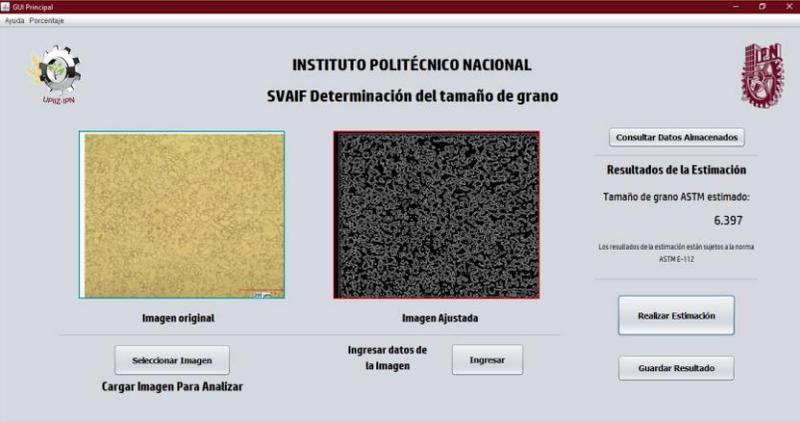
| <b>ESPECIFICACIÓN DE PRUEBA EP02</b> |   |   |                          |
|--------------------------------------|---|---|--------------------------|
| <b>Sistema:</b>                      | Sistema por medio de visión para determinar tamaño y porcentaje de grano en acero IF. | <b>Autor:</b>   | UPS, OCP                 |
| <b>Componente:</b>                   | Estimación de grano   |   |                          |
| <b>Id:</b>                           | EP02  |   |                          |
| <b>Nombre:</b>                       | Estimar tamaño de grano   | <b>Versión:</b>   | 1.0                      |
| <b>Objetivo:</b>                     | Probar que se realice el conteo de bordes en la imagen y se estime el tamaño de grano |   |                          |
| <b>Ambiente de pruebas</b>           | Windows 10, NetBeans 8.2, Equipo: 8GB RAM, Procesador: 1.7 GHz                        |   |                          |
| <b>Requerimiento(s) que atiende</b>  | RQ-03, RQ-04  |   |                          |
| <b>DESCRIPCIÓN DE ESCENARIO</b>      |   |   |                          |
| <b>1</b>                             | Ingresar el número de aumentos y escala de la imagen cargada.                         |   |                          |
| <b>2</b>                             | Trazar una línea en la imagen sobre su regla de escala.                               |   |                          |
| <b>3</b>                             | Presionar el botón “Aceptar” para validar los datos.                                  |   |                          |
| <b>4</b>                             | Dar clic en el botón “Realizar Estimación”.   |   |                          |
| <b>CASOS DE PRUEBA</b>               |   |   |                          |
| <b>Caso</b>                          | <b>Dato(s) de entrada</b>   | <b>Resultado esperado</b>   | <b>Tipo de escenario</b> |
| <b>EP02-1</b>                        | Ingresar los datos correctos de la imagen numéricamente y trazar la línea de escala.  | Los datos son válidos y se obtiene un tamaño de grano estimado correcto.        | Correcto                 |
| <b>EP02-2</b>                        | Ingresar los datos correctos de la imagen numéricamente y trazar la línea de escala.  | Los datos son válidos y se obtiene un tamaño de grano estimado correcto.        | Correcto                 |
| <b>EP02-3</b>                        | Ingresar datos inválidos o incompletos.   | El sistema muestra un mensaje de error.   | Incorrecto               |
| <b>EP02-4</b>                        | Ingresar los datos de la imagen sin trazar la línea de escala.                        | El sistema muestra un mensaje de error.   | Incorrecto               |
| <b>EP02-5</b>                        | Cargar e ingresar los datos de una metalografía realizada                             | Los datos son válidos y se obtiene un tamaño de grano estimado entre 8.5 y 9.3. | Correcto                 |

|               |  |   |          |
|---------------|--|---|----------|
|               | por los desarrolladores.   |   |          |
| <b>EP02-6</b> | Cargar e ingresar los datos de una metalografía realizada por los desarrolladores. | Los datos son válidos y se obtiene un tamaño de grano estimado entre 8.5 y 9.3. | Correcto |

### RESULTADOS DE LA PRUEBA EP02

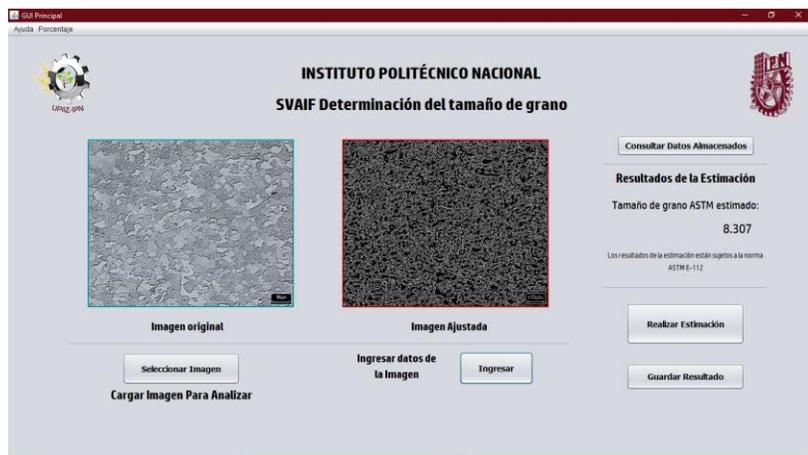
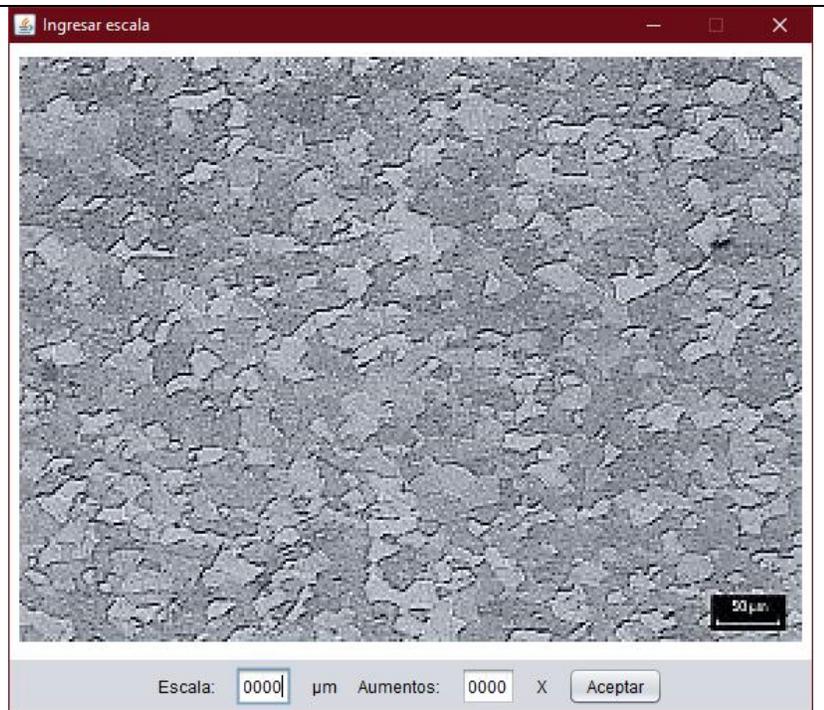
| <b>Caso</b>   | <b>Descripción del caso</b>  | <b>Resultado Obtenido</b>  | <b>Estado</b> |
|---------------|--|--|---------------|
| <b>EP02-1</b> | Se cargó una imagen con un aumento de 100x, escala de 200 $\mu$ m y un tamaño de grano de 6.407.   | Los datos fueron válidos y se obtuvo un resultado estimado de 6.397 el cual es aceptable.  | Aprobado.     |
| <b>EP02-2</b> | Se cargó una imagen de una muestra distinta con un aumento de 100x, escala de 50 $\mu$ m y un tamaño de grano de 8.25.                       | Los datos fueron válidos y se obtuvo un resultado estimado de 8.307 el cual es aceptable.  | Aprobado.     |
| <b>EP02-3</b> | Se cargó una imagen metalográfica y se dejó en blanco el campo para ingresar su escala.  | Se mostró un mensaje con la leyenda "Error, datos vacíos o no válidos" al validar los datos.   | Aprobado.     |
| <b>EP02-4</b> | Se cargó la imagen y se ingresaron sus datos de escala y aumentos, pero no se trazó ninguna línea sobre la imagen.                           | Se mostró un mensaje con la leyenda "Error debe trazar una línea para la escala" al validar los datos.                                       | Aprobado.     |
| <b>EP02-5</b> | Se cargó una imagen metalográfica tomada de una muestra preparada por los desarrolladores con una escala de 50 $\mu$ m y un aumento de 400x. | Se obtuvo un tamaño de grano estimado de 9.144 que se encuentra dentro del rango de tamaños esperados para las muestras del metal trabajado. | Aprobado      |
| <b>EP02-6</b> | Se cargó una imagen metalográfica tomada de una muestra preparada por los desarrolladores con una escala de 25 $\mu$ m y un aumento de 400x. | Se obtuvo un tamaño de grano estimado de 8.734 que se encuentra dentro del rango de tamaños esperados para las muestras del metal trabajado. | Aprobado      |

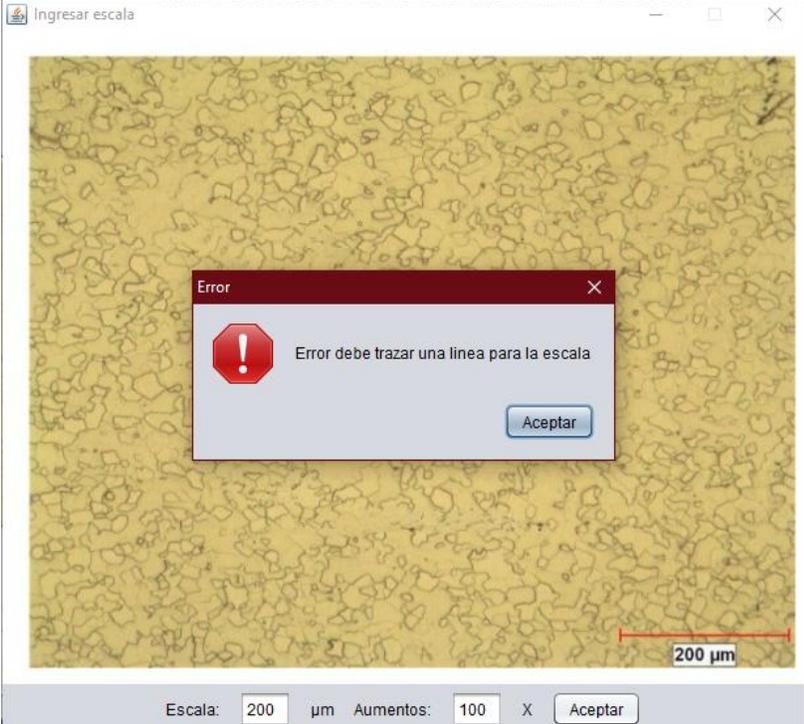
## EVIDENCIAS DE LA PRUEBA EP02

| Caso   | Estado    | Resultado   |
|--------|-----------|---|
| EP02-1 | Aprobado. | <br> |

EP02-2

Aprobado

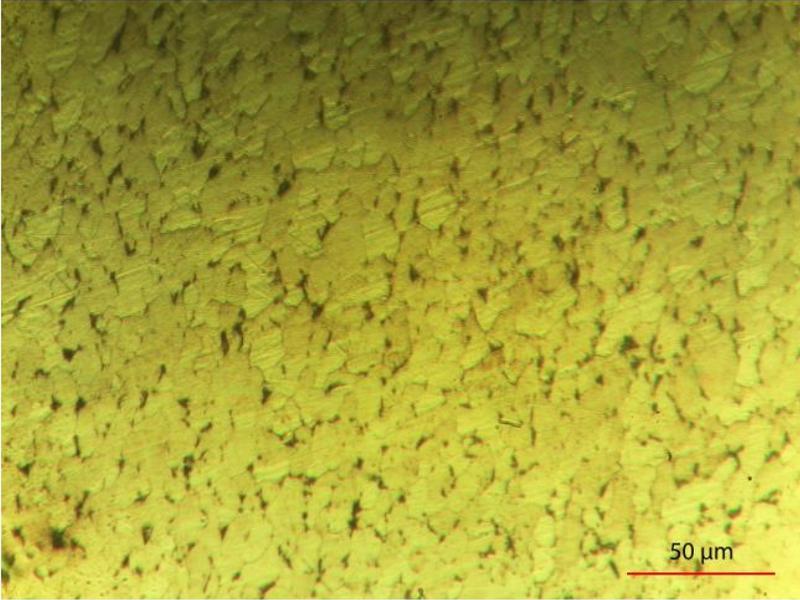


|                      |                  |  |
|----------------------|------------------|--|
| <p><b>EP02-3</b></p> | <p>Aprobado.</p> |    |
| <p><b>EP02-4</b></p> | <p>Aprobado</p>  |  |

EP02-5

Aprobado.

Ingresar escala



50 µm

Escala: 50 µm Aumentos: 400 X Aceptar

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
SVAIF Determinación del tamaño de grano



Imagen original

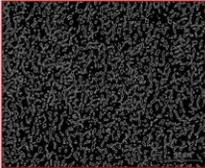


Imagen Ajustada

Consultar Datos Almacenados

Resultados de la Estimación

Tamaño de grano ASTM estimado:  
9,144

Los resultados de la estimación están sujetos a la norma  
ASTM E-112

Realizar Estimación

Guardar Resultado

Seleccionar Imagen  
Cargar Imagen Para Analizar

Ingresar datos de la Imagen  
Ingresar

EP02-6

Aprobado

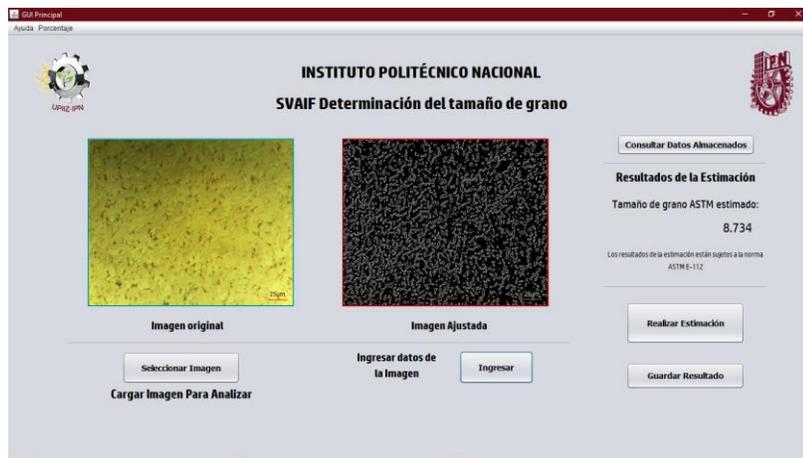


Tabla 27: Especificación de EP03.

| <b>ESPECIFICACIÓN DE PRUEBA EP03</b> |  |   |                          |
|--------------------------------------|--|---|--------------------------|
| <b>Sistema:</b>                      | Sistema por medio de visión para determinar tamaño y porcentaje de grano en acero IF.    | <b>Autor:</b>   | UPS, OCP                 |
| <b>Componente:</b>                   | Base de datos  |   |                          |
| <b>Id:</b>                           | EP03   |   |                          |
| <b>Nombre:</b>                       | Almacenar resultados   | <b>Versión:</b>   | 1.0                      |
| <b>Objetivo:</b>                     | Comprobar el correcto almacenado de los resultados de la estimación en la base de datos. |   |                          |
| <b>Ambiente de pruebas</b>           | Windows 10, NetBeans 8.2, Equipo: 8GB RAM, Procesador: 1.7 GHz                           |   |                          |
| <b>Requerimiento(s) que atiende</b>  | RQ-05  |   |                          |
| <b>DESCRIPCIÓN DE ESCENARIO</b>      |  |   |                          |
| <b>1</b>                             | Dar clic en el botón “Guardar Resultado”.  |   |                          |
| <b>2</b>                             | Ingresar un nombre para los datos a almacenar.   |   |                          |
| <b>3</b>                             | Aceptar y guardar los datos.   |   |                          |
| <b>CASOS DE PRUEBA</b>               |  |   |                          |
| <b>Caso</b>                          | <b>Dato(s) de entrada</b>  | <b>Resultado esperado</b>   | <b>Tipo de escenario</b> |
| <b>EP03-1</b>                        | Guardar un resultado de estimación ingresando un nombre de identificación.               | Los datos se guardan en la base de datos y se muestra un mensaje de confirmación. | Correcto                 |
| <b>EP03-2</b>                        | Guardar un resultado sin haber ingresado un nombre de identificación.                    | Se muestra un mensaje de error y los datos no se guardan.                         | Incorrecto               |

| RESULTADOS DE LA PRUEBA EP03 |  |  |           |
|------------------------------|--|--|-----------|
| Caso                         | Descripción del caso   | Resultado Obtenido   | Estado    |
| EP03-1                       | Se hizo clic en el botón guardar después de realizar la estimación, se ingresó el nombre de “Plan de pruebas” y se presionó el botón de aceptar. | Se mostró el mensaje de confirmación de guardado y el resultado se almacenó en la base de datos.   | Aprobado. |
| EP03-2                       | Se hizo clic en el botón de aceptar en la ventana de guardado sin escribir ningún nombre de identificación.                                      | Se mostró un mensaje de error diciendo que el campo no puede estar vacío y no se guardaron los resultados. Se volvió a la ventana para ingresar el nombre. | Aprobado  |

| EVIDENCIAS DE LA PRUEBA EP03 |           |   |
|------------------------------|-----------|---|
| Caso                         | Estado    | Resultado   |
| EP03-1                       | Aprobado. |  |

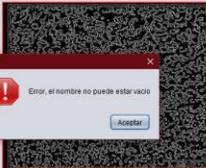
|                      |                 | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>File Manage History SQLite Math.js Chart.js</p> <pre>SELECT * FROM metalografia limit 100</pre> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Export</th> <th>id</th> <th>nombre</th> <th>fecha</th> <th>escala</th> <th>aumentos</th> <th>tamano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1</td><td>Muestra 1</td><td>2020-03-09 19:57:47</td><td>200</td><td>100</td><td>6.1584693223784726</td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td><td>Muestra 2</td><td>2020-03-09 20:01:58</td><td>100</td><td>200</td><td>9.067040398352583</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>Muestra if 1</td><td>2020-03-10 10:47:58</td><td>100</td><td>200</td><td>5.1434571412752135</td></tr> <tr><td>4</td><td>4</td><td>Muestra IF 8.181</td><td>2020-03-10 11:40:53</td><td>50</td><td>0</td><td>8.181149765878283</td></tr> <tr><td>5</td><td>5</td><td>j</td><td>2020-03-10 11:41:20</td><td>50</td><td>0</td><td>8.181149765878283</td></tr> <tr><td>6</td><td>6</td><td>Muestra Acero 6.249</td><td>2020-03-10 12:21:05</td><td>200</td><td>0</td><td>6.249403685124378</td></tr> <tr><td>7</td><td>7</td><td>Prueba 10</td><td>2020-03-11 02:36:48</td><td>200</td><td>100</td><td>6.23</td></tr> <tr><td>8</td><td>8</td><td>Prueba 11</td><td>2020-03-11 02:36:48</td><td>150</td><td>200</td><td>4.12</td></tr> <tr><td>9</td><td>9</td><td>Prueba 12</td><td>2020-03-11 02:36:49</td><td>125</td><td>300</td><td>8.42</td></tr> <tr><td>10</td><td>10</td><td>Prueba 13</td><td>2020-03-11 02:36:49</td><td>100</td><td>400</td><td>5.56</td></tr> <tr><td>11</td><td>11</td><td>Pruebalnterfaz</td><td>2020-03-11 03:03:54</td><td>200</td><td>100</td><td>6.0771902815459935</td></tr> <tr><td>12</td><td>12</td><td>Prueba 2</td><td>2020-03-11 10:23:29</td><td>200</td><td>100</td><td>5.259339330196783</td></tr> <tr><td>13</td><td>13</td><td>Plan de Pruebas</td><td>2020-04-20 20:30:28</td><td>200</td><td>100</td><td>6.374274273106783</td></tr> <tr><td>14</td><td>14</td><td>Plan de Pruebas</td><td>2020-04-20 20:39:00</td><td>200</td><td>100</td><td>6.396555387680747</td></tr> </tbody> </table> <p>Enter math.js or SQLite commands</p> </div> | Export              | id     | nombre   | fecha              | escala | aumentos | tamano | 1 | 1 | Muestra 1 | 2020-03-09 19:57:47 | 200 | 100 | 6.1584693223784726 | 2 | 2 | Muestra 2 | 2020-03-09 20:01:58 | 100 | 200 | 9.067040398352583 | 3 | 3 | Muestra if 1 | 2020-03-10 10:47:58 | 100 | 200 | 5.1434571412752135 | 4 | 4 | Muestra IF 8.181 | 2020-03-10 11:40:53 | 50 | 0 | 8.181149765878283 | 5 | 5 | j | 2020-03-10 11:41:20 | 50 | 0 | 8.181149765878283 | 6 | 6 | Muestra Acero 6.249 | 2020-03-10 12:21:05 | 200 | 0 | 6.249403685124378 | 7 | 7 | Prueba 10 | 2020-03-11 02:36:48 | 200 | 100 | 6.23 | 8 | 8 | Prueba 11 | 2020-03-11 02:36:48 | 150 | 200 | 4.12 | 9 | 9 | Prueba 12 | 2020-03-11 02:36:49 | 125 | 300 | 8.42 | 10 | 10 | Prueba 13 | 2020-03-11 02:36:49 | 100 | 400 | 5.56 | 11 | 11 | Pruebalnterfaz | 2020-03-11 03:03:54 | 200 | 100 | 6.0771902815459935 | 12 | 12 | Prueba 2 | 2020-03-11 10:23:29 | 200 | 100 | 5.259339330196783 | 13 | 13 | Plan de Pruebas | 2020-04-20 20:30:28 | 200 | 100 | 6.374274273106783 | 14 | 14 | Plan de Pruebas | 2020-04-20 20:39:00 | 200 | 100 | 6.396555387680747 |
|----------------------|-----------------|---|---------------------|--------|----------|--------------------|--------|----------|--------|---|---|-----------|---------------------|-----|-----|--------------------|---|---|-----------|---------------------|-----|-----|-------------------|---|---|--------------|---------------------|-----|-----|--------------------|---|---|------------------|---------------------|----|---|-------------------|---|---|---|---------------------|----|---|-------------------|---|---|---------------------|---------------------|-----|---|-------------------|---|---|-----------|---------------------|-----|-----|------|---|---|-----------|---------------------|-----|-----|------|---|---|-----------|---------------------|-----|-----|------|----|----|-----------|---------------------|-----|-----|------|----|----|----------------|---------------------|-----|-----|--------------------|----|----|----------|---------------------|-----|-----|-------------------|----|----|-----------------|---------------------|-----|-----|-------------------|----|----|-----------------|---------------------|-----|-----|-------------------|
| Export               | id              | nombre  | fecha               | escala | aumentos | tamano             |        |          |        |   |   |           |                     |     |     |                    |   |   |           |                     |     |     |                   |   |   |              |                     |     |     |                    |   |   |                  |                     |    |   |                   |   |   |   |                     |    |   |                   |   |   |                     |                     |     |   |                   |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |    |    |           |                     |     |     |      |    |    |                |                     |     |     |                    |    |    |          |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |
| 1                    | 1               | Muestra 1   | 2020-03-09 19:57:47 | 200    | 100      | 6.1584693223784726 |        |          |        |   |   |           |                     |     |     |                    |   |   |           |                     |     |     |                   |   |   |              |                     |     |     |                    |   |   |                  |                     |    |   |                   |   |   |   |                     |    |   |                   |   |   |                     |                     |     |   |                   |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |    |    |           |                     |     |     |      |    |    |                |                     |     |     |                    |    |    |          |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |
| 2                    | 2               | Muestra 2   | 2020-03-09 20:01:58 | 100    | 200      | 9.067040398352583  |        |          |        |   |   |           |                     |     |     |                    |   |   |           |                     |     |     |                   |   |   |              |                     |     |     |                    |   |   |                  |                     |    |   |                   |   |   |   |                     |    |   |                   |   |   |                     |                     |     |   |                   |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |    |    |           |                     |     |     |      |    |    |                |                     |     |     |                    |    |    |          |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |
| 3                    | 3               | Muestra if 1  | 2020-03-10 10:47:58 | 100    | 200      | 5.1434571412752135 |        |          |        |   |   |           |                     |     |     |                    |   |   |           |                     |     |     |                   |   |   |              |                     |     |     |                    |   |   |                  |                     |    |   |                   |   |   |   |                     |    |   |                   |   |   |                     |                     |     |   |                   |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |    |    |           |                     |     |     |      |    |    |                |                     |     |     |                    |    |    |          |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |
| 4                    | 4               | Muestra IF 8.181  | 2020-03-10 11:40:53 | 50     | 0        | 8.181149765878283  |        |          |        |   |   |           |                     |     |     |                    |   |   |           |                     |     |     |                   |   |   |              |                     |     |     |                    |   |   |                  |                     |    |   |                   |   |   |   |                     |    |   |                   |   |   |                     |                     |     |   |                   |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |    |    |           |                     |     |     |      |    |    |                |                     |     |     |                    |    |    |          |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |
| 5                    | 5               | j   | 2020-03-10 11:41:20 | 50     | 0        | 8.181149765878283  |        |          |        |   |   |           |                     |     |     |                    |   |   |           |                     |     |     |                   |   |   |              |                     |     |     |                    |   |   |                  |                     |    |   |                   |   |   |   |                     |    |   |                   |   |   |                     |                     |     |   |                   |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |    |    |           |                     |     |     |      |    |    |                |                     |     |     |                    |    |    |          |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |
| 6                    | 6               | Muestra Acero 6.249   | 2020-03-10 12:21:05 | 200    | 0        | 6.249403685124378  |        |          |        |   |   |           |                     |     |     |                    |   |   |           |                     |     |     |                   |   |   |              |                     |     |     |                    |   |   |                  |                     |    |   |                   |   |   |   |                     |    |   |                   |   |   |                     |                     |     |   |                   |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |    |    |           |                     |     |     |      |    |    |                |                     |     |     |                    |    |    |          |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |
| 7                    | 7               | Prueba 10   | 2020-03-11 02:36:48 | 200    | 100      | 6.23               |        |          |        |   |   |           |                     |     |     |                    |   |   |           |                     |     |     |                   |   |   |              |                     |     |     |                    |   |   |                  |                     |    |   |                   |   |   |   |                     |    |   |                   |   |   |                     |                     |     |   |                   |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |    |    |           |                     |     |     |      |    |    |                |                     |     |     |                    |    |    |          |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |
| 8                    | 8               | Prueba 11   | 2020-03-11 02:36:48 | 150    | 200      | 4.12               |        |          |        |   |   |           |                     |     |     |                    |   |   |           |                     |     |     |                   |   |   |              |                     |     |     |                    |   |   |                  |                     |    |   |                   |   |   |   |                     |    |   |                   |   |   |                     |                     |     |   |                   |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |    |    |           |                     |     |     |      |    |    |                |                     |     |     |                    |    |    |          |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |
| 9                    | 9               | Prueba 12   | 2020-03-11 02:36:49 | 125    | 300      | 8.42               |        |          |        |   |   |           |                     |     |     |                    |   |   |           |                     |     |     |                   |   |   |              |                     |     |     |                    |   |   |                  |                     |    |   |                   |   |   |   |                     |    |   |                   |   |   |                     |                     |     |   |                   |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |    |    |           |                     |     |     |      |    |    |                |                     |     |     |                    |    |    |          |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |
| 10                   | 10              | Prueba 13   | 2020-03-11 02:36:49 | 100    | 400      | 5.56               |        |          |        |   |   |           |                     |     |     |                    |   |   |           |                     |     |     |                   |   |   |              |                     |     |     |                    |   |   |                  |                     |    |   |                   |   |   |   |                     |    |   |                   |   |   |                     |                     |     |   |                   |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |    |    |           |                     |     |     |      |    |    |                |                     |     |     |                    |    |    |          |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |
| 11                   | 11              | Pruebalnterfaz  | 2020-03-11 03:03:54 | 200    | 100      | 6.0771902815459935 |        |          |        |   |   |           |                     |     |     |                    |   |   |           |                     |     |     |                   |   |   |              |                     |     |     |                    |   |   |                  |                     |    |   |                   |   |   |   |                     |    |   |                   |   |   |                     |                     |     |   |                   |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |    |    |           |                     |     |     |      |    |    |                |                     |     |     |                    |    |    |          |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |
| 12                   | 12              | Prueba 2  | 2020-03-11 10:23:29 | 200    | 100      | 5.259339330196783  |        |          |        |   |   |           |                     |     |     |                    |   |   |           |                     |     |     |                   |   |   |              |                     |     |     |                    |   |   |                  |                     |    |   |                   |   |   |   |                     |    |   |                   |   |   |                     |                     |     |   |                   |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |    |    |           |                     |     |     |      |    |    |                |                     |     |     |                    |    |    |          |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |
| 13                   | 13              | Plan de Pruebas   | 2020-04-20 20:30:28 | 200    | 100      | 6.374274273106783  |        |          |        |   |   |           |                     |     |     |                    |   |   |           |                     |     |     |                   |   |   |              |                     |     |     |                    |   |   |                  |                     |    |   |                   |   |   |   |                     |    |   |                   |   |   |                     |                     |     |   |                   |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |    |    |           |                     |     |     |      |    |    |                |                     |     |     |                    |    |    |          |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |
| 14                   | 14              | Plan de Pruebas   | 2020-04-20 20:39:00 | 200    | 100      | 6.396555387680747  |        |          |        |   |   |           |                     |     |     |                    |   |   |           |                     |     |     |                   |   |   |              |                     |     |     |                    |   |   |                  |                     |    |   |                   |   |   |   |                     |    |   |                   |   |   |                     |                     |     |   |                   |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |    |    |           |                     |     |     |      |    |    |                |                     |     |     |                    |    |    |          |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |
| <p><b>EP03-2</b></p> | <p>Aprobado</p> | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Inicio Principal Ayuda Porcentaje</p> <p style="text-align: center;"><b>INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL</b><br/><b>SVAIF Determinación del tamaño de grano</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Imagen original</p> <p>Seleccionar Imagen</p> <p>Cargar Imagen Para Analizar</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Imagen Ajustada</p> <p>Ingresar datos de la Imagen</p> <p>Ingresar</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Consultar Datos Almacenados</p> <p><b>Resultados de la Estimación</b></p> <p>Tamaño de grano ASTM estimado:</p> <p><b>6.397</b></p> <p><small>Los resultados de la estimación están sujetos a la norma ASTM E-112</small></p> <p>Realizar Estimación</p> <p>Guardar Resultado</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px; border: 1px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p style="color: red; font-weight: bold;">Error</p> <p style="color: red; font-weight: bold;">Error, el nombre no puede estar vacío</p> <p style="text-align: center; color: blue;">Aceptar</p> </div> </div>  |                     |        |          |                    |        |          |        |   |   |           |                     |     |     |                    |   |   |           |                     |     |     |                   |   |   |              |                     |     |     |                    |   |   |                  |                     |    |   |                   |   |   |   |                     |    |   |                   |   |   |                     |                     |     |   |                   |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |   |   |           |                     |     |     |      |    |    |           |                     |     |     |      |    |    |                |                     |     |     |                    |    |    |          |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |    |    |                 |                     |     |     |                   |

Tabla 28: Especificación de EP04.

| <b>ESPECIFICACIÓN DE PRUEBA EP04</b> |  |  |                          |
|--------------------------------------|--|--|--------------------------|
| <b>Sistema:</b>                      | Sistema por medio de visión para determinar tamaño y porcentaje de grano en acero IF.  | <b>Autor:</b>  | UPS, OCP                 |
| <b>Componente:</b>                   | Estadísticas.  |  |                          |
| <b>Id:</b>                           | EP04   |  |                          |
| <b>Nombre:</b>                       | Cálculo de promedio  | <b>Versión:</b>  | 1.0                      |
| <b>Objetivo:</b>                     | Probar que el cálculo del promedio se realice correctamente con los datos almacenados. |  |                          |
| <b>Ambiente de pruebas</b>           | Windows 10, NetBeans 8.2, Equipo: 8GB RAM, Procesador: 1.7 GHz                         |  |                          |
| <b>Requerimiento(s) que atiende</b>  | RQ-06  |  |                          |
| <b>DESCRIPCIÓN DE ESCENARIO</b>      |  |  |                          |
| <b>1</b>                             | Se hace clic en el botón “Consultar Datos Almacenados”.                                |  |                          |
| <b>2</b>                             | Se hace clic en el botón “Calcular Media”.   |  |                          |
| <b>3</b>                             | El resultado se muestra en pantalla.   |  |                          |
| <b>CASOS DE PRUEBA</b>               |  |  |                          |
| <b>Caso</b>                          | <b>Dato(s) de entrada</b>  | <b>Resultado esperado</b>  | <b>Tipo de escenario</b> |
| <b>EP04-1</b>                        | Solicitar el cálculo del promedio con todos los datos almacenados.                     | Se muestra el resultado correcto del cálculo.  | Correcto                 |
| <b>EP04-2</b>                        | Solicitar el cálculo del promedio con un solo dato seleccionado.                       | El resultado del promedio será el valor que tenga el único dato seleccionado en el campo de “Tamaño de grano”. | Correcto                 |
| <b>EP04-3</b>                        | Solicitar el cálculo del promedio con varios datos seleccionados aleatoriamente.       | Se muestra el resultado correcto del cálculo.  | Correcto                 |
| <b>EP04-4</b>                        | Solicitar el promedio sin tener datos almacenados.                                     | No se mostrará el resultado en pantalla.   | Correcto                 |

| RESULTADOS DE LA PRUEBA EP04 |  |  |           |
|------------------------------|--|--|-----------|
| Caso                         | Descripción del caso   | Resultado Obtenido   | Estado    |
| EP04-1                       | Se presionó el botón “Calcular Media” con lo que se realizó el cálculo con todos los datos. Se esperaba un resultado de: 6.53. | Se obtuvo un valor del promedio de 6.530 y se mostró correctamente.              | Aprobado. |
| EP04-2                       | Se seleccionó un dato almacenado con un tamaño de grano de 8.42.   | El resultado de la media fue 8.42 al tratarse de un solo dato.                   | Aprobado  |
| EP04-3                       | Se seleccionaron cuatro datos almacenados cuyo valor esperado de la media es de 6.4965.  | Se obtuvo un valor de 6.497 tomando en cuenta el redondeo que genera el sistema. | Aprobado  |
| EP04-4                       | Se presionó el botón de “Calcular Media” sin que existieran registros en la base de datos.                                     | No se mostró ningún valor numérico en el área para el resultado de la media.     | Aprobado  |

| EVIDENCIAS DE LA PRUEBA EP04 |           |  |
|------------------------------|-----------|--|
| Caso                         | Estado    | Resultado  |
| EP04-1                       | Aprobado. |  |

| <p><b>EP04-2</b></p> | <p>Aprobado</p>     |  <p><b>Datos Almacenados</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Fecha</th> <th>Escala</th> <th>Aumentos</th> <th>Tamaño de grano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muestra Avena 6,248</td> <td>2020-03-10 12:21:05</td> <td>200</td> <td>0</td> <td>6,248</td> </tr> <tr> <td>Prueba 10</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>6,23</td> </tr> <tr> <td>Prueba 11</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>150</td> <td>200</td> <td>4,12</td> </tr> <tr> <td>Prueba 12</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>125</td> <td>300</td> <td>6,42</td> </tr> <tr> <td>Prueba 13</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>100</td> <td>400</td> <td>5,58</td> </tr> <tr> <td>Prueba Interfaz</td> <td>2020-03-11 03:03:54</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>6,077</td> </tr> <tr> <td>Prueba 2</td> <td>2020-03-11 10:22:29</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>5,258</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Resultados Estadísticos</b></p> <p>Resultado de la Media: 8.420<br/>Resultado de la Desviación: -</p> <p><b>Datos Estadísticos</b></p> <p>Calcular Media</p> <p>Calcular Desviación</p> <p><b>Desviación Estándar</b></p> <p>Expandir Gráfica</p> <p>Regresar</p>  | Nombre   | Fecha           | Escala | Aumentos | Tamaño de grano | Muestra Avena 6,248 | 2020-03-10 12:21:05 | 200 | 0 | 6,248 | Prueba 10 | 2020-03-11 02:36:48 | 200 | 100 | 6,23 | Prueba 11 | 2020-03-11 02:36:48 | 150 | 200 | 4,12 | Prueba 12 | 2020-03-11 02:36:48 | 125 | 300 | 6,42 | Prueba 13 | 2020-03-11 02:36:48 | 100 | 400 | 5,58 | Prueba Interfaz | 2020-03-11 03:03:54 | 200 | 100 | 6,077 | Prueba 2 | 2020-03-11 10:22:29 | 200 | 100 | 5,258 |
|----------------------|---------------------|---|----------|-----------------|--------|----------|-----------------|---------------------|---------------------|-----|---|-------|-----------|---------------------|-----|-----|------|-----------|---------------------|-----|-----|------|-----------|---------------------|-----|-----|------|-----------|---------------------|-----|-----|------|-----------------|---------------------|-----|-----|-------|----------|---------------------|-----|-----|-------|
| Nombre               | Fecha               | Escala  | Aumentos | Tamaño de grano |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| Muestra Avena 6,248  | 2020-03-10 12:21:05 | 200   | 0        | 6,248           |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| Prueba 10            | 2020-03-11 02:36:48 | 200   | 100      | 6,23            |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| Prueba 11            | 2020-03-11 02:36:48 | 150   | 200      | 4,12            |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| Prueba 12            | 2020-03-11 02:36:48 | 125   | 300      | 6,42            |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| Prueba 13            | 2020-03-11 02:36:48 | 100   | 400      | 5,58            |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| Prueba Interfaz      | 2020-03-11 03:03:54 | 200   | 100      | 6,077           |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| Prueba 2             | 2020-03-11 10:22:29 | 200   | 100      | 5,258           |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| <p><b>EP04-3</b></p> | <p>Aprobado.</p>    |  <p><b>Datos Almacenados</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Fecha</th> <th>Escala</th> <th>Aumentos</th> <th>Tamaño de grano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muestra Avena 6,248</td> <td>2020-03-10 12:21:05</td> <td>200</td> <td>0</td> <td>6,248</td> </tr> <tr> <td>Prueba 10</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>6,23</td> </tr> <tr> <td>Prueba 11</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>150</td> <td>200</td> <td>4,12</td> </tr> <tr> <td>Prueba 12</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>125</td> <td>300</td> <td>6,42</td> </tr> <tr> <td>Prueba 13</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>100</td> <td>400</td> <td>5,58</td> </tr> <tr> <td>Prueba Interfaz</td> <td>2020-03-11 03:03:54</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>6,077</td> </tr> <tr> <td>Prueba 2</td> <td>2020-03-11 10:22:29</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>5,258</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Resultados Estadísticos</b></p> <p>Resultado de la Media: 6.497<br/>Resultado de la Desviación: -</p> <p><b>Datos Estadísticos</b></p> <p>Calcular Media</p> <p>Calcular Desviación</p> <p><b>Desviación Estándar</b></p> <p>Expandir Gráfica</p> <p>Regresar</p> | Nombre   | Fecha           | Escala | Aumentos | Tamaño de grano | Muestra Avena 6,248 | 2020-03-10 12:21:05 | 200 | 0 | 6,248 | Prueba 10 | 2020-03-11 02:36:48 | 200 | 100 | 6,23 | Prueba 11 | 2020-03-11 02:36:48 | 150 | 200 | 4,12 | Prueba 12 | 2020-03-11 02:36:48 | 125 | 300 | 6,42 | Prueba 13 | 2020-03-11 02:36:48 | 100 | 400 | 5,58 | Prueba Interfaz | 2020-03-11 03:03:54 | 200 | 100 | 6,077 | Prueba 2 | 2020-03-11 10:22:29 | 200 | 100 | 5,258 |
| Nombre               | Fecha               | Escala  | Aumentos | Tamaño de grano |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| Muestra Avena 6,248  | 2020-03-10 12:21:05 | 200   | 0        | 6,248           |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| Prueba 10            | 2020-03-11 02:36:48 | 200   | 100      | 6,23            |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| Prueba 11            | 2020-03-11 02:36:48 | 150   | 200      | 4,12            |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| Prueba 12            | 2020-03-11 02:36:48 | 125   | 300      | 6,42            |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| Prueba 13            | 2020-03-11 02:36:48 | 100   | 400      | 5,58            |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| Prueba Interfaz      | 2020-03-11 03:03:54 | 200   | 100      | 6,077           |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| Prueba 2             | 2020-03-11 10:22:29 | 200   | 100      | 5,258           |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| <p><b>EP04-4</b></p> | <p>Aprobado</p>     |  <p><b>Datos Almacenados</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Fecha</th> <th>Escala</th> <th>Aumentos</th> <th>Tamaño de grano</th> </tr> </thead> <tbody> </tbody> </table> <p><b>Resultados Estadísticos</b></p> <p>Resultado de la Media: 0<br/>Resultado de la Desviación: -</p> <p><b>Datos Estadísticos</b></p> <p>Calcular Media</p> <p>Calcular Desviación</p> <p><b>Desviación Estándar</b></p> <p>Expandir Gráfica</p> <p>Regresar</p>   | Nombre   | Fecha           | Escala | Aumentos | Tamaño de grano |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |
| Nombre               | Fecha               | Escala  | Aumentos | Tamaño de grano |        |          |                 |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |

Tabla 29: Especificación de EP05.

| <b>ESPECIFICACIÓN DE PRUEBA EP05</b> |   |   |                          |
|--------------------------------------|---|---|--------------------------|
| <b>Sistema:</b>                      | Sistema por medio de visión para determinar tamaño y porcentaje de grano en acero IF.               | <b>Autor:</b>   | UPS, OCP                 |
| <b>Componente:</b>                   | Estadísticas.   |   |                          |
| <b>Id:</b>                           | EP05  |   |                          |
| <b>Nombre:</b>                       | Cálculo de desviación estándar.   | <b>Versión:</b>   | 1.0                      |
| <b>Objetivo:</b>                     | Probar que el cálculo de la desviación estándar se realice correctamente con los datos almacenados. |   |                          |
| <b>Ambiente de pruebas</b>           | Windows 10, NetBeans 8.2, Equipo: 8GB RAM, Procesador: 1.7 GHz                                      |   |                          |
| <b>Requerimiento(s) que atiende</b>  | RQ-07   |   |                          |
| <b>DESCRIPCIÓN DE ESCENARIO</b>      |   |   |                          |
| <b>1</b>                             | Se hace clic en el botón “Consultar Datos Almacenados”.   |   |                          |
| <b>2</b>                             | Se hace clic en el botón “Calcular Desviación”.   |   |                          |
| <b>3</b>                             | El resultado se muestra en pantalla.  |   |                          |
| <b>CASOS DE PRUEBA</b>               |   |   |                          |
| <b>Caso</b>                          | <b>Dato(s) de entrada</b>   | <b>Resultado esperado</b>                               | <b>Tipo de escenario</b> |
| <b>EP05-1</b>                        | Solicitar el cálculo de la desviación con todos los datos almacenados.                              | Se muestra el resultado correcto del cálculo.           | Correcto                 |
| <b>EP05-2</b>                        | Solicitar el cálculo de la desviación con un solo dato seleccionado.                                | El resultado de la desviación estándar deberá ser cero. | Correcto                 |
| <b>EP05-3</b>                        | Solicitar el cálculo de la desviación con varios datos seleccionados aleatoriamente.                | Se muestra el resultado correcto del cálculo.           | Correcto                 |
| <b>EP05-4</b>                        | Solicitar la desviación sin tener datos almacenados.  | No se mostrará el resultado en pantalla.                | Correcto                 |

| RESULTADOS DE LA PRUEBA EP05 |  |   |           |
|------------------------------|--|---|-----------|
| Caso                         | Descripción del caso   | Resultado Obtenido  | Estado    |
| EP05-1                       | Se presionó el botón “Calcular Desviación” y se realizó el cálculo con todos los datos.<br>Se esperaba un resultado de: 1.37108. | Se obtuvo un valor de desviación de 1.371 y se mostró correctamente.              | Aprobado. |
| EP05-2                       | Se seleccionó un solo dato almacenado y se solicitó el cálculo.  | El resultado de la desviación fue de 0.000.                                       | Aprobado  |
| EP05-3                       | Se seleccionaron cuatro datos almacenados cuyo valor esperado de desviación es de: 0.90266.                                      | Se obtuvo un valor de 0.903 tomando en cuenta el redondeo que genera el sistema.  | Aprobado  |
| EP05-4                       | Se presionó el botón de “Calcular Desviación” sin que existieran registros en la base de datos.                                  | No se mostró ningún valor numérico en el área para el resultado de la desviación. | Aprobado  |

| EVIDENCIAS DE LA PRUEBA EP05 |           |   |
|------------------------------|-----------|---|
| Caso                         | Estado    | Resultado   |
| EP05-1                       | Aprobado. |  <p>The screenshot shows a web application interface titled 'Datos Almacenados'. It features a table with columns: Nombre, Fecha, Escala, Aumentos, and Tamaño de grano. The table contains six rows of test data. To the right of the table are buttons for 'Calcular Media' and 'Calcular Desviación'. Below the table, there is a section for 'Resultados Estadísticos' which displays 'Resultado de la Media: -' and 'Resultado de la Desviación: 1.371'. On the far right, there is a 'Datos Estadísticos' section with a line graph titled 'Desviación Estándar' showing a fluctuating trend over 10 data points. The graph has a Y-axis labeled 'EP (%)' ranging from 0 to 15 and an X-axis labeled 'Eje X' ranging from 0 to 10. Below the graph are buttons for 'Expandir Gráfica' and 'Regresar'.</p> |

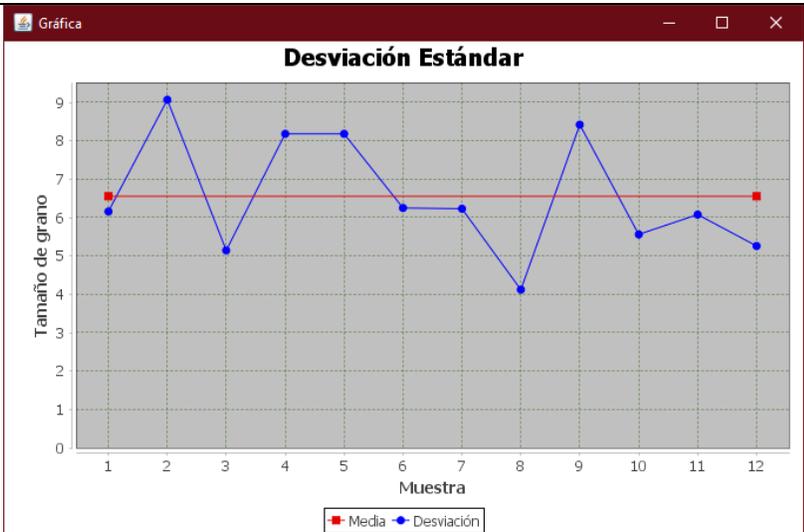
| <p><b>EP05-2</b></p> | <p>Aprobado</p>     | <p><b>Datos Almacenados</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Fecha</th> <th>Escala</th> <th>Aumentos</th> <th>Tamaño de grano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Prueba 10</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>6.23</td> </tr> <tr> <td>Prueba 11</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>150</td> <td>200</td> <td>4.12</td> </tr> <tr> <td>Prueba 12</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>125</td> <td>300</td> <td>8.42</td> </tr> <tr> <td>Prueba 13</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>100</td> <td>400</td> <td>5.56</td> </tr> <tr> <td>Pruebasinterfaz</td> <td>2020-03-11 03:03:54</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>6.077</td> </tr> <tr> <td>Prueba 2</td> <td>2020-03-11 10:23:29</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>5.259</td> </tr> <tr> <td>Plan de Pruebas</td> <td>2020-04-20 20:30:28</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>6.374</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Resultados Estadísticos</b></p> <p>Resultado de la Media: -<br/>Resultado de la Desviación: 0.000</p> <p><b>Desviación Estándar</b></p> <p>Gráfico de Desviación Estándar (Eje X: 0-10, Eje Y: 0-15). Línea plana en 0.</p> | Nombre   | Fecha           | Escala | Aumentos | Tamaño de grano | Prueba 10 | 2020-03-11 02:36:48 | 200 | 100 | 6.23 | Prueba 11 | 2020-03-11 02:36:48 | 150 | 200 | 4.12 | Prueba 12 | 2020-03-11 02:36:48 | 125 | 300 | 8.42 | Prueba 13 | 2020-03-11 02:36:48 | 100 | 400 | 5.56 | Pruebasinterfaz | 2020-03-11 03:03:54 | 200 | 100 | 6.077 | Prueba 2 | 2020-03-11 10:23:29 | 200 | 100 | 5.259 | Plan de Pruebas | 2020-04-20 20:30:28 | 200 | 100 | 6.374 |
|----------------------|---------------------|---|----------|-----------------|--------|----------|-----------------|-----------|---------------------|-----|-----|------|-----------|---------------------|-----|-----|------|-----------|---------------------|-----|-----|------|-----------|---------------------|-----|-----|------|-----------------|---------------------|-----|-----|-------|----------|---------------------|-----|-----|-------|-----------------|---------------------|-----|-----|-------|
| Nombre               | Fecha               | Escala  | Aumentos | Tamaño de grano |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| Prueba 10            | 2020-03-11 02:36:48 | 200   | 100      | 6.23            |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| Prueba 11            | 2020-03-11 02:36:48 | 150   | 200      | 4.12            |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| Prueba 12            | 2020-03-11 02:36:48 | 125   | 300      | 8.42            |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| Prueba 13            | 2020-03-11 02:36:48 | 100   | 400      | 5.56            |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| Pruebasinterfaz      | 2020-03-11 03:03:54 | 200   | 100      | 6.077           |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| Prueba 2             | 2020-03-11 10:23:29 | 200   | 100      | 5.259           |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| Plan de Pruebas      | 2020-04-20 20:30:28 | 200   | 100      | 6.374           |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| <p><b>EP05-3</b></p> | <p>Aprobado.</p>    | <p><b>Datos Almacenados</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Fecha</th> <th>Escala</th> <th>Aumentos</th> <th>Tamaño de grano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Prueba 10</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>6.23</td> </tr> <tr> <td>Prueba 11</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>150</td> <td>200</td> <td>4.12</td> </tr> <tr> <td>Prueba 12</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>125</td> <td>300</td> <td>8.42</td> </tr> <tr> <td>Prueba 13</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>100</td> <td>400</td> <td>5.56</td> </tr> <tr> <td>Pruebasinterfaz</td> <td>2020-03-11 03:03:54</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>6.077</td> </tr> <tr> <td>Prueba 2</td> <td>2020-03-11 10:23:29</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>5.259</td> </tr> <tr> <td>Plan de Pruebas</td> <td>2020-04-20 20:30:28</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>6.374</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Resultados Estadísticos</b></p> <p>Resultado de la Media: -<br/>Resultado de la Desviación: 0.303</p> <p><b>Desviación Estándar</b></p> <p>Gráfico de Desviación Estándar (Eje X: 0-10, Eje Y: 0-15). Línea fluctuante.</p> | Nombre   | Fecha           | Escala | Aumentos | Tamaño de grano | Prueba 10 | 2020-03-11 02:36:48 | 200 | 100 | 6.23 | Prueba 11 | 2020-03-11 02:36:48 | 150 | 200 | 4.12 | Prueba 12 | 2020-03-11 02:36:48 | 125 | 300 | 8.42 | Prueba 13 | 2020-03-11 02:36:48 | 100 | 400 | 5.56 | Pruebasinterfaz | 2020-03-11 03:03:54 | 200 | 100 | 6.077 | Prueba 2 | 2020-03-11 10:23:29 | 200 | 100 | 5.259 | Plan de Pruebas | 2020-04-20 20:30:28 | 200 | 100 | 6.374 |
| Nombre               | Fecha               | Escala  | Aumentos | Tamaño de grano |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| Prueba 10            | 2020-03-11 02:36:48 | 200   | 100      | 6.23            |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| Prueba 11            | 2020-03-11 02:36:48 | 150   | 200      | 4.12            |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| Prueba 12            | 2020-03-11 02:36:48 | 125   | 300      | 8.42            |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| Prueba 13            | 2020-03-11 02:36:48 | 100   | 400      | 5.56            |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| Pruebasinterfaz      | 2020-03-11 03:03:54 | 200   | 100      | 6.077           |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| Prueba 2             | 2020-03-11 10:23:29 | 200   | 100      | 5.259           |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| Plan de Pruebas      | 2020-04-20 20:30:28 | 200   | 100      | 6.374           |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| <p><b>EP05-4</b></p> | <p>Aprobado</p>     | <p><b>Datos Almacenados</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Fecha</th> <th>Escala</th> <th>Aumentos</th> <th>Tamaño de grano</th> </tr> </thead> <tbody> </tbody> </table> <p><b>Resultados Estadísticos</b></p> <p>Resultado de la Media: -<br/>Resultado de la Desviación: 0</p> <p><b>Desviación Estándar</b></p> <p>Gráfico de Desviación Estándar (Eje X: 0-10, Eje Y: 0-15). Línea fluctuante.</p>  | Nombre   | Fecha           | Escala | Aumentos | Tamaño de grano |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |
| Nombre               | Fecha               | Escala  | Aumentos | Tamaño de grano |        |          |                 |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |           |                     |     |     |      |                 |                     |     |     |       |          |                     |     |     |       |                 |                     |     |     |       |

Tabla 30: Especificación de EP06.

| <b>ESPECIFICACIÓN DE PRUEBA EP06</b> |   |  |                          |
|--------------------------------------|---|--|--------------------------|
| <b>Sistema:</b>                      | Sistema por medio de visión para determinar tamaño y porcentaje de grano en acero IF. | <b>Autor:</b>  | UPS, OCP                 |
| <b>Componente:</b>                   | Estadísticas.   |  |                          |
| <b>Id:</b>                           | EP06  |  |                          |
| <b>Nombre:</b>                       | Gráfica de desviación estándar.   | <b>Versión:</b>  | 1.0                      |
| <b>Objetivo:</b>                     | Generar la gráfica de la desviación estándar correctamente.                           |  |                          |
| <b>Ambiente de pruebas</b>           | Windows 10, NetBeans 8.2, Equipo: 8GB RAM, Procesador: 1.7 GHz                        |  |                          |
| <b>Requerimiento(s) que atiende</b>  | RQ-08   |  |                          |
| <b>DESCRIPCIÓN DE ESCENARIO</b>      |   |  |                          |
| <b>1</b>                             | Se hace clic en el botón “Calcular Desviación”.                                       |  |                          |
| <b>2</b>                             | Se hace clic en el botón “Expandir gráfica”.  |  |                          |
| <b>CASOS DE PRUEBA</b>               |   |  |                          |
| <b>Caso</b>                          | <b>Dato(s) de entrada</b>   | <b>Resultado esperado</b>  | <b>Tipo de escenario</b> |
| <b>EP06-1</b>                        | Se genera la gráfica con todos los datos almacenados.                                 | Se muestra una vista previa de la gráfica y esta se puede expandir en una nueva ventana. | Correcto                 |
| <b>EP06-2</b>                        | Se genera la gráfica sólo con algunos de los datos almacenados.                       | Se muestra una vista previa de la gráfica y esta se puede expandir en una nueva ventana. | Correcto                 |
| <b>EP06-3</b>                        | Se genera la gráfica cuando no existen datos almacenados en la base de datos.         | Se muestra una gráfica vacía.  | Correcto                 |

| RESULTADOS DE LA PRUEBA EP06 |  |   |           |
|------------------------------|--|---|-----------|
| Caso                         | Descripción del caso   | Resultado Obtenido  | Estado    |
| EP06-1                       | Se calculó la desviación con todos los datos almacenados y posteriormente se presionó el botón “Expandir Gráfica”. | La vista previa de la gráfica se mostró en pantalla y se amplió correctamente en una ventana nueva al presionar el botón. | Aprobado. |
| EP06-2                       | Se calculó la desviación de cuatro datos y posteriormente se amplió la gráfica.                                    | La vista en miniatura de la gráfica se actualizó con los nuevos datos y al ampliar la gráfica se mostró correctamente.    | Aprobado. |
| EP06-3                       | Se solicitó la desviación y la expansión de la gráfica sin tener datos almacenados.                                | Se mostró una gráfica sin valores graficados tanto en la vista previa como al ampliarla.                                  | Aprobado. |

| EVIDENCIAS DE LA PRUEBA EP06 |           |  |
|------------------------------|-----------|--|
| Caso                         | Estado    | Resultado  |
| EP06-1                       | Aprobado. |  |



**EP06-2**      Aprobado

**Datos Almacenados**

| Nombre              | Fecha               | Escala | Aumentos | Tamaño de grano |
|---------------------|---------------------|--------|----------|-----------------|
| Muestra Azarc S.140 | 2020-03-10 10:21:05 | 200    | 0        | 6.340           |
| Prueba 10           | 2020-03-11 02:36:48 | 200    | 100      | 6.23            |
| Prueba 11           | 2020-03-11 02:36:48 | 150    | 200      | 4.12            |
| Prueba 12           | 2020-03-11 02:36:49 | 125    | 300      | 5.42            |
| Prueba 13           | 2020-03-11 02:36:49 | 100    | 400      | 5.58            |
| Prueba 14           | 2020-03-11 02:36:54 | 200    | 100      | 6.07            |
| Prueba 2            | 2020-03-11 10:22:29 | 200    | 100      | 5.259           |

**Datos Estadísticos**

Calcular Media

Calcular Desviación

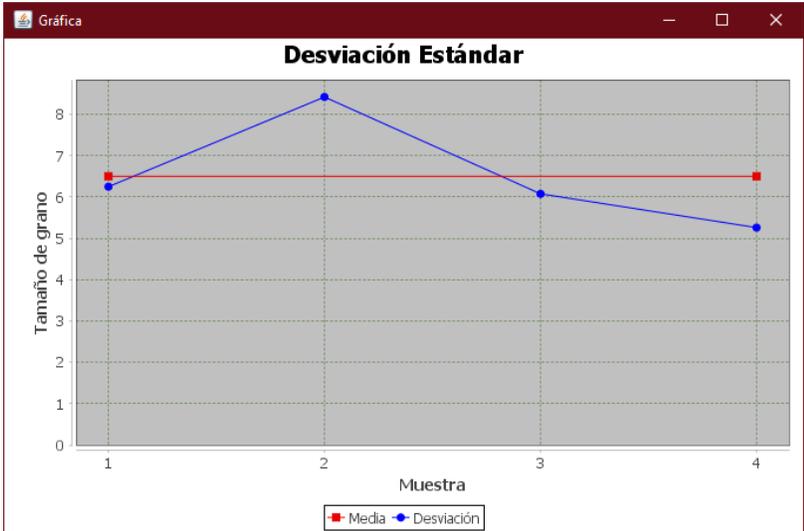
**Resultados Estadísticos**

Resultado de la Media: -

Resultado de la Desviación: 1.169

**Desviación Estándar**

Expandir Gráfica      Regresar



EP06-3

Aprobado



Tabla 31: Especificación de EP07.

| <b>ESPECIFICACIÓN DE PRUEBA EP07</b> |   |   |                          |
|--------------------------------------|---|---|--------------------------|
| <b>Sistema:</b>                      | Sistema por medio de visión para determinar tamaño y porcentaje de grano en acero IF. | <b>Autor:</b>   | UPS, OCP                 |
| <b>Componente:</b>                   | Base de datos.  |   |                          |
| <b>Id:</b>                           | EP07  |   |                          |
| <b>Nombre:</b>                       | Visualización de datos almacenados.   | <b>Versión:</b>   | 1.0                      |
| <b>Objetivo:</b>                     | Probar que se muestren en pantalla los datos almacenados en la base de datos.         |   |                          |
| <b>Ambiente de pruebas</b>           | Windows 10, NetBeans 8.2, Equipo: 8GB RAM, Procesador: 1.7 GHz                        |   |                          |
| <b>Requerimiento(s) que atiende</b>  | RQ-09   |   |                          |
| <b>DESCRIPCIÓN DE ESCENARIO</b>      |   |   |                          |
| <b>1</b>                             | Se hace clic en el botón “Consultar Datos Almacenados”.                               |   |                          |
| <b>2</b>                             | Se muestra la interfaz de Datos Almacenados.  |   |                          |
| <b>CASOS DE PRUEBA</b>               |   |   |                          |
| <b>Caso</b>                          | <b>Dato(s) de entrada</b>   | <b>Resultado esperado</b>   | <b>Tipo de escenario</b> |
| <b>EP07-1</b>                        | Se consultan todos los datos almacenados.   | Se muestran todos los datos existentes en la base de datos dentro de una tabla. | Correcto.                |
| <b>EP07-2</b>                        | Se consulta cuando no hay datos almacenados.  | Se muestra en pantalla una tabla vacía.   | Correcto.                |

| <b>RESULTADOS DE LA PRUEBA EP07</b> |  |  |               |
|-------------------------------------|--|--|---------------|
| <b>Caso</b>                         | <b>Descripción del caso</b>  | <b>Resultado Obtenido</b>  | <b>Estado</b> |
| <b>EP07-1</b>                       | Se presionó el botón “Consultar Datos Almacenados” y se mostró la tabla en la interfaz de Datos Almacenados. | Se mostró en la tabla todos los registros almacenados con todos sus datos. | Aprobado.     |
| <b>EP07-2</b>                       | Se presionó el botón “Consultar Datos Almacenados” y se mostró la tabla en la interfaz de Datos Almacenados. | Se mostró una tabla vacía sin ningún dato en ella.                         | Aprobado.     |

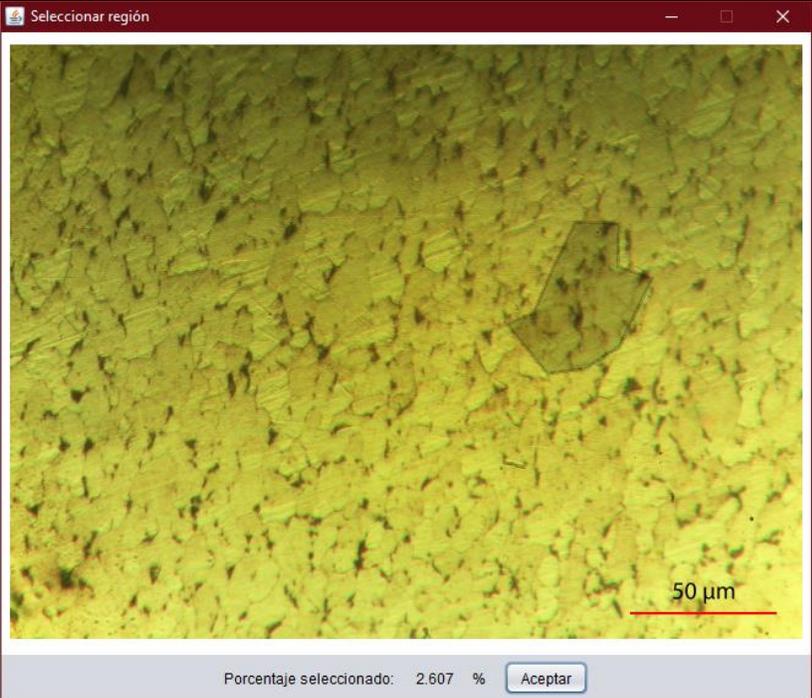
## EVIDENCIAS DE LA PRUEBA EP07

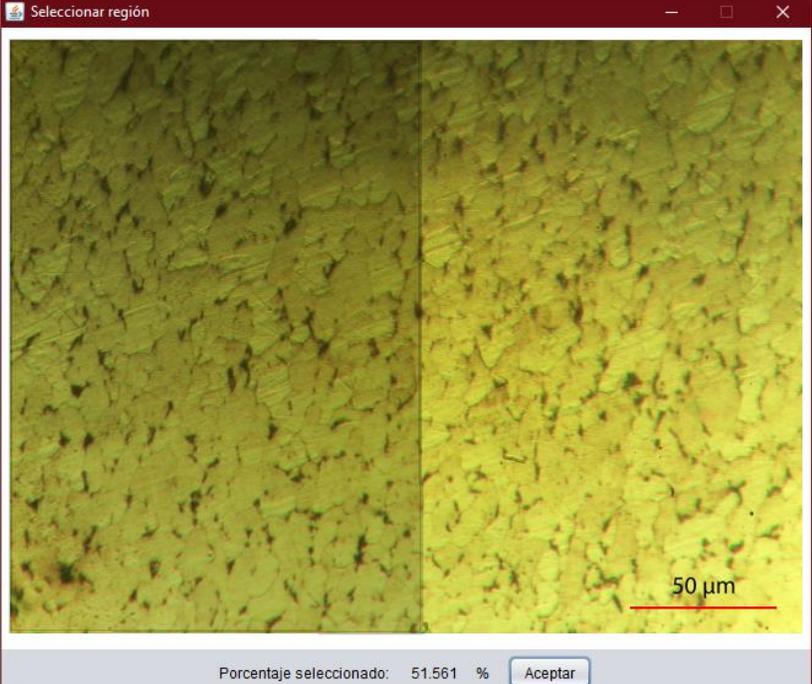
| Caso                | Estado              | Resultado  |          |                 |        |          |                 |           |                     |     |     |       |           |                     |     |     |       |             |                     |     |     |       |                 |                     |    |   |       |   |                     |    |   |       |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |
|---------------------|---------------------|--|----------|-----------------|--------|----------|-----------------|-----------|---------------------|-----|-----|-------|-----------|---------------------|-----|-----|-------|-------------|---------------------|-----|-----|-------|-----------------|---------------------|----|---|-------|---|---------------------|----|---|-------|---------------------|---------------------|-----|---|-------|-----------|---------------------|-----|-----|------|
| EP07-1              | Aprobado.           |  <p>The screenshot shows the 'Datos Almacenados' interface with the following data table:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Fecha</th> <th>Escala</th> <th>Aumentos</th> <th>Tamaño de grano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muestra 1</td> <td>2020-03-09 19:57:47</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>6,158</td> </tr> <tr> <td>Muestra 2</td> <td>2020-03-09 20:01:58</td> <td>100</td> <td>200</td> <td>6,063</td> </tr> <tr> <td>Muestra # 1</td> <td>2020-03-10 10:47:58</td> <td>100</td> <td>200</td> <td>5,143</td> </tr> <tr> <td>Muestra # 8,181</td> <td>2020-03-10 11:40:53</td> <td>50</td> <td>0</td> <td>6,181</td> </tr> <tr> <td>j</td> <td>2020-03-10 11:41:20</td> <td>50</td> <td>0</td> <td>6,181</td> </tr> <tr> <td>Muestra Acero 6,249</td> <td>2020-03-10 12:21:05</td> <td>200</td> <td>0</td> <td>6,249</td> </tr> <tr> <td>Prueba 10</td> <td>2020-03-11 02:36:48</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>6,23</td> </tr> </tbody> </table> <p>Below the table, the 'Resultados Estadísticos' section shows:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Resultado de la Media: -</li> <li>Resultado de la Desviación: -</li> </ul> <p>The interface also includes a 'Desviación Estándar' graph and buttons for 'Calcular Media', 'Calcular Desviación', 'Expandir Gráfica', and 'Regresar'.</p> | Nombre   | Fecha           | Escala | Aumentos | Tamaño de grano | Muestra 1 | 2020-03-09 19:57:47 | 200 | 100 | 6,158 | Muestra 2 | 2020-03-09 20:01:58 | 100 | 200 | 6,063 | Muestra # 1 | 2020-03-10 10:47:58 | 100 | 200 | 5,143 | Muestra # 8,181 | 2020-03-10 11:40:53 | 50 | 0 | 6,181 | j | 2020-03-10 11:41:20 | 50 | 0 | 6,181 | Muestra Acero 6,249 | 2020-03-10 12:21:05 | 200 | 0 | 6,249 | Prueba 10 | 2020-03-11 02:36:48 | 200 | 100 | 6,23 |
| Nombre              | Fecha               | Escala   | Aumentos | Tamaño de grano |        |          |                 |           |                     |     |     |       |           |                     |     |     |       |             |                     |     |     |       |                 |                     |    |   |       |   |                     |    |   |       |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |
| Muestra 1           | 2020-03-09 19:57:47 | 200  | 100      | 6,158           |        |          |                 |           |                     |     |     |       |           |                     |     |     |       |             |                     |     |     |       |                 |                     |    |   |       |   |                     |    |   |       |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |
| Muestra 2           | 2020-03-09 20:01:58 | 100  | 200      | 6,063           |        |          |                 |           |                     |     |     |       |           |                     |     |     |       |             |                     |     |     |       |                 |                     |    |   |       |   |                     |    |   |       |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |
| Muestra # 1         | 2020-03-10 10:47:58 | 100  | 200      | 5,143           |        |          |                 |           |                     |     |     |       |           |                     |     |     |       |             |                     |     |     |       |                 |                     |    |   |       |   |                     |    |   |       |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |
| Muestra # 8,181     | 2020-03-10 11:40:53 | 50   | 0        | 6,181           |        |          |                 |           |                     |     |     |       |           |                     |     |     |       |             |                     |     |     |       |                 |                     |    |   |       |   |                     |    |   |       |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |
| j                   | 2020-03-10 11:41:20 | 50   | 0        | 6,181           |        |          |                 |           |                     |     |     |       |           |                     |     |     |       |             |                     |     |     |       |                 |                     |    |   |       |   |                     |    |   |       |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |
| Muestra Acero 6,249 | 2020-03-10 12:21:05 | 200  | 0        | 6,249           |        |          |                 |           |                     |     |     |       |           |                     |     |     |       |             |                     |     |     |       |                 |                     |    |   |       |   |                     |    |   |       |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |
| Prueba 10           | 2020-03-11 02:36:48 | 200  | 100      | 6,23            |        |          |                 |           |                     |     |     |       |           |                     |     |     |       |             |                     |     |     |       |                 |                     |    |   |       |   |                     |    |   |       |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |
| EP07-2              | Aprobado            |  <p>The screenshot shows the 'Datos Almacenados' interface with an empty data table. The 'Resultados Estadísticos' section shows:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Resultado de la Media: -</li> <li>Resultado de la Desviación: □</li> </ul> <p>The interface also includes a 'Desviación Estándar' graph and buttons for 'Calcular Media', 'Calcular Desviación', 'Expandir Gráfica', and 'Regresar'.</p>   |          |                 |        |          |                 |           |                     |     |     |       |           |                     |     |     |       |             |                     |     |     |       |                 |                     |    |   |       |   |                     |    |   |       |                     |                     |     |   |       |           |                     |     |     |      |

Tabla 32: Especificación de EP08.

| <b>ESPECIFICACIÓN DE PRUEBA EP08</b> |  |   |                          |
|--------------------------------------|--|---|--------------------------|
| <b>Sistema:</b>                      | Sistema por medio de visión para determinar tamaño y porcentaje de grano en acero IF.                              | <b>Autor:</b>   | UPS, OCP                 |
| <b>Componente:</b>                   | Estimación de grano.   |   |                          |
| <b>Id:</b>                           | EP08   |   |                          |
| <b>Nombre:</b>                       | Estimar porcentaje de grano.   | <b>Versión:</b>   | 1.0                      |
| <b>Objetivo:</b>                     | Probar que el cálculo del porcentaje de grano en la imagen se realice con éxito.                                   |   |                          |
| <b>Ambiente de pruebas</b>           | Windows 10, NetBeans 8.2, Equipo: 8GB RAM, Procesador: 1.7 GHz   |   |                          |
| <b>Requerimiento(s) que atiende</b>  | RQ-10  |   |                          |
| <b>DESCRIPCIÓN DE ESCENARIO</b>      |  |   |                          |
| <b>1</b>                             | Se hace clic en el menú “Porcentaje” y se selecciona “Seleccionar Región”.   |   |                          |
| <b>2</b>                             | En la nueva ventana se hace clic en cualquier parte de la imagen para marcar un punto de inicio.                   |   |                          |
| <b>3</b>                             | Se siguen marcando puntos en distintos lugares de la imagen para formar un polígono.                               |   |                          |
| <b>4</b>                             | Se hace doble clic sobre el último punto deseado para cerrar el polígono automáticamente.                          |   |                          |
| <b>5</b>                             | Se muestra en pantalla el porcentaje que cubre el polígono formado en relación con el tamaño de la imagen.         |   |                          |
| <b>CASOS DE PRUEBA</b>               |  |   |                          |
| <b>Caso</b>                          | <b>Dato(s) de entrada</b>  | <b>Resultado esperado</b>   | <b>Tipo de escenario</b> |
| <b>EP08-1</b>                        | Se dibuja un polígono sobre la imagen.   | Se muestra en pantalla el porcentaje del área seleccionada.   | Correcto.                |
| <b>EP08-2</b>                        | Se dibuja un polígono que abarque aproximadamente la mitad de la imagen.   | Se debe mostrar un porcentaje seleccionado de aproximadamente el 50%.   | Correcto.                |
| <b>EP08-3</b>                        | Se dibuja un polígono que abarque aproximadamente la mitad de la imagen y otro que abarque un cuarto de la imagen. | Se debe permitir dibujar más de un polígono y el porcentaje de ambos debe ser sumado mostrando un resultado aproximado del 75%. | Correcto.                |

| RESULTADOS DE LA PRUEBA EP08 |   |   |           |
|------------------------------|---|---|-----------|
| Caso                         | Descripción del caso  | Resultado Obtenido  | Estado    |
| EP08-1                       | Se dibujó un polígono pequeño sobre la imagen y se sombreó su interior.                   | Se muestra un porcentaje de selección del 2.607% en pantalla.   | Aprobado. |
| EP08-2                       | Se trazó un polígono que ocupa aproximadamente la mitad izquierda de la imagen.           | Se muestra un porcentaje de selección del 51.561% de la imagen.   | Aprobado  |
| EP08-3                       | Se dibujó un polígono más para la prueba EP08-2 en una zona que no se había seleccionado. | Se permitió el trazado de más de una figura y el resultado de ambas se sumó, obteniendo un porcentaje de 75.419%. | Aprobado  |

| EVIDENCIAS DE LA PRUEBA EP08 |           |   |
|------------------------------|-----------|---|
| Caso                         | Estado    | Resultado   |
| EP08-1                       | Aprobado. |  |

|               |          |  |
|---------------|----------|--|
| <b>EP08-2</b> | Aprobado |  <p>Seleccionar región</p> <p>50 µm</p> <p>Porcentaje seleccionado: 51.561 % <input type="button" value="Aceptar"/></p>  |
| <b>EP08-3</b> | Aprobado |  <p>Seleccionar región</p> <p>50 µm</p> <p>Porcentaje seleccionado: 75.419 % <input type="button" value="Aceptar"/></p> |